

PROBLEMY NIEKONWENCJONALNYCH UKŁADÓW ŁOŻYSKOWYCH

Łódź, 15-16 maja 1997 r.

Stanisław LABER, Alicja LABER

Politechnika Zielonogórska, Instytut Budowy i Eksploatacji Maszyn

BADANIA WPLYWU NIEKONWENCJONALNYCH DODATKÓW NISKOTARCIOWYCH NA TRWAŁOŚĆ WARSTWY GRANICZNEJ OLEJU SILNIKOWEGO CE/SF SAE 15W/40

SŁOWA KLUCZOWE

niekonwencjonalne dodatki smarne, rodzaj tarcia, własności smarne, warstwa graniczna, trwałość warstwy granicznej

STRESZCZENIE

W referacie przedstawiono wyniki badań własności smarnych: obciążenie zatarcia, wskaźnik zużycia pod obciążeniem, obciążenie zacierające podczas smarowania olejem silnikowym CE/SF SAE 15W/40 oraz modyfikowanym niekonwencjonalnymi dodatkami niskotarciowymi. Wykazano, że dodatki niskotarciowe korzystnie wpływają na trwałość warstwy granicznej węzła smarowanego badanym olejem.

ROLA OLEJU W SILNIKACH SPALINOWYCH

Podstawowym zadaniem oleju silnikowego jest zamiana warunków tarcia suchego współpracujących powierzchni elementów silnika na tarcie płynne, graniczne lub mieszane, a tym samym zabezpieczenie bezawaryjnej pracy silnika przy możliwie małym zużyciu metalowych części współpracujących.

Olej silnikowy powinien spełniać w silniku spalinowym następujące zadania:

* smarować współpracujące powierzchnie silnika spalinowego, aby zapobiec tarcia metalu o metal, rozdzielając je filmem olejowym wytrzymującym duże wartości chwilowych nacisków, co pozwoli zmniejszyć do minimum straty mocy silnika na pokonywanie tarcia;

* zwiększać efekt działania uszczelniającego pierścieni tłokowych tak, aby ograniczyć do minimum przenikanie gazów spalinowych z komory spalania do miski olejowej silnika. Przedmuch gazów spalinowych do miski olejowej powoduje straty mocy silnika, przyczynia się do zwiększania zanieczyszczenia roboczych powierzchni tulei cylindra, tłoka i pierścieni tłokowych oraz wpływa na pogorszenie jakości oleju silnikowego;

* ułatwić odprowadzanie ciepła z tłoka, korbowodu i cylindra przez zwiększenie efektywności przewodzenia (ścianek cylindra miski olejowej lub specjalne chłodnice).

* oczyścić części silnika z osadzających się cząstek osadów tak, aby zapewnić normalną pracę silnika.

* chronić silnik przed korozyjnym działaniem gazów spalinowych i otaczającej atmosfery, itp.

Zadania spełniane przez olej silnikowy w silnikach spalinowych są bardzo ważne, dlatego od jakości oleju silnikowego zależy niezawodność i czas eksploatacji silnika spalinowego.

Do smarowania silników spalinowych powinny być stosowane oleje smarowe najlepszej jakości. Oleje silnikowe powinny charakteryzować się:

* dobrą odpornością na starzenie,

* wytrzymałością filmu olejowego na duży nacisk,

* zdolnością ochrony silnika przed korozją ze strony spalin i otaczającej atmosfery,

* zdolnością do intensywnego odprowadzania ciepła powstającego w czasie tarcia i podczas pracy silnika,

* zdolnością do utrzymania powstałych osadów w stanie dyspersji oraz do zapobiegania tworzeniu się i wytrącaniu szlamów (zwłaszcza w warunkach pracy silnika w niskiej temperaturze),

* zdolnością do utrzymywania wnętrza i pracujących części silnika w stanie czystości,

* zdolnością do uszczelniania luzów zwłaszcza w układzie tłok - cylinder,

* płynnością w niskiej temperaturze (np. -20°C) w celu zapewnienia możliwości rozruchu silnika i niezawodnego smarowania w tych warunkach,

* dostateczną przyczepnością w wysokiej temperaturze podczas wysiłonej pracy silnika, aby na częściach silnika utrzymywała się jednolita warstwa oleju, zapewniająca dostateczne smarowanie w temperaturze $140-180^{\circ}\text{C}$ i wyższej,

* dobrą odpornością na działanie sił ścinających,

* dobrą odpornością na pienienie,

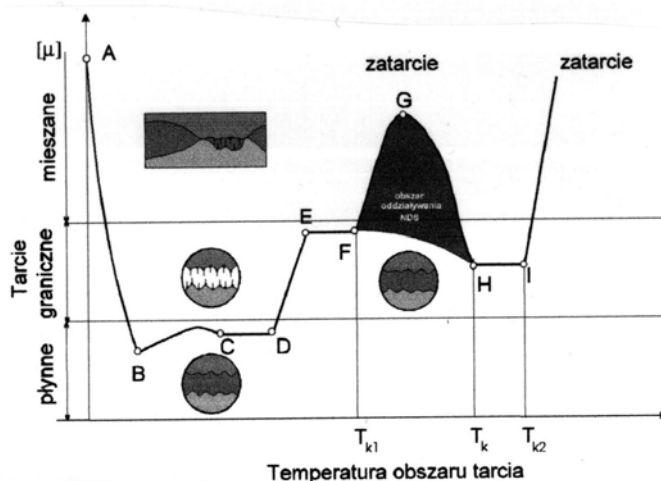
* zdolnością konserwowania silnika w czasie postojów,

* zdolnością zachowywania swych właściwości (walorów) użytkowych podczas długotrwałego magazynowania itp.

Tradycyjny kierunek badań dotyczący polepszenia właściwości użytkowych cieczy chłodząco-smarujących poprzez stosowanie nowych dodatków uszlachetniających, będących ich integralną częścią. Do chwili obecnej w eksploatacji silników spalinowych nastąpiło: zmniejszenie energochłonności do 2-3 %, wydłużenie wymiany cieczy roboczych 20-30%, zwiększenie trwałości mechanizmów 20-30%.

Stosowanie oleju, mimo licznych zalet, nie rozwiązuje w dalszym ciągu oczywistych problemów niedosmarowania w warunkach ekstremalnych obciążeń i/lub temperatur oraz likwidacji tzw. "zimnego startu" np. zimnego rozruchu silnika. Przez pierwszych kilkanaście sekund silnik jest nie dosmarowany i żaden z aktualnie stosowanych w praktyce olejów eksploatacyjnych nie jest w stanie temu zapobiec. Zmniejszenie niekorzystnych efektów uzyskuje się przez wprowadzanie do węzła tarcia, za pośrednictwem tradycyjnie stosowanych olejów nowych rodzajów substancji i osadzaniu ich na powierzchniach współpracujących elementów, co powoduje ostatecznie polepszenie własności smarnych w wyniku zwiększenia trwałości warstwy granicznej. Dodatki te nazwano niekonwencjonalnymi dodatkami niskotarciovymi (NDS).

Schemat oddziaływania NDS pokazano na rys. 1.



Rys.1. Schemat oddziaływania niekonwencjonalnych dodatków niskotarciowych na warunki pracy węzła tarcia [1]

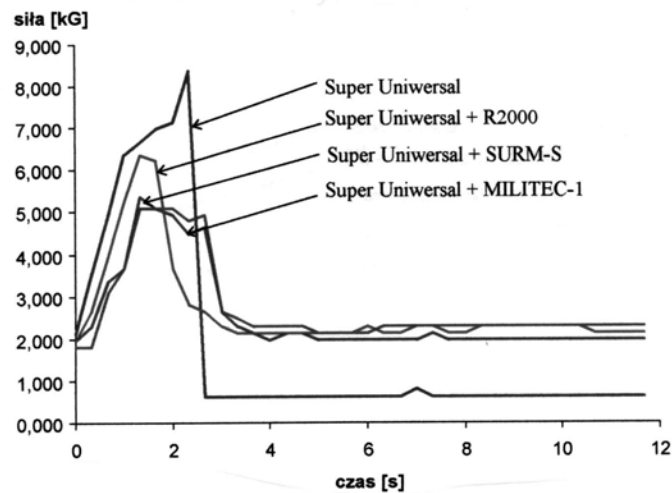
BADANIA TRWAŁOŚCI WARSTWY GRANICZNEJ

W Pracowni Eksploatacji Maszyn na Wydziale Mechanicznym Politechniki Zielonogórkiej autorzy niniejszego opracowania zajmują się modyfikowaniem warunków pracy węzłów tarcia NDS, w tym również w silnikach spalinowych. Przeprowadzone badania laboratoryjne, jak i eksploatacyjne wykazały, że najkorzystniejsze rezultaty w zakresie zwiększenia trwałości warstwy granicznej uzyskuje się stosując NDS oparte na oddziaływaniu chemicznym, zapewniające tzw. „twarde smarowanie” (metale miękkie) lub wytwarzające na powierzchniach trących cienką warstewkę miedzi w wyniku metaloplaterowania.

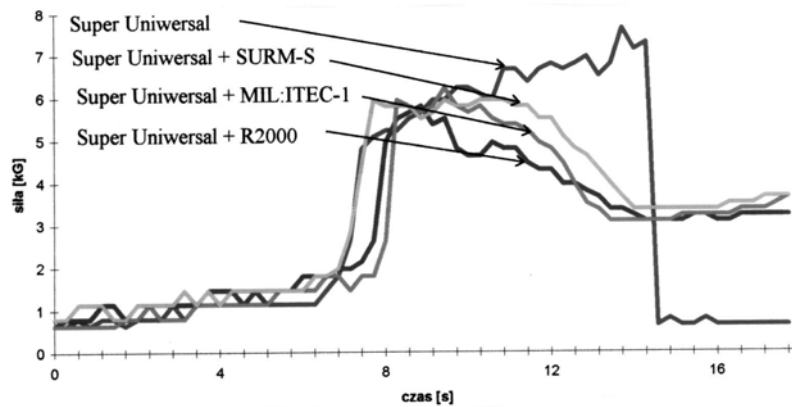
Do badań, których wyniki przedstawiono w niniejszym opracowaniu zastosowano takie NDS jak: MILITEC-1 (oddziaływanie chemiczne), R-2000 (twarde smarowanie) oraz SURM-S (metaloplaterowanie). Porównawcze badania laboratoryjne trwałości warstwy granicznej określonej takimi parametrami, jak: obciążenie zespawania P_z , wskaźnik zużycia pod obciążeniem I_h , największe obciążenie nie zacierające P_n oraz obciążenie zacierające P_t przeprowadzono zgodnie zPN-76/C-04147 na skomputeryzowanym testerze cztero-kulowym T-02 produkcji Instytutu Eksploatacji Maszyn w Radomiu..

Obciążenie zespawania, wskaźnik zużycia pod obciążeniem oraz największe obciążenia niezacierające badano w serii 10-sekundowych biegów zespołu czterech kulek, zalanych badaną kompozycją olejową pod coraz większym, narastającym stopniowo wg określonego programu obciążeniem, przy stałej prędkości obrotowej $n = 1450$ obr./min. Po każdym biegu zmieniano węzeł tarcia na nowy, a olej na świeży. Na kulkach dolnych mierzono średnice skaz, wartości wprowadzano do komputera. Pomiarzy prowadzono aż do zatarcia kulek. Specjalnie opracowany program komputerowy pozwalał na obliczenie badanych wskaźników.

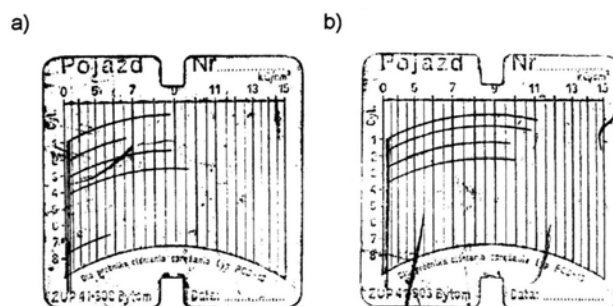
Obciążenie zacierające, czyli obciążenie przy którym w ustalonych warunkach następował wyraźny wzrost oporów w węzle tarcia w obecności badanej kompozycji smarnej zadawano w sposób ciągły od obciążenia $P = 0$ do wartości P_{max} , przy stałej prędkości obrotowej $n = 500$ obr./min. Wyniki badań laboratoryjnych w tym zakresie przedstawiono na rysunkach 2 i 3. W celu potwierdzenia wyników badań laboratoryjnych zastosowano badane dodatki niskotarciowe do modyfikowania węzłów tarcia w silnikach samochodowych. Przykładowe wyniki badań przedstawiono na rys.4 i 5.



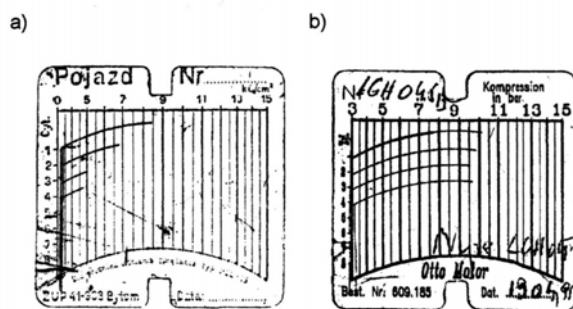
Rys.2. Zmiany siły tarcia dla stałego obciążenia węzła tarcia siłą $P=350$ kG smarowanego olejem Super Uniwersal CE/SF SAE 15W/40 modyfikowanego NDS, w funkcji czasu



Rys. 3. Przebieg zmienności siły tarcia dla narastającego obciążenia węzła tarcia smarowanego olejem Super Uniwersal CE/SF SAE 15W/40 oraz modyfikowanego NDS



Rys.4. Wyniki pomiarów ciśnienia sprężania w silniku samochodu Nysa, smarowanego olejem Super Uniwersal CE/SF SAE 15W/40: a) przed modyfikacją, b) po modyfikacji dodatkiem MILITEC1



Rys.5. Wyniki pomiarów ciśnienia sprężania w silniku samochodu Zuk smarowanego olejem CE/SF SAE 15W/40: a) przed modyfikacją, b) po modyfikacji dodatkiem R-2000

PODSUMOWANIE WYNIKÓW BADAŃ

Jak wynika z porównania wykresów zamieszczonych na rysunkach 2,3, dodanie NDS do oleju silnikowego Super Uniwersal CE/SF SAE 15W/40 w sposób istotny poprawia trwałość warstwy granicznej. Dla oleju bez dodatków zatarcie następowało przy sile 350 kG. Można przypuszczać, że zastosowanie NDS eliminuje zatarcie, a wartości siły tarcia są mniejsze i występuje praca w warunkach smarowania granicznego.

Badania eksploatacyjne potwierdziły również zasadność stosowania NDS - rys. 4,5 - o czym świadczy wzrost ciśnienia w cylindrach silnika. Większe przyrosty ciśnienia uzyskano w cylindrach, gdzie pierwotnie były niższe wartości ciśnienia.

MILITEC-1 przenikając w mikronierówności powierzchni wiąże się z nią chemicznie, przez co powoduje tworzenie się kilkumikronowej warstewki charakteryzującej się bardzo dobrymi własnościami przeciwciernymi oraz przeciwszyciowymi.

Przez prowadzenie do węzła tarcia kompozycji metalopolimerowej (kompleks Cu,Zn), jaką stanowi SURM-S, w wyniku metaloplatowania następuje pokrycie powierzchni metalopolimerem. Z uwagi na samoczynną regulację proces metaloplatowania kompensuje zużycie od mikrona do kilkudziesięciu, czyli zużycie wymagające remontu.

R - 2000, oparty na mikroskopijnych cząsteczkach miedzi i ołowiu po wprowadzeniu do węzła tarcia, tworzy warstwę redukującą tarcie między powierzchniami.

W procesie tarcia mikroskopijne cząsteczki miedzi i ołowiu przemieszczają się w kierunku wgłębień i zadrapań spowodowanych tarciem i zużyciem materiału, wypełniają i powlekają te uszkodzenia, a tym samym doprowadzają powierzchnie robocze do stanu zbliżonego do pierwotnego.

LITERATURA

- [1] Stanisław LABER, Alicja LABER: Wybrane zagadnienia tribologiczne związane z problematyką tarcia bezzużyciowego. Monografia, Politechnika Zielonogórska 1996r.
- [2] George SHEPENKOW: Selektywne przenoszenie w praktyce. Oleje, Paliwa i Smary w Eksploatacji, czerwiec/lipiec 1994r.
- [3] Ryszard MARCZAK, Jan GUZIK: Istota, model i możliwości wykorzystania zjawiska Garkunowa w technice. Problemy niekonwencjonalnych układów łożyskowych, Łódź 1995r.
- [4] Bogdan WIŚLICKI: Niekonwencjonalne dodatki do olejów smarowych. Oleje, Paliwa i Smary w Eksploatacji. nr 17/95.

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE NON-CONVENTIONAL LOW FRICTION LUBRICANT ADDITIVES ON MOTOR OIL CE/SF SEA 15W/40 BOUNDARY LAYER LIFE

Summary

The paper present result of lubrication properties e.g. weld point, last non-seizure load, load-wear index and seizure load for clear motor oil CE/SF SEA 15W/40 and modified by non-conventional low-friction lubricant additives. It was shown that NDN have an advantageous effect on boundary layer life of friction pair lubricated by tested oil.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Jan Burcan