

ZALEŻNOŚĆ MIĘDZY SMARNOŚCIĄ OLEJÓW NAPĘDOWYCH A WSPÓŁCZYNNIKIEM TARCIA I WŁAŚCIWOŚCIAMI WARSTWY SMARNEJ

Marek Klimkiewicz

Katedra Organizacji i Inżynierii Produkcji,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Wstęp

Właściwości smarne paliw znajdujące się w sprzedaży mogą być zróżnicowane [BOCHEŃSKI 2002]. Właściwości olejów napędowych zależą od gatunku zastosowanej ropy naftowej, wykorzystanych frakcji destylacji oraz jakości składników uzyskanych z cięższych frakcji ropy naftowej w procesie hydrokrakingu. W czasie procesu hydrokrakingu usuwane są związki siarki. Paliwa takie zawierają też minimalne ilości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych. Obniżenie zawartości siarki w paliwie pozwala na zmniejszenie zawartości cząstek stałych w spalinach. Zmniejsza się też ilość agresywnych gazów w komorze spalania i przedłuża to trwałość silnika ale może wpływać na uszkodzenia aparatury paliwowej na skutek zmniejszenia smarności paliwa. Uszkadzają się wtedy silnie obciążone elementy pomp smarowane paliwem. Dobrymi właściwościami smarnymi charakteryzują się paliwa uzyskiwane z olejów roślinnych.

Smarność jest to zdolność paliwa do zapobiegania lub minimalizowania zużycia w urządzeniach wtłokowych. Na powierzchni współpracy tworzy się warstewka różniąca się właściwościami fizykochemicznymi od pozostałych składników układu tarcowego. Warstewka taka wpływa na zmniejszenie współczynnika tarcia, oraz pozwala na zwiększenie przenoszonych obciążeń. Procesy smarowania granicznego nie są dobrze zbadane i opisane równaniami matematycznymi, bowiem w warstwie przypowierzchniowej zachodzą złożone zjawiska fizyko-chemiczne. KAJDAS [2000] podsumowuje poglądy na zjawiska tarcia granicznego:

- 1) kwasy tłuszczowe w obecności wilgoci ulegają chemisorpcji (tworzenie soli),
- 2) alkohole ulegają adsorpcji fizycznej tworząc smarowy filtr graniczny,
- 3) estry ulegają hydrolizie, a utworzone kwasy tworzą mydła,
- 4) estry zawierające w cząsteczce grupę hydroksylową i karboksylową, jak też związki winylowe, ulegają w warunkach tarcia procesowi polimeryzacji.

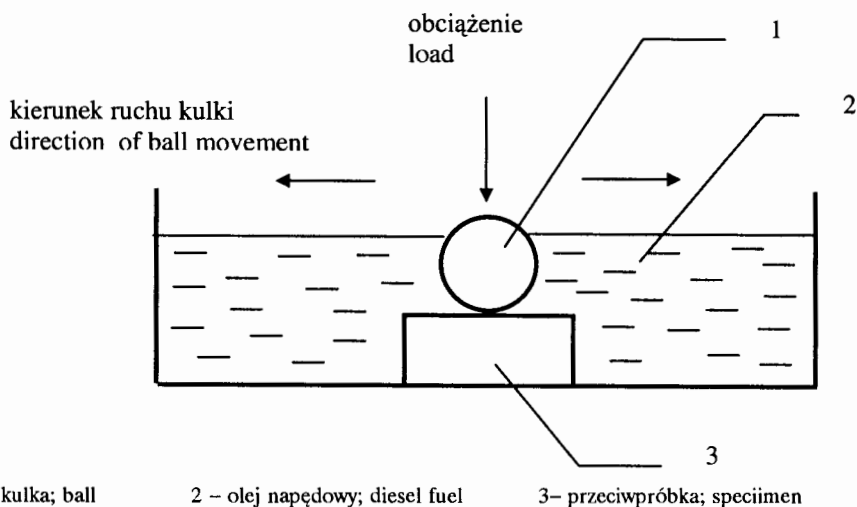
KAJDAS [1985] wyjaśnia reakcje zachodzące pomiędzy kwasem tłuszczowym i powierzchnią metalu i nazywa procesem anionorodnikowym. W procesie tym najpierw następuje adsorpcja fizyczna kwasu na powierzchni metalu. W wyniku tarcia emitowane są z powierzchni metalu elektrony na skutek czego powstają na

powierzchni submikroobszary naładowane dodatnio. Elektrony oddziałują na adsorbowane cząsteczki kwasu w wyniku czego tworzą się aniony lub anionorodniki. Aniony reagują chemicznie z dodatnio naładowaną powierzchnią metalu tworząc mydła (przy dużej wytrzymałości na ścinanie może następować desorbacja mydeł), anionorodniki ulegają rekombinacji i także biorą udział w reakcjach.

Poznanie mechanizmów tworzenia warstewek granicznych pozwala na dobór dodatków zwiększających smarność cieczy. Badania warstewek prowadzi się wieloma metodami [DĄBROWSKI 1986]. W artykule opisano badania warstwy prowadzone podczas badania właściwości smarnych olejów napędowych.

Materiały i metody

Oceniono zależność między smernością olejów napędowych, procentowym udziałem powierzchni współpracy pokrytej warstwą filmu smarnego i współczynnikami tarcia. Do badań użyto kilka rodzajów olejów napędowych oraz paliw z dodatkami. Ocenę przeprowadzono metodą HFRR. Schemat metody przedstawiono na rysunku 1. Próba przeprowadzana jest przez 75 minut. Próbką jest stalowa kulka obciążona ciężarkiem o masie 200 g. Kulka wykonuje ruch posuwisto-zwrotny o skoku 1 mm po stalowej tarczy o średnicy 10 mm z częstotliwością 50 Hz. Rejestruje się współczynnik tarcia i procentowy udział pokrycia powierzchni współpracy filmem smarnym. Temperaturę utrzymuje się na poziomie 60°C. Miarą smerności paliwa jest skorygowana średnica śladu zatarcia.



1 – kulka; ball 2 – olej napędowy; diesel fuel 3 – przeciwpółka; speciimen

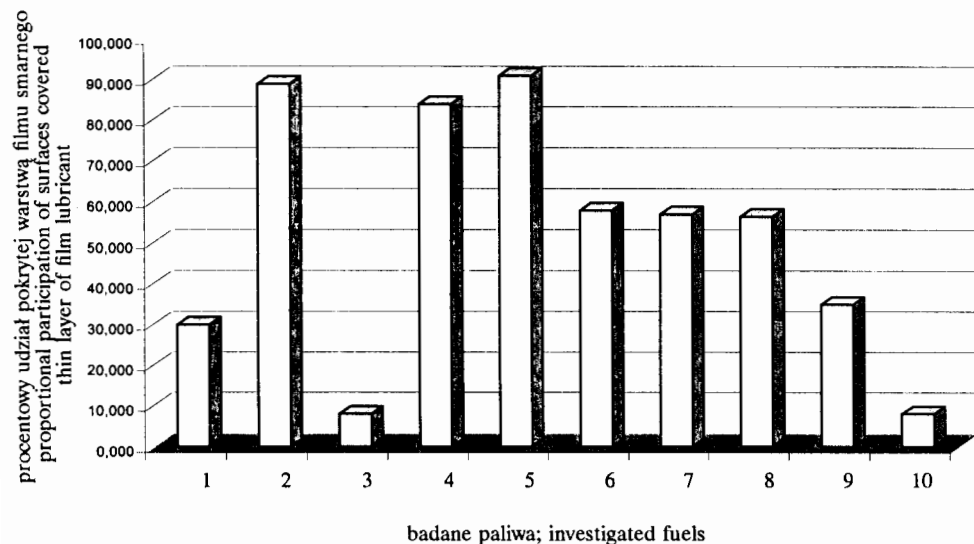
Rys. 1. Schemat działania urządzenia do pomiaru smerności metodą HFRR

Fig. 1. Scheme of device for measuring lubricity by HFRR method

Wyniki i dyskusja

Procentowy udział powierzchni współpracy pokrytej warstwą filmu smarnego dla poszczególnych paliw przedstawiono na rysunku 2. Uzyskano wartości w

zakresie od 8 do 91%. Najgorsze właściwości filmu smarnego miał olej z hydrokrawingu o małej zawartości siarki oraz olej opałowy. Dodanie do oleju z hydrokrawingu dodatku smarnościowego Lubricity FormulaTM (Lub.) spowodowało wzrost procentowego udziału powierzchni współpracy pokrytej warstwą filmu smarnego do około 80%, a dodatku STP do około 90%.



- 1 – Stanrad (15 ppm S)
- 2 – z olejem; with oil (300 ppm S)
- 3 – z hydrokrawingu; from hydrocracking (3 ppm S)
- 4 – z hydrokrawingu + Lub.; from hydrocracking + Lub.
- 5 – z hydrokrawingu + STP; from hydrocracking + STP
- 6 – Plus 50 F (28 ppm S)
- 7 – Plus 50 F + 50% benzyny; Plus 50 F + 50% petrol
- 8 – Plus 50 F + Lub.; Plus 50 F + Lub.
- 9 – Plus 50 F + Mixol; Plus 50 F + Mixol
- 10 – olej napędowy; fuel oil

Rys. 2. Procentowy udział powierzchni współpracy pokrytej warstwą filmu smarnego badanych paliw w czasie testu HFRR

Fig. 2. Diagram of proportional participation of surfaces covered with thin layer of film lubricant in the tests HFRR for investigated fuels

Zależność pomiędzy smarnością paliwa a procentowym udziałem powierzchni współpracy pokrytej warstwą filmu smarnego przedstawiono na rysunku 3.

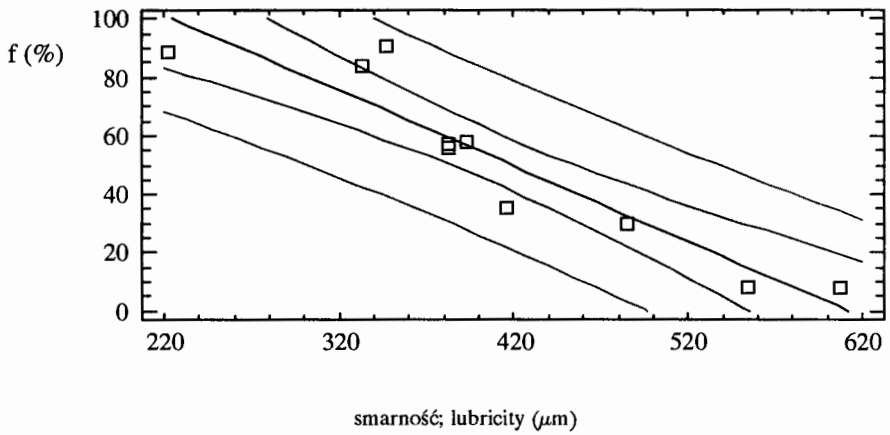
Otrzymano liniową zależność wyrażoną równaniem:

$$f = 158,29 - 0,26 \cdot s \quad (1)$$

gdzie:

- f – procentowy udział powierzchni współpracy pokrytej warstwą filmu smarnego (%)
- s – smarność (μm)

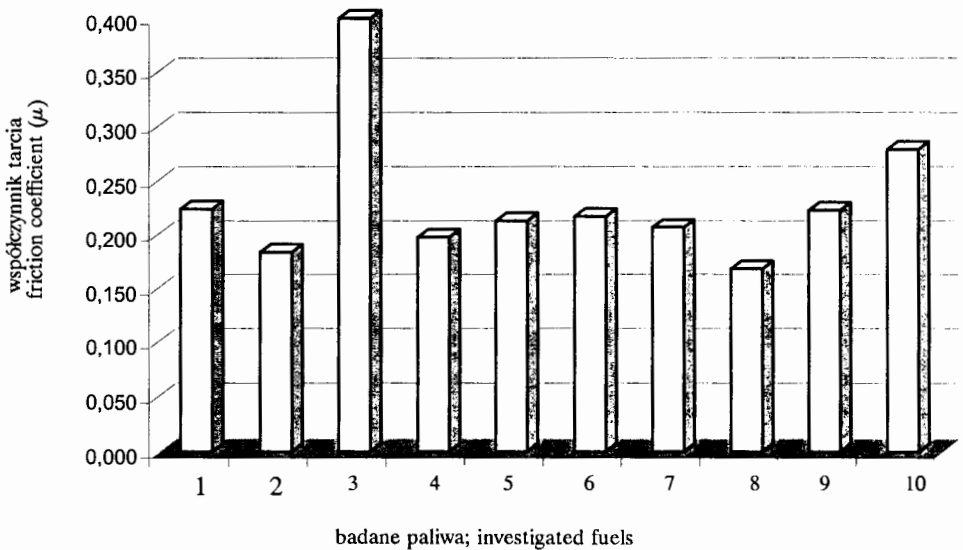
Współczynnik korelacji wynosi $-0,93$ co wskazuje na silną zależność liniową między zmiennymi.



f – film smarny; film lubricant (%)

Rys. 3. Zależność między smernością i procentowym udziałem powierzchni współpracy pokrytej warstwą filmu smarnego

Fig. 3. The relationship between lubricity and proportional participation of surface covered with thin layer of film lubricant

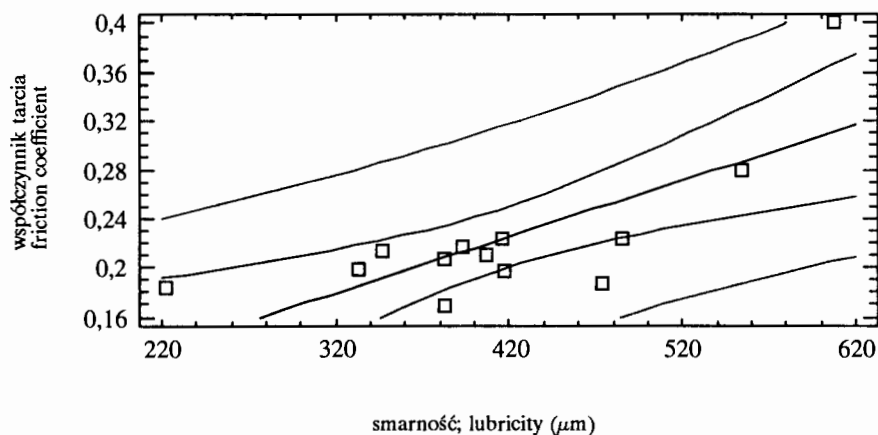


1–10 objaśnienia jak pod rys. 2; explanations see Fig.2

Rys. 4. Wartości współczynników tarcia poszczególnych paliw uzyskane w czasie testu HFRR

Fig. 4. Diagram of friction coefficients in the tests HFRR for investigated fuels

Na rysunku 4 przedstawiono uśrednione wartości współczynników tarcia uzyskane dla poszczególnych paliw w czasie testu HFRR. Uzyskano wartości współczynników tarcia w zakresie od 0,18 do 0,4. Najwyższą wartość około 0,4 osiągnął współczynnik tarcia dla oleju z hydrokrakingu. Dodatki smarnościowe obniżyły wartości współczynnika tarcia. Zależność między współczynnikiem tarcia i smarnością paliw przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Zależność między smarnością i współczynnikiem tarcia
Fig. 5. The relationship between lubricity and friction coefficient

Otrzymano zależność liniową:

$$\mu = 0,0297 + 0,00049 \cdot s \quad (2)$$

gdzie:

μ – współczynnik tarcia

s – smarność

Współczynnik korelacji wynosi 0,83, co świadczy o stosunkowo silnej zależności liniowej między smarnością i współczynnikiem tarcia.

Każde paliwo, które charakteryzowało się dobrą smarnością podczas próby HFRR wykazywało niski współczynnik tarcia oraz duży procentowy udział powierzchni współpracy pokrytej warstewką filmu smarnego.

Wnioski

1. Istnieje silna zależność liniowa pomiędzy procentowym udziałem powierzchni współpracy pokrytej warstewką filmu smarnego i smarnością badanych paliw.
2. Istnieje stosunkowo silna zależność liniowa między współczynnikiem tarcia i smarnością badanych paliw.

Literatura

BOCHEŃSKI C. 2002. *Badania wpływu właściwości fizykochemicznych paliwa do silników wysokoprężnych na charakterystykę wtrysku i trwałości elementów układu paliwowego konwencjonalnego i Common Rail*. Projekt bad. KBN nr 9T12D00716. Maszynopis cz. II: 128 ss.

DĄBROWSKI J.R. 1986. *Reaktywność chemiczna substancji smarowych*. Trybologia 2: 15–18.

KAJDAS Cz. 2000. *Tribologiczne problemy smarowania*. Tribologia 5: 981–998.

KAJDAS Cz. 1985. *Anionorodnikowy mechanizm działania kwasów tłuszczowych i alkoholi tłuszczowych w warunkach tarcia*. Zesz. Nauk. WSI w Radomiu 7: 157–194.

Słowa kluczowe: oleje napędowe, smarność paliwa, współczynnik tarcia

Streszczenie

Przeprowadzono badania zależności między smernością, a właściwościami filmu smarnego i współczynnikiem tarcia wybranych olejów napędowych o niskiej zawartości siarki oraz paliw z dodatkami. Smarność została określona laboratoryjną metodą HFRR. Otrzymano liniową zależność między smernością a procentowym udziałem pokrycia powierzchni współpracy filmem smarnym. Również współczynnik tarcia zewnętrznego wykazuje liniową zależność od smerności. Każde badane paliwo, które charakteryzowało się dobrą smernością wykazywało niski współczynnik tarcia oraz duży procentowy udział powierzchni współpracy pokrytej warstwą filmu smarnego.

THE RELATIONSHIP BETWEEN LUBRICITY, COEFFICIENT OF FRICTION AND PROPERTIES OF FILM LUBRICANT OF DIESEL FUELS

Marek Klimkiewicz

Department of Production Management and Engineering,
Warsaw Agricultural University, Warszawa

Key words: coefficient of friction, diesel fuels, lubricity of fuel

Summary

The investigations of the relationship between lubricity, coefficient of friction and properties of film lubricant of diesel fuels with low content of sulphur and fuels with additives were carried out. Lubricity of fuel was determined by the

HFFR method. The linear relationship was obtained between lubricity and proportional share of surface covered with a thin layer of film lubricant. The coefficient of external friction also showed linear dependence on lubricity. Every investigated fuel, which was characterized by best lubricity showed low coefficient of friction and a large proportional share of surface covered with a thin layer of lubricant.

Dr inż. Marek **Klimkiewicz**
Katedra Organizacji i Inżynierii Produkcji
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
ul. Nowoursynowska 166
02-787 WARSZAWA
email: klimkiewicz@alpha.sggw.waw.pl