

BADANIE SMARNOŚCI OLEJU NAPĘDOWEGO Z DODATKIEM ESTRÓW OLEJU RZEPAKOWEGO PRZY UŻYCIU APARATU HFRR

Bartłomiej Batko, Tomasz K. Dobek
*Zakład Budowy i Użytkowania Urządzeń Technicznych,
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie*

Streszczenie. Praca przedstawia wyniki badań smarnościowych oleju napędowego (ON) oraz jego mieszanin z estrami oleju rzepakowego (RME). Celem badań była ocena zmian właściwości smarnych ON wynikających z dodatku paliwa RME. Badania zostały przeprowadzone wg normy PN-EN ISO 12156:2004 na aparacie HFRR. Wyniki badań wskazują na znaczne zmniejszenie zużycia elementów trących smarowanych paliwem z dodatkiem estrów w porównaniu z czystym ON. Wykazano, że grubość warstwy smarnej ma istotny związek ze zużyciem, a opory tarcia dla czystego oleju napędowego i estrów są większe niż dla ich mieszanin.

Słowa kluczowe: smarność, zużycie, biopaliwa płynne, olej napędowy

Wstęp

Unia Europejska w 2005 roku nałożyła na kraje członkowskie obowiązek stosowania biopaliw płynnych, jako paliw stosowanych w transporcie drogowym. Głównym celem tego działania jest ograniczenie zużycia ropy naftowej oraz realizacja Protokołu z Kioto w sprawie ograniczenia emisji gazów cieplarnianych [Baczewski i in. 2004]. W Polsce, jak i w znacznej części Europy, ze względów klimatycznych, biopaliwami płynnymi najczęściej są estry metylowe oleju rzepakowego oraz ich mieszaniny z olejem napędowym [Sitnik 2004]. Wprowadzone uregulowania prawne dopuszczają stosowanie przez rolników na użytek własny estrów, wytworzonych we własnym zakresie [Dz. U. Nr 169, poz. 1199]. Sytuacja taka dopuszcza możliwość mieszania obu rodzaju paliw w dowolnym stężeniu. Wprowadzenie tego rodzaju paliwa do powszechnego użytku pociąga za sobą wiele zmian logistycznych, technologicznych i eksploatacyjnych w gospodarce paliwowej. Dotyczy to szczególnie silników spalinowych o zapłonie samoczynnym (ZS), gdzie dla precyzyjnie pasowanych elementów układu wtryskowego paliwo stanowi jedyne źródło smarowania. Smarność w tym przypadku oznacza właściwość paliwa, która polega na zdolności trwałego rozdzielenia współpracujących elementów warstwą filmu smarnego, co ma na celu ograniczenie ich zużycia (PN-EN ISO 12156:2001). Smarność olejów napędowych jest parametrem normatywnym obowiązującym dla dostępnych w handlu detalicznym paliw [Dz. U. Nr 167, poz. 1185]. Dodatek estrów do gotowego oleju napędowego może mieć wpływ na smarność nowopowstałego paliwa. Celem niniejszych badań była ocena wpływu dodatku estrów oleju rzepakowego do handlowego oleju napędowego (zawierającego już pakiet dodatków smarnościowych) na właściwości smarne nowo powstałej mieszaniny.

Zakres pracy obejmował badania smarnościowe na aparacie HFRR oleju napędowego i jego mieszanin z estrami oleju rzepakowego.

Materiał i metoda

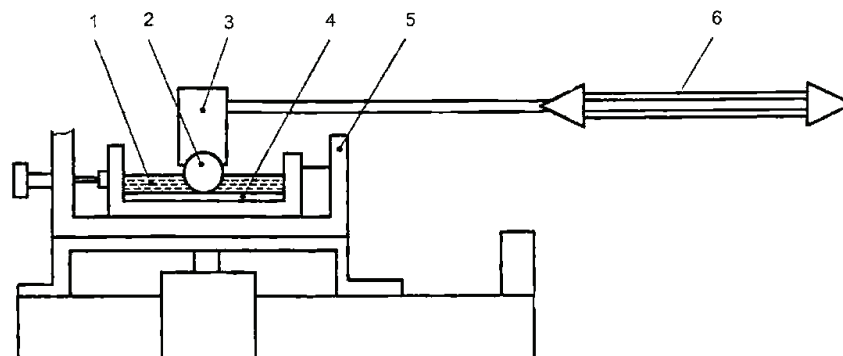
Do badań użyto dwa rodzaje paliw. Pierwszym był ogólnie dostępny w handlu detalicznym olej napędowy VERVA. Jego parametry odpowiadają wymaganiom normy dotyczącej olejów napędowych PN-EN 590:2005. Drugim paliwem były estry metylowe oleju rzepakowego (RME). Ich parametry odpowiadają wymaganiom normy przedmiotowej PN-EN 14214:2003. Wybrane własności paliw użytych do badań przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wybrane własności paliw użytych do badań
Table 1. Selected properties of fuels used for tests

Parametr	Jednostka	Olej napędowy „VERVA”	Estry metylowe oleju rzepakowego
Spełnia wymaganiom normy		PN-EN 590	PN-EN 14214
Gęstość w temperaturze 15 °C	[g·m ⁻³]	0,837	0,883
Lepkość w temperaturze 40 °C	[mm ² ·s ⁻¹]	2,83	4,54
Zawartość siarki	[mg·kg ⁻¹]	3,8	1,0
Estry metylowe kwasów tłuszczowych	[% (V/V)]	Nie zawiera	97,8
Temperatura zapłonu	[°C]	63,5	164

Źródło: Świadectwo jakości 0901/8FAME-07

Do badań wykorzystano dwa rodzaje paliw w czystej postaci (olej napędowy i estry oleju rzepakowego) oraz ich mieszaniny w stężeniu 5, 20, 50 i 80% objętości estrów w oleju napędowym. Taki dobór mieszanin odpowiada najczęściej stosowanym rodzajom biopaliw komponowanych przez zakłady rafineryjne. Badania smarności przeprowadzono na aparacie o ruchu posuwisto-zwrotnym wysokiej częstotliwości HFRR (High-Frequency Reciprocating Rig). Badania prowadzone były wg normy PN-EN ISO 12156:2004 „Oleje napędowe. Ocena smarności z użyciem aparatu o ruchu posuwisto-zwrotnym wysokiej częstotliwości (HFRR)”. Ogólna zasada wykonywania badań wg powyższej normy przedstawia się następująco: Badana próbka oleju, umieszczona w zbiorniku badawczym, utrzymywana jest w określonej temperaturze badania. Unieruchomiona stalowa kulka zamocowana jest w pionowo montowanym uchwycie i dociśnięta za pomocą zastosowanego obciążenia do montowanej poziomo, nieruchomej, stalowej płytki. Kulka testowa oscyluje z ustaloną częstotliwością i długością skoku, podczas gdy powierzchnia kontaktu z płytką jest całkowicie zanurzona w badanej próbce w zbiorniku. Właściwości materiałowe kulki i płytki, temperatura, obciążenie, częstotliwość i długość skoku są dokładnie sprecyzowane w normie. Warunki otoczenia podczas testu wpływają na wielkość śladu zużycia powstałego na kulce testowej, co wymaga korekcji do standardowych warunków środowiska. Skorygowana do normalnych warunków ciśnienia pary wodnej 1,4 kPa średnica śladu zużycia oznaczona jako WS 1,4 jest miarą smarności płynu (PN-EN ISO 12156:2004). Norma Polska PN-EN 590:2002 „Paliwa silnikowe. Oleje napędowe. Wymagania i metody badań.” określa maksymalną średnicę śladu zużycia na poziomie 460 μm (PN-EN 590:2005). Schemat budowy aparatu tarcowego HFRR przedstawiono na rys. 1.



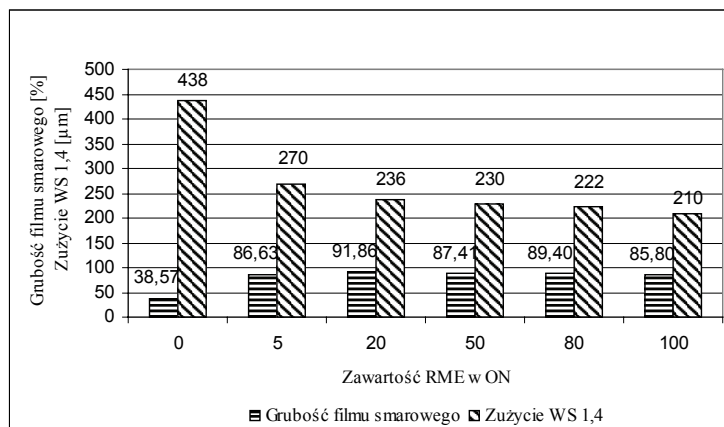
Rys. 1. Schemat budowy aparatu HFRR. 1 – Zbiornik z badanym paliwem, 2 – kulka testowa, 3 – obciażenie, 4 – płytka testowa, 5 – blok grzejny, 6 – wibrator [PN-EN ISO 12156:2004]

Fig. 1. Diagram showing construction of the HFRR apparatus: 1 – tank with tested fuel, 2 – test ball, 3 – load, 4 – test plate, 5 – heating block, 6 – vibrator

Aparat tarciovy HFRR umożliwia pomiar współczynnika tarcia μ jako wartości bezwymiarowej oraz grubości filmu smarowego g . Grubość filmu smarowego g jest obliczana w sposób pośredni na podstawie zmierzonej wartości oporu elektrycznego pomiędzy trącymi elementami. Wartość g podaje się w procentach, gdzie 0% oznacza brak filmu smarowego (brak oporu elektrycznego), a 100% oznacza całkowite rozdzielenie trących elementów filmem smarowym (brak przepływu prądu).

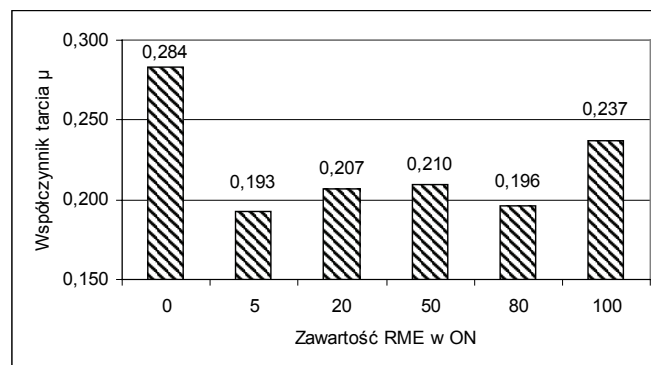
Wyniki badań

Z uzyskanych wyników badań widać, że wszystkie zastosowane paliwa nie przekraczają granicznej wartości wskaźnika WS 1,4 określonej normą na poziomie $460 \mu\text{m}$. Najbardziej zbliżoną wartość do maksymalnej uzyskano dla oleju napędowego VERVA. Wyniosła ona $438 \mu\text{m}$. Dodatek 5% objętości estrów do ON spowodował zmniejszenie śladu zużycia w stosunku do ON o $168 \mu\text{m}$ do poziomu $270 \mu\text{m}$ (redukcja o 38,4%). Wraz ze wzrostem stężenia RME w ON wskaźnik zużycia był coraz mniejszy, jednak zmiana ta była niewielka. Różnica zużycia pomiędzy mieszaniną o stężeniu 5% a czystym RME wyniosła $60 \mu\text{m}$. Najniższą wartość śladu zużycia uzyskano przy zastosowaniu paliwa złożonego tylko z estrów wynoszącą $210 \mu\text{m}$ (redukcja o 52,1%). Wyniki badań dotyczące grubości warstwy smarnej przedstawiają się następująco. Średnia grubość warstwy smarnej g dla ON wyniosła 38,6%. Dla paliwa zawierającego 5% estrów grubość warstwy smarnej znacząco wzrosła i wyniosła 86,6% (wzrost o 125%). Największą wartość uzyskano dla mieszaniny o stężeniu 20% wynoszącą 91,9% (wzrost o 138%). Najmniejszą wartość g spośród paliw zawierających RME uzyskano dla czystego paliwa RME wynoszącą 85,8% (wzrost o 122%). Oznacza to, że mieszaniny obu paliw charakteryzują się grubszą warstwą smarną na powierzchni trącej niż ich czyste postacie. Średnie wartości grubości filmu smarowego i średnicy śladu zużycia WS 1,4 przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Średnie wartości grubości filmu smarowego g [%] oraz średnicy śladu zużycia WS 1,4 [μm]
 Fig. 1. Mean values of lubricating film thickness g [%] and wear trace diameter WS 1.4 [μm]

Współczynnik tarcia μ osiągnął największą średnią wartość dla ON VERA i wyniósł 0,284. Drugą co do wielkości wartość uzyskano dla estrów w czystej postaci. Wyniosła ona 0,237 (redukcja o 16,5%). Mieszanki obu paliw charakteryzowały się mniejszymi oporami tarcia niż ich czyste postaci. Dla mieszanki o stężeniu 50% uzyskano wartość 0,210 (redukcja o 26,1%); dla mieszanki 20% - 0,207 (redukcja o 27,1%); dla mieszanki 80% - 0,196 (redukcja o 30,1%). Najniższą średnią wartość współczynnika tarcia uzyskano dla mieszanki zawierającej 5% estrów. Wyniosła ona 0,193 (redukcja o 32,0%). Średnie wartości współczynnika tarcia przedstawiono na rys. 3.



Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 3. Średnie wartości współczynnika tarcia μ zgromadzone w trakcie testów smarnościowych
 Fig. 3. Mean values of friction factor μ collected during lubrication tests

Badanie smerności oleju...

Na podstawie analizy wartości współczynnika tarcia jak i grubości warstwy smarnej można wywnioskować, że w obu przypadkach korzystniejsze parametry procesu tarcia uzyskano dla mieszanin obu paliw niż dla ich czystych postaci. Natomiast w przypadku wskaźnika zużycia WS 1,4, który jest zasadniczym parametrem charakteryzującym właściwości smarne badanego paliwa, dodatek estrów do oleju napędowego powoduje sukcesywne zmniejszanie się tego parametru. Uzyskane wartości oraz ich procentową zmianę względem oleju napędowego przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Wyniki testów smarnościowych

Table 2. Results of lubricity tests

Lp.	Objęciowe stężenie RME w ON [%]	Skorygowana średnica śladu zużycia WS 1,4 [μm]	Względna zmiana [%]	Współczynnik tarcia μ	Względna zmiana [%]	Grubość filmu smarowego g [%]	Względna zmiana [%]
1.	0	438	0	0,284	0	38,6	0
2.	5	270	38,4	0,193	32,0	86,6	125
3.	20	236	46,1	0,207	27,1	91,9	138
4.	50	230	47,5	0,210	26,1	87,4	126
5.	80	222	49,3	0,196	30,1	89,4	131
6.	100	210	52,1	0,237	16,5	85,8	122

Źródło: opracowanie własne autorów

Wnioski

Dodatek estrów oleju rzepakowego do oleju napędowego powodują zmniejszenie skorygowanego śladu zużycia WS1,4. Największą redukcję zużycia uzyskano dla estrów w czystej postaci (redukcja o 52,1%). Dodatek 5% objętości estrów do oleju napędowego spowodował redukcję zużycia o 38,4% do poziomu 270 μm. Wartość ta jest znacznie mniejsza od dopuszczalnej wartości granicznej i spełnia wymagania najostrzejszych norm, w tym Światowej Karty Paliw [Baczewski i in. 2004]. Paliwo RME wpływa korzystnie na przebieg współczynnika tarcia μ oraz przyczynia się do znacznego wzrostu grubości warstwy smarnej g. Charakter przebiegu procesu tarcia dla paliwa zawierającego estry wskazuje na wysoką zdolność łagodzenia skutków tarcia i redukcji zużycia współpracujących elementów.

Bibliografia

- Baczewski K., Kaldowski T.** 2004. Paliwa do silników o zapłonie samoczynnym. WKŁ. Warszawa. ISBN 83-206-1510-0.
- Sitnik L. J.** 2004. Ekopaliwa silnikowe. OWPW, Wrocław. ISBN 83-7085-767-1.
- Dziennik Ustaw nr 167, poz. 1185. 2006. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 września 2006 r. Wymagania jakościowe dla oleju napędowego stosowanego w pojazdach wyposażonych w silnik z zapłonem samoczynnym.
- Dziennik Ustaw nr 169, poz. 1199. 2006. Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o biokomponentach i biopaliwach ciekłych.
- PN-EN ISO 12156:2001. Oleje napędowe. Ocena smerności z użyciem aparatu o ruchu posuwisto-zwrotnym wysokiej częstotliwości (HFRR). Część 1: Metoda badania, część 2: Wartość graniczna.
- Świadectwo jakości 0901/8FAME-07. 2007. Solvent Wistol. Oświęcim.

TESTING OF LUBRICITY FOR DIESEL FUEL WITH RAPESEED OIL ESTERS ADDED USING THE HFRR APPARATUS

Abstract. The paper presents results of lubricity tests for diesel fuel (DF) and its mixtures with rapeseed oil esters (RME). The purpose of the tests was to assess changes in lubricating properties of DF resulting from RME fuel additive. The tests were carried out according to the PN-EN ISO 12156:2004 standard in the HFRR apparatus. Test results indicate considerable wear reduction for elements subject to friction, lubricated by fuel containing esters, compared to those lubricated by pure DF. It has been proven that lubricating layer thickness has considerable effect on wear, and frictional resistance is higher for pure diesel fuel and esters than for their mixtures.

Key words: lubricity, wear, liquid biofuels, diesel fuel

Adres do korespondencji:

Bartłomiej Batko; e-mail: bartlomiej.batko@zut.edu.pl
Zakład Budowy i Użytkowania Urządzeń Technicznych
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
ul. Papieża Pawła VI nr 3
71-459 Szczecin