

Bogusław Cieřlikowski, Tadeusz Juliszewski**, Józef Mazurkiewicz****

**Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki*

***Katedra Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Podstaw Rolnictwa*

****Zakład Fizyki*

Akademia Rolnicza w Krakowie

LEPKOŚĆ KINEMATYCZNA BIOPALIWA I FAZY GLICERYNOWEJ

Streszczenie

Wykonano pomiary lepkości biopaliwa rzepakowego (RME) oraz tzw. fazy glicerynowej (odpadu transestryfikacji oleju roślinnego) w funkcji temperatury. Uzyskane rezultaty oceniano w kontekście wykorzystania biopaliwa w niskich temperaturach otoczenia, oraz ewentualnego wykorzystania odpadu glicerynowego do spalania.

Słowa kluczowe: biopaliwo rzepakowe (RME), odpad glicerynowy, lepkość

Wymagania stawiane produktom transestryfikacji

Cechy fizyko-chemiczne produktów transestryfikacji wymagają analiz przede wszystkim ze względu na potrzebę właściwego rozpylenia biopaliwa (RME) w komorze spalania silnika oraz potrzebę wytwarzania jednorodnej mieszaniny, zwłaszcza w przypadku gdy biopaliwa miesza się z olejem napędowym [Knothe 2001]. Wykorzystanie odpadu glicerynowego, zwanego niekiedy fazą glicerynową, jako potencjalnego paliwa do spalania w kotłach wymaga również poznania jego lepkości.

Wymagania w stosunku do olejów napędowych wg normy PN-EN 590 2002 nakładają na producentów obowiązek dostosowania technologii produkcji do zaleceń zawartych w normie. Właściwości fizykochemiczne ujęte w tej normie stanowią odniesienia do zagadnień istotnych dla pracy silnika, przebiegu spalania oraz składu produktów toksycznych spalin [Monyem i in. 2001]. Norma zawiera również zalecenia odnośnie dystrybucji paliw. Współzależność własności fizykochemicznych wskazuje na potrzebę spełnienia wszystkich wymagań przy zastosowaniu

paliw alternatywnych. Estry wyższych kwasów tłuszczowych mają zbliżone parametry do oleju napędowego. Gęstość zawiera się w granicach 0,860 do 0,900 kg/dm³, co jednak jest wartością wyższą w stosunku do oleju napędowego. Własności niskotemperaturowe estrów stanowią znaczne zróżnicowanie w stosunku do oleju napędowego. Paliwa pochodzenia roślinnego są pozbawione parafin, a własności niskotemperaturowe wynikają ze stopnia nienasycenia, długości i stopnia rozgałęzienia łańcucha węglowego. Dane literaturowe wskazują na to iż lepkość kinematyczna estrów jest około dwa razy większa niż dla oleju napędowego [Wolfensberger i in. 1993; Canavate-Ortiz i in. 1994]. Wyższa lepkość kinematyczna, gęstość napięcie powierzchniowe RME w stosunku do oleju napędowego (ON) są powodem wolniejszego odparowania większych kropeł paliwa w komorze spalania silnika, wydłużenia fazy wstępnej samozapłonu paliwa, a tym samym przedłużenia czasu spalania. Niższe wartości przyrostu ciśnień roboczych tłumaczone są mniejszą ok. 30% prędkością wywiązywania ciepła w stosunku do ON, co wynika z temperatury wrzenia RME. Zaobserwowano również wzrost ciśnienia wtrysku paliwa o ok. 15% w stosunku do ON, przy czym tendencje wzrostowe zaznaczają się wyraźnie wraz ze spadkiem temperatury paliwa w instalacji silnika [Lotko 1995; Salamour 1994].

Faza glicerynowa stanowi roztwór wodny zawierający min. 85% gliceryny, niewielkie ilości związków tłuszczowych oraz zanieczyszczenia białkowe pochodzące z surowca tłuszczowego. Udział gliceryny zależy od ilości glicerydów w tłuszczach i wynosi ok. 10% masy estrów metylowych. Wstępne prace badawcze prowadzone na Wydziale Agrotechnologii AR w Krakowie w celu wykorzystania fazy glicerynowej jako składnika mieszaniny paliwowej dostarczanej do pieców grzewczych wskazują na możliwość spalania mieszaniny składającej się z ok. 35% fazy glicerynowej i 65% zużytego oleju silnikowego (mineralnego). Istotnym zagadnieniem jest tworzenie mieszaniny koloidalnej tych składników przy znacznie różniących się lepkości i gęstości tych składników.

Istotnym zagadnieniem w obu przypadkach zastosowań produktów estryfikacji jest poznanie rozkładu temperaturowego lepkości kinematycznej warunkującej wyżej opisane procesy tworzenia ładunku palnego.

Badania produktów transestryfikacji

Wykorzystując aparaturę produkcji PIMR-Poznań uzyskano estry metylowe wyższych kwasów tłuszczowych odpowiadające wymaganiom austriackiej normy ONORM C 1190 oraz fazę glicerynową. Przy wilgotności względnej nasion rzepaku wynoszącej 5,35% uzyskano 32% wytłoczonego oleju z masy nasion. Po wykonaniu procesu transestryfikacji (katalizator: KOH, metanol jako związek zastępujący

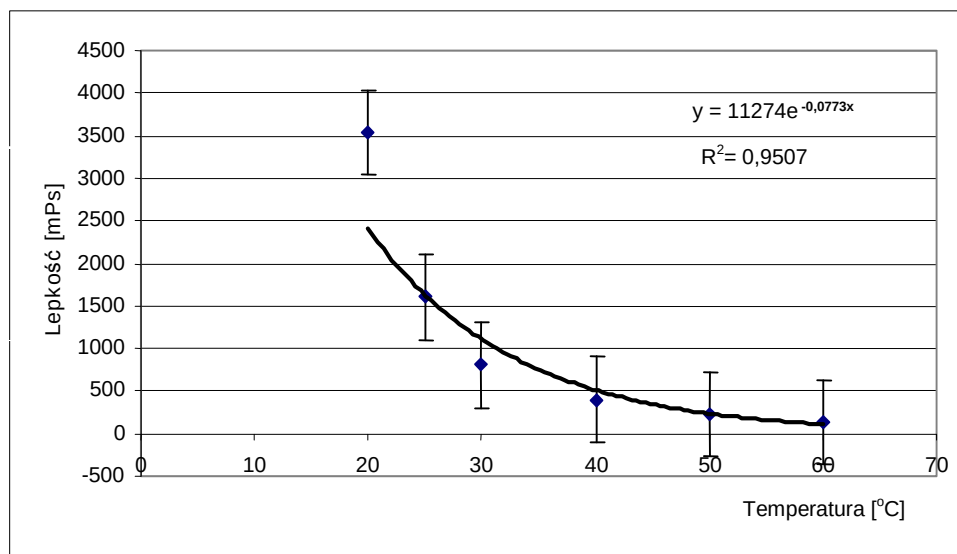
glicerol w oleju rzepakowym) wyznaczono gęstość badanych produktów w temperaturze 20°C:

- RME $\rho = 0,843 \text{ g/cm}^3$,
- faza glicerynowa $\rho = 1,052 \text{ g/cm}^3$.

Następny etap prac obejmował pomiary lepkości dynamicznej produktów przy użyciu wiskozymetru rotacyjnego jako zmodyfikowanego wiskozymetru Zimma dla RME oraz wiskozymetru przepływowego dla fazy glicerynowej. Na podstawie uzyskanych wyników pomiarów wyznaczono przewidywaną zmianę lepkości w przedziale temperatur wg zależności:

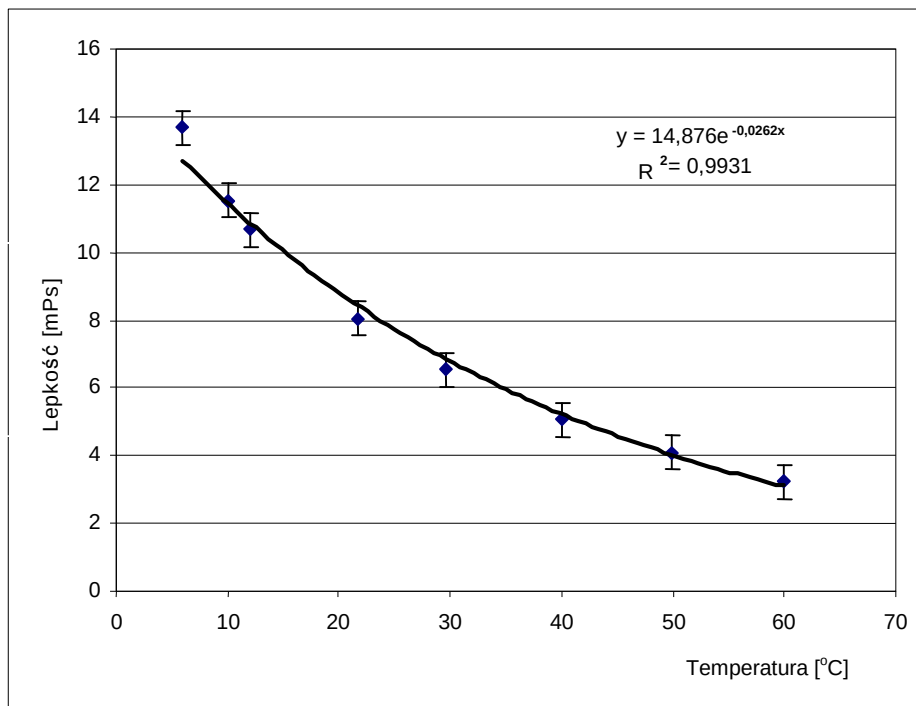
- $\mu = 14,876 \exp(-0,0262T)$ uzyskując $R^2 = 0,9931$ dla RME,
- $\mu = 11274 \exp(-0,0773T)$ uzyskując $R^2 = 0,9507$ dla fazy glicerynowej.

Przebiegi zmienności lepkości dynamicznej produktów w zależności od temperatury przedstawiono na rysunkach 1 i 2.



Rys. 1. Rozkład temperaturowy lepkości dynamicznej RME

Fig. 1. Temperature-related distribution of RME dynamic viscosity



Rys. 2. Rozkład temperatury lepkości dynamicznej fazy glicerynowej

Fig. 2. Temperature-related distribution of glycerine phase dynamic viscosity

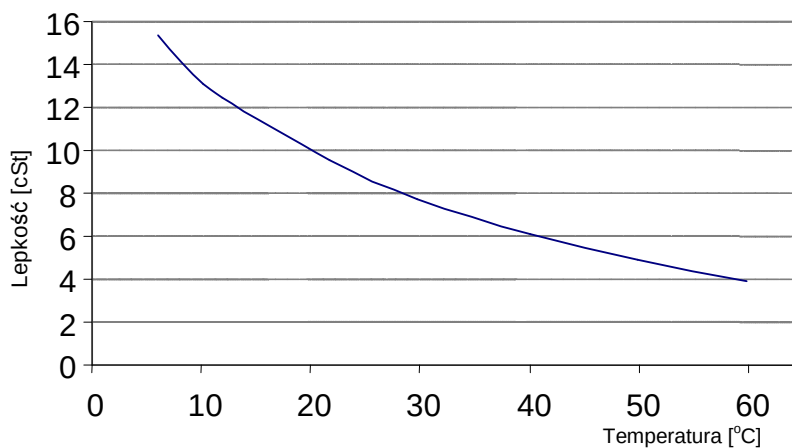
Biorąc pod uwagę zmienność rozkładu gęstości RME i fazy glicerynowej w analizowanych przedziałach temperatur, została wyznaczona lepkość kinematyczna produktów transestryfikacji, co przedstawiono na rys. 3 i 4. Pomiarów wykonano po upływie jednego miesiąca po transestryfikacji - jak wiadomo [Thompson i in. 2001] dopiero po 6 miesiącach od daty tej reakcji następuje samoczynna zmiana (wzrost) lepkości.

Ocena badanych parametrów

Wyniki uzyskanych pomiarów wskazują na znaczny wzrost lepkości kinematycznej RME w zakresie niskich temperatur. Natomiast tak znaczący wzrost lepkości ON zaznacza się dopiero przy -25°C . Napięcie powierzchniowe estrów wynoszące $25,4 \cdot 10^3 \text{ N/m}$ w 100°C jest większe niż dla ON ($22,5 \cdot 10^3 \text{ N/m}$ w 100°C), co może wskazywać na zmienność procesów przepływu paliwa przez otwory rozpylacza

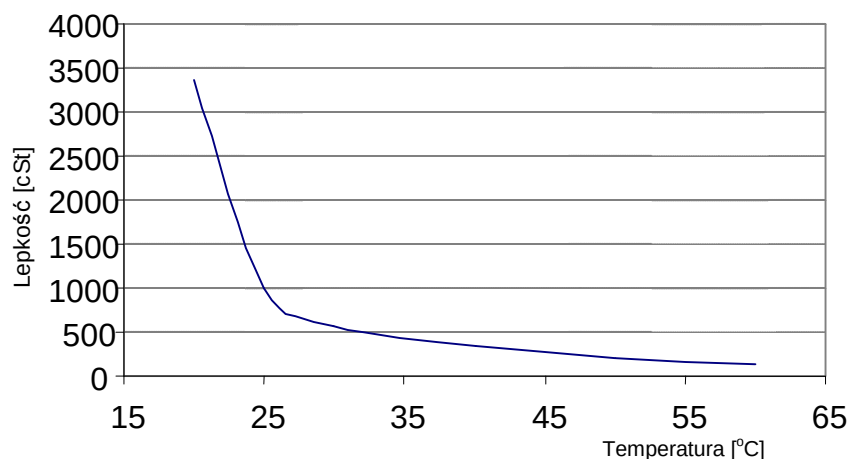
oraz gorszego odparowania RME. Wyniki te sugerują pogorszenie rozruchu zimnego silnika i wzrost dawki jednostkowej paliwa w przypadku zasilania RME. Wnioski takie są znane już z literatury [FAT]. W zakresie temperatur roboczych aparatury paliwowej silnika (40°C) można przyjąć, iż lepkości obu paliw, tj. ON i RME, są bardzo zbliżone. Temperatury robocze ok. 60°C odpowiadają temperaturze paliwa w obrębie wtryskiwacza po unormowaniu procesu rozgrzewania silnika. W tym zakresie występuje znikoma różnica pomiędzy badanymi paliwami.

Tworzenie mieszanin paliwowych podawanych pod ciśnieniem do palnika pieca wymaga wstępnego podgrzania fazy glicerynowej wraz ze zużytym olejem silnikowym do temperatury powyżej 60°C. Przy lepkości kinematycznej poniżej 125 mm²/s fazy glicerynowej występują realne możliwości tworzenia wspólnej fazy z olejem silnikowym bez rozwarstwień z możliwością przetłaczania przez pompy i dokładnego dozowania na zaworze szczelinowym (rys. 3 i 4).



Rys. 3. Wpływ temperatury na lepkość kinematyczną paliwa RME

Fig. 3. Influence of temperature on RME fuel kinematic viscosity



Rys. 4. Wpływ temperatury na lepkość kinematyczną fazy glicerynowej
Fig. 4. Influence of temperature on glycerine phase kinematic viscosity

Wnioski

1. Lepkość: dynamiczna i kinematyczna biopaliwa rzepakowego rośnie wraz ze zmniejszaniem się jego temperatury w stopniu, który może utrudniać rozruch silnika w ujemnych temperaturach otoczenia. W temperaturach roboczych układu zasilania substitucja oleju napędowego z ropy naftowej biopaliwem nie powinna wpływać negatywnie na pracę tego układu.
2. Istotny wzrost lepkości kinematycznej fazy glicerynowej występuje w temperaturze ok. 27°C. Tworzenie jednorodnej mieszanki fazy glicerynowej z olejami (np. zużytym olejem silnikowym) wymaga wstępnego podgrzania odpadu glicerynowego.

Bibliografia

Canavate-Ortiz J. i in. 1994. Biofuels. Application of biologically derived products as fuels or additives in combustion engines. European Commission, Directorate-general XII.

Monyem A. i in. 2001. The effect of timing and oxidation on emissions from biodiesel-fuelled engines. Transactions of the ASAE, No. 1, Vol. 44.

Knothe G. 2001. Analytical methods used in the production and fuel quality assessment of biodiesel. Transactions of the ASAE, No. 2, Vol. 44.

Thompson J. C. 1998. Two-year storage study with methyl and ethyl esters of rapeseed. Transactions of the ASAE. No. 4, Vol. 41. 1998.

Wolfensberger U., Stadle E., Schiess I. 1993. Rapsmethylester als Treibstoff fuer Dieselmotoren. FAT-Berichte, Nr. 427.

KINEMATIC VISCOSITY OF BIO-FUEL AND GLYCERINE PHASE

Summary

Viscosity measurements were carried out for rape bio-fuel (RME) and so-called glycerine phase (waste from vegetable oil trans-esterification) in relation to temperature. Obtained results were assessed in the context of using bio-fuel at low ambient temperatures and possible use of glycerine waste for combustion.

Key words: rape bio-fuel (RME), glycerine waste, viscosity