

OCENA WŁAŚCIWOŚCI TRIBOLOGICZNYCH PALIW ROŚLINNYCH W ASPEKcie WPŁYWU NA PROCES ZUŻYCIA APARATURY WTRYSKOWEJ SILNIKÓW O ZAPŁONIE SAMOCZYNNYM

Piotr Ignaciuk, Leszek Gil, Andrzej Niewczas

Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Politechnika Lubelska,
ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin; e-mail: p.ignaciuk@pollub.pl

Streszczenie. W artykule omówiono wyniki badań właściwości tribologicznych wybranych paliw roślinnych takich jak: olej rzepakowy, olej gorczycowy, olej lniany i olej rydzowy oraz ich estrów metylowych. Zaprezentowano moment tarcia w zależności od wzrastającego obciążenia mierzone na aparacie czterokulowym. Uzyskane wyniki odniesiono do analogicznych właściwości oleju napędowego. Dokonano oceny wpływu badanych parametrów na przebieg procesów zużycia i uszkodzeń elementów silnika spalinowego.

Słowa kluczowe: zużycie tribologiczne, aparatura wtryskowa, silnik spalinowy, paliwa roślinne.

USZKODZENIA EKSPLOATACYJNE ELEMENTÓW UKŁADU WTRYSKOWEGO SILNIKA ZS

Procesy tribologiczne stanowią jedną z głównych przyczyn uszkodzeń eksploatacyjnych aparatury wtryskowej silników o zapłonie samoczynnym (ZS). Zużycie na skutek tarcia jest przyczyną utraty szczelności sekcji tłoczących pomp wtryskowych oraz wtryskiwaczy.

W technice główne kierunki działań zmierzających do minimalizacji zużycia ciernego to:

- modyfikacja współpracujących powierzchni, najczęściej poprzez utwardzenie warstwy wierzchniej,
- stosowanie środków smarnych w celu zamiany tarcia suchego na tarcie płynne.

Twarda powierzchnia elementu wolniej ulega ścieraniu, a smarowane powierzchnie nie ulegają zużyciu jeśli pomiędzy nimi jest wytworzony film smarny lub tarcie zachodzi pomiędzy powierzchniami pokrytymi warstwą graniczną środka smarnego.

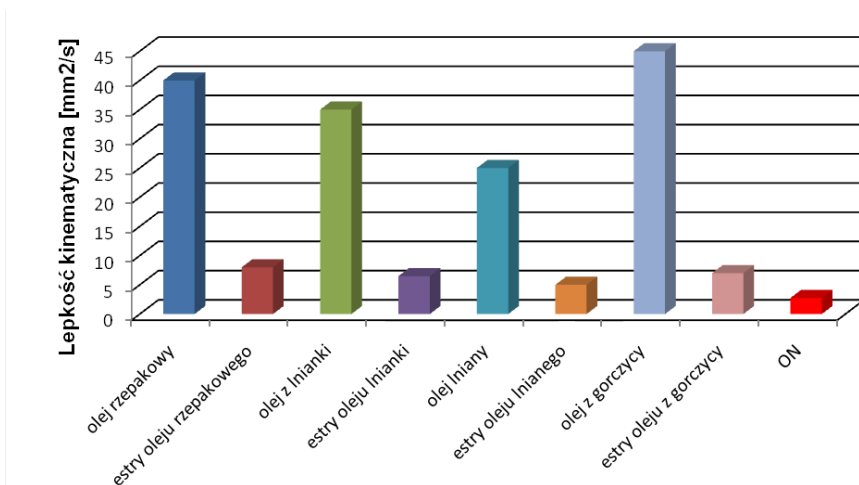
Silnie związana z podłożem warstwa graniczna jest utworzona siłami adhezji dzięki wzajemnemu oddziaływaniu molekularnemu atomów na powierzchni elementu z cząsteczkami substancji smarującej. Polarna budowa cząsteczek smarujących sprzyja tworzeniu warstwy granicznej.

W układach wtryskowych silników ZS paliwo stanowi nie tylko medium zasilające silnik, ale też jest środkiem smarującym dla współpracujących elementów. Jako substancja smarująca paliwo powinno posiadać odpowiednią lepkość. Lepkość paliwa nie może być zbyt duża bowiem utrudnia to wtrysk ale też nie powinna być zbyt mała z uwagi na warunki tworzenia filmu olejo-

wego. Częsteczki paliwa wytwarzają również warstwę graniczną. Nośność tej warstwy warunkuje możliwość pojawiania się procesów zużycia. Jako podstawowe właściwości paliwa wpływające na przebieg procesów tribologicznych wybrano: lepkość oraz smarność. Ocenę nośności warstwy granicznej przeprowadzono w oparciu o pomiary momentu tarcia oraz obciążenia zacierania na aparacie czterokulowym.

BADANIA WŁAŚCIWOŚCI TRIBOLOGICZNYCH WYBRANYCH PALIW ROŚLINNYCH W ODNIESIENIU DO OLEJU NAPĘDOWEGO

Wyniki pomiarów lepkości kinematycznej przedstawiono na rys. 1 oraz w tabeli 1.



Rys 1. Lepkość kinematyczna wybranych paliw roślinnych w odniesieniu do ON w temperaturze 40°C

Fig. 1. Kinematic viscosity of some vegetable fuels in relation to the Diesel fuel at 40°C

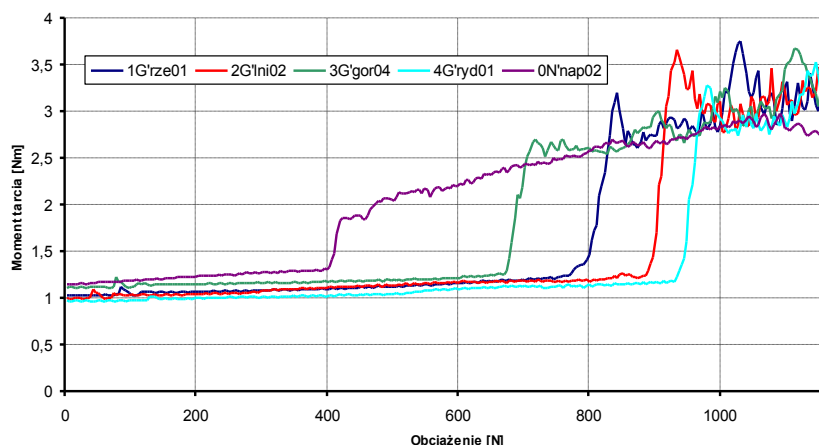
Tab. 1. Lepkość kinematyczna badanych olejów i ich estrów w temperaturze 40°C

Tab. 1. Kinematic viscosity of investigated oils and their esters at 40°C

Lp.	Oznaczenie próbki	Nazwa paliwa	Lepkość kinematyczna w 40°C, mm²/s
1.	1G	Olej rzepakowy	35,24
2.	2G	Olej lniany	24,69
3.	3G	Olej z gorczycy	42,98
4.	4G	Olej z lnianki (rydzowy)	30,17
5.	1M	Ester metylowy z oleju rzepakowego	5,28
6.	2M	Ester metylowy z oleju lnianego	4,00
7.	3M	Ester metylowy z oleju z gorczycy	5,74
8.	4M	Ester metylowy z oleju z lnianki	5,18
9.	0N	Olej napędowy	2,76

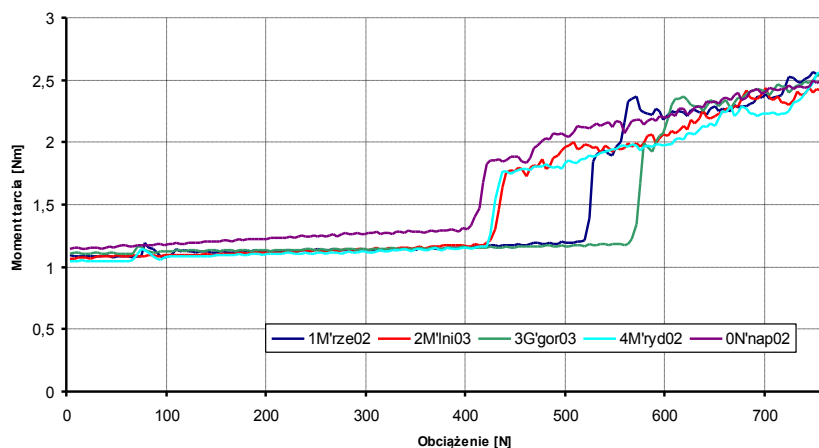
Ponieważ o lepkości olejów roślinnych decyduje głównie wielość cząsteczek, dlatego na podstawie wyników podanych tabeli 1 należy stwierdzić, że największy rozmiar cząsteczek mają olej rzepakowy i gorczycowy. Proces estryfikacji pozwala na efektywne rozbitcie dużych cząsteczek na cząsteczki mniejsze.

Wyniki badań na aparacie czterokulowym przedstawiono na rys. 3 i rys. 4 oraz w tabeli 2. W badaniach wykorzystano zmodyfikowaną wersję aparatu czterokulowego. W odróżnieniu od standardowych pomiarów obciążenia zacierającego (wg PN-76/C-04147) metoda ta pozwala na ciągle zwiększanie obciążenia zacierającego z prędkością 40 N/s z jednoczesną rejestracją momentu tarcia.



Rys. 2. Porównanie momentu tarcia oraz obciążenia zacierającego dla olejów roślinnych oraz oleju napędowego: 1G- olej rzepakowy, 2G- olej lniany, 3G- olej z gorczycy, 4G- olej lnianki, ON- olej napędowy

Fig 2. Comparison of friction torque and seizing load for vegetable oils and Diesel fuel: 1G- rapeseed oil, 2G- flax oil, 3G- white mustard oil, 4G- linseed dodder, ON- diesel fuel



Rys. 3. Porównanie momentu tarcia oraz obciążenia zacierającego dla estrów metylowych z olejów roślinnych oraz oleju napędowego: 1M- ester metylowy oleju rzepakowego, 2M- ester metylowy oleju lnianego, 3M- ester metylowy oleju gorczycy, 4M- ester metylowy oleju z lnianki, ON- olej napędowy

Fig. 3. Comparison of friction torque and seizing load for methyl esters of vegetable oils and Diesel fuel: 1M- rapeseed methyl ester, 2M- flax oil methyl ester, 3M- white mustard methyl ester, 4M- linseed dodder methyl ester, ON- diesel fuel

Wartości obciążenia zacierającego jak przedstawiono na rys. 2 i 3 towarzyszył gwałtowny wzrost momentu tarcia. W tym aspekcie badane oleje są wyraźnie różne. Największe wartości obciążenia zacierającego występują dla oleju z lnianki (rydzowego), a najmniejsze dla oleju z gorczycy. Dla estrów metylowych (rys.3) zależności są całkowicie odmienne: obciążenie zacierające dla estru metylowego z oleju z lnianki oraz dla estru z oleju lnianego są zbliżone do wartości dla oleju napędowego. Estrы metylowe oleju rzepakowego i oleju z gorczycy wykazują większe wartości obciążenia zacierającego.

Tab. 2. Wartości obciążenia zacierającego wyznaczone w poszczególnych próbach

Tab. 2. Value seizing load for samples

Oznaczenie próbki	Nazwa oleju	Nr 01 [N]	Nr 02 [N]	Nr 03 [N]
1G	Olej rzepakowy	660	670	780
2G	Olej lniany	860	890	970
3G	Olej z gorczycy	570	670	800
4G	Olej z lnianki (rydzowy)	920	940	950
1M	Ester metylowy z oleju rzepakowego	440	520	600
2M	Ester metylowy z oleju lnianego	380	380	420
3M	Ester metylowy z oleju z gorczycy	440	490	560
4M	Ester metylowy z oleju z lnianki	420	420	520
0N	Olej napędowy	360	410	480

WNIOSKI

1. Potwierdzono, że lepkość paliw pochodzenia roślinnego jest wyraźnie większa od lepkości oleju napędowego. W konsekwencji należy oczekiwać pogorszenia jakości rozpylenia wtryskiwanego paliwa. Zmiana warunków wtrysku paliwa może znacząco wpłynąć na przebieg procesów roboczych w silniku i trwałość wtryskiwaczy.
2. Mniej dokładne rozpylenie paliwa utrudnia jego odparowanie, tym samym sprawia, że większa ilość paliwa przedostaje się do oleju smarującego. Wpływ paliw roślinnych na zmiany właściwości oleju silnikowego nie jest wystarczająco poznany. Jednak wiadomo jest, że zróżnicowany skład paliwa (w tym pierwiastki: siarka, fosfor, potas) mogą powodować intensyfikację procesów degradacji oleju (zwłaszcza nowych olejów typu LOW SAPS).
3. Stosunkowo mniejszy moment tarcia dla paliw roślinnych zmierzony na aparacie czterokolowym w odniesieniu do oleju napędowego świadczy o mniejszym współczynniku tarcia powierzchni nimi smarowanych. Można to tłumaczyć większą lepkością i przez to lepszym rozdzieleniem powierzchni trących. Oznacza to mniejsze zużycia współpracujących powierzchni w obecności paliw roślinnych niż przy obecności klasycznego oleju napędowego.
4. Interpretując wyniki pomiarów obciążenia zacierającego należy stwierdzić, że najniższa wartość dla oleju napędowego oznacza mniejszą nośność warstwy granicznej wytworzonej z cząsteczek oleju napędowego w porównaniu z nośnością warstw wytworzonych z cząsteczek paliw roślinnych. Można to tłumaczyć polarną budową cząsteczek olejów roślinnych (obecność kwasów).
5. Reasumując, w świetle uzyskanych wyników badań wstępnych, układy zasilające silników ZS pracujące na paliwach roślinnych powinny charakteryzować się mniejszym zużyciem tribologicznym. Paliwa roślinne zapewniają bowiem lepsze warunki tworzenia filmu sma-

rującego oraz wytwarzają bardziej stabilną warstwę graniczną. Jednak pełny opis procesów zużycia i uszkodzeń elementów aparatury wtryskowej wymaga uwzględnienia innych czynników takich jak oddziaływanie korozyjne i erozyjne paliwa.

LITERATURA

1. Bocheński C.I.: Biodiesel paliwo rolnicze. Wydawnictwo SGGW Warszawa, 2003.
2. Duda A., Łukasik Z., Skręt I., Kossowicz L.: Estry metylowe wyższych kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego jako paliwo lub komponent olejów napędowych. *Paliwa, oleje i smary w eksploatacji* 2002, 104-105.
3. Guzik J., Maciąg A.: Maszyna MT-1 do badania własności tribologicznych ze zmianą nacisku jednostkowego, mat. konf. XXVI Szkoła Tribologiczna, Łódź-Niedzica 2003, str. 33-38.
4. Lotko W.: Zasilanie silników wysokoprężnych paliwami węglowodorowymi i roślinnymi. WNT, Warszawa 1997.
5. Szlachta Z.: Zasilanie silników wysokoprężnych paliwami rzepakowymi. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2002.

ASSESSMENT OF TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF VEGETABLE FUELS IN THE ASPECT OF THEIR INFLUENCE ON WEAR OF INJECTION APPARATUS IN DIESEL ENGINES

Summary. The paper summarizes results of the research of tribological properties of chosen vegetable fuels like rapeseed oil, white mustard oil, flax oil and linseed dodder (gold-of-pleasure – *Camelina sativa*) and their methyl esters. Courses of friction torque as a function of increasing load are presented. Friction torque was measured using four-ball apparatus. The obtained results were compared to similar properties of the Diesel fuel. Authors evaluated the influence of the investigated parameters on the course of wear and damage processes of the engine components.

Key words: tribological wear, injection apparatus, internal combustion engine, vegetable fuels.