

OKREŚLENIE WŁASNOŚCI REOLOGICZNYCH OLEJU NAPĘDOWEGO ORAZ BIOPALIW UZYSKANYCH Z LNIANKI

Grzegorz Wcisło

Katedra Energetyki i Automatykacji Procesów Rolniczych, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. W pracy zaprezentowano wyniki badań określających wpływ temperatury i szybkości ścinania na lepkość dynamiczną paliw. Badaniom poddano estry metylowe oleju lnianki CSME, olej lnianki oraz handlowy olej napędowy. Najniższą wartością lepkości charakteryzował się olej napędowy. Lepkość dynamiczna 100% estrów CSME w zakresie temperatur od 30 do -20°C zmieniała wartość od 9 do 170 mPas. Natomiast zdecydowanie największą lepkością charakteryzował się olej lnianki, którego wartość w zakresie temperatur od 30 do -20°C zmienia się od ok. 41 do 675 mPas. Przeprowadzone badania pokazały, że na lepkość dynamiczną oprócz temperatury również wpływa wywierana prędkość ścinania.

Słowa kluczowe: biopaliwo, CSME, olej lnianki, lepkość dynamiczna, szybkość ścinania, moment skręcający

Wstęp

Jednym z podstawowych parametrów decydujących o zastosowaniu nowej generacji biopaliw do zasilania silników wysokoprężnych jest spełnienie przez nie parametrów fizykochemicznych. Jednym z ważniejszych jest lepkość dynamiczna. Według polskiej normy PN-EN ISO 3104 lepkość dynamiczna η jest miarą oporu przepływu lub deformacji cieczy. Lepkość decyduje o oporze przepływu paliwa w układzie zasilania. Wpływa na przebieg wtrysku, rozpylanie i zasięg strugi paliwa w komorze spalania silnika. Wpływa na własności smarne, co jest szczególnie ważne, jeżeli zasilane silniki są wyposażone w rotacyjne pompy wtryskowe lub jeszcze ważniejsze w nowoczesne układy pompowtryskiwaczy bądź system *common rail*, ponieważ w tych układach elementy są smarowane olejem napędowym.

Obecnie bardzo dużo uwagi poświęca się poszukiwaniom nowych źródeł pozyskiwania biopaliw. Głównie ze względu na rosnące ceny żywności, ale również po to, aby produkować biopaliwa o lepszych własnościach niż obecnie produkowane, czyli tzw. biopaliwa I generacji. Przyszłość będzie należała do tzw. biopaliw II generacji, czyli paliw syntetycznych uzyskanych z produktów nie spożywczych. Duże nadzieje wiąże się z poszukiwaniem skutecznych technologii otrzymywania biopaliw etanolowych, które będą uzyskiwane z surowców celulozowych i lignocelulozowych. Bardzo intensywnie będą się rozwijać technologie powodujące uzyskanie w wyniku zgazowania biomasy gazu syntetycznego ($\text{CO} + \text{H}_2$), z którego potem w zależności o potrzeb będzie można pozyskiwać biokomponenty benzyn i olejów napędowych [Skreń, Grymek 2007].

Wprowadzenie na dużą skalę biopaliw II generacji to jeszcze kwestia lat, dlatego poszukuje się nowych źródeł surowców dla biopaliw I generacji. W Polsce od kilku lat przedstawia się perspektywy wytwarzania biopaliw z oleju lnianki. Lnianka (*łac. Cameli Sativa.*) jest rośliną z gatunku oleistych. Pod względem botanicznym, pochodzi z klasy roślin dwuliściennych krzyżowych. Z uwagi na to iż lnianka ma niewielkie wymagania co do jakości gleby, może być uprawiana na słabszych glebach. Dlatego szczególnie w rejonach Polski południowej, gdzie występują tego typu gleby, wiąże się z uprawą tej rośliny z przeznaczeniem na biopaliwa duże nadzieje. W obszarach podgórskich i górzystych również pszczelarze są zainteresowani uprawą tej rośliny, ponieważ oprócz plonu oleju mogą pozyskiwać miód o bardzo dobrych właściwościach leczniczych. Jak wynika z badań własnych autora z jednego hektara uprawy lnianki można uzyskać około od 1000 do 2000 kg nasion, z których można pozyskać od około 400 do 700 dm³ oleju.

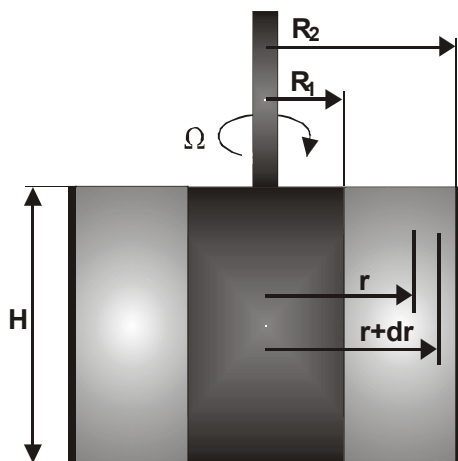
Uważa się, że produkcja biopaliw typu Biodiesel CSEM może być dużą szansą dla rozwoju rolnictwa właśnie w tych rejonach Polski. Biodiesel CSME to estry metylowe oleju lnianki. Brakuje jednak szczegółowych badań dotyczących określenia własności fizykochemicznych CSEM. Jednym z ważnych parametrów decydującym o właściwościach reologicznych paliw, czyli odpowiedzialnych za opory przepływu paliwa w układzie paliwowym i wtryskowym jest lepkość dynamiczna. W literaturze tematu nie ma jednak badań dotyczących określenia lepkości oleju lnianki oraz CSME, dlatego autor tej publikacji podjął taki temat.

Cel i zakres badań

Celem badań było określenie wpływu temperatury i szybkości ścinania na lepkość dynamiczną oraz moment skręcający paliw. Badaniom poddano olej lnianki i CSME (estry metylowe oleju lnianki) oraz dla porównania przejściowy olej napędowy. W trakcie badań wyznaczono zmienność lepkości dynamicznej i momentu skręcającego w zakresie temperatur od -20 do 30°C. W pierwszej części badań szybkość ścinania wrzeczona reometru była stała i przyjmowała wartość 1050 s⁻¹, natomiast w drugiej zmieniała swoją wielkość w zakresie od 0 do 2000 s⁻¹, a stała była temperatura, która wynosiła 25°C.

Metodyka badań

W reometrze zastosowano układ pomiarowy o dwóch cylindrach współosiowych. Na rysunku 1 zaprezentowano schemat ideowy układu pomiarowego z zaznaczeniem wielkości, przy pomocy, których wyprowadzono główne zależności na: moment skręcający, szybkość ścinania oraz lepkość dynamiczną.



Ω – częstość obrotowa wirującego elementu, M – moment skrecający działający na osi wirującego elementu, H – wysokość próbki, r – odległość od osi obrotu, R_1 – promień zewnętrzny wrzeciona reometru, R_2 – promień wewnętrzny tulei cylindra

Rys. 1. Układ pomiarowy o cylindrach współosiowych
Fig. 1. Measuring set with coaxial cylinders

Do wyznaczenia zależności na szybkość ścinania oraz lepkość dynamiczną zakładamy, że wysokość próbki wysokość H , a siła styczna w płynie umiejscowiona jest w odległości r od osi obrotów. Moment skrecający, wywołwany przez siłę styczną dla układu o cylindrach współosiowych zastosowanego w reometrze można opisać zależnością 1. Siły tarcia stycznego przenoszone przez płyn na cylinder wewnętrzny powodują powstawanie wyżej opisanego momentu skrecającego M . Uwzględniając powyższe założenia możemy zapisać wzorem 2 zależność na lepkość dynamiczną:

$$M = \frac{4\pi\eta H\Omega}{\frac{1}{R_1^2} - \frac{1}{R_2^2}} \quad (1)$$

$$\eta = \frac{1}{4\pi H} \left(\frac{1}{R_1^2} - \frac{1}{R_2^2} \right) \frac{M}{\Omega} \quad (2)$$

Uwzględniając częstość obrotową wirującego elementu oraz średnice zewnętrzną elementu wirującego R_1 i średnicę wewnętrzną tulei R_2 wypełnionej badanym paliwem możemy wyprowadzić wzór 3 na siłę ścinającą

$$\dot{\gamma} = \frac{2\Omega}{1 - \frac{R_1^2}{R_2^2}} \quad (3)$$

Charakterystyka stanowiska badawczego

Na rysunku 2 zaprezentowano stanowisko badawcze, na którym głównym urządzeniem jest reometr ReolabQC firmy Anton Paar GmbH. W celu określenia wpływu temperatury na parametry reologiczne stanowisko badawcze; reometr został dodatkowo wyposażone w wannę termostatyczną firmy Grant. Wymieniony reometr jest przyrządem przeznaczonym do wyznaczania parametrów mechanicznych, reologicznych płynów oraz paliw. Wyniki badań poprzez system pomiarowy lepkościomierza były przesyłane do komputera i tam zapisywane oraz obrabiane w programie RHEOPLUS/32 V3.0.



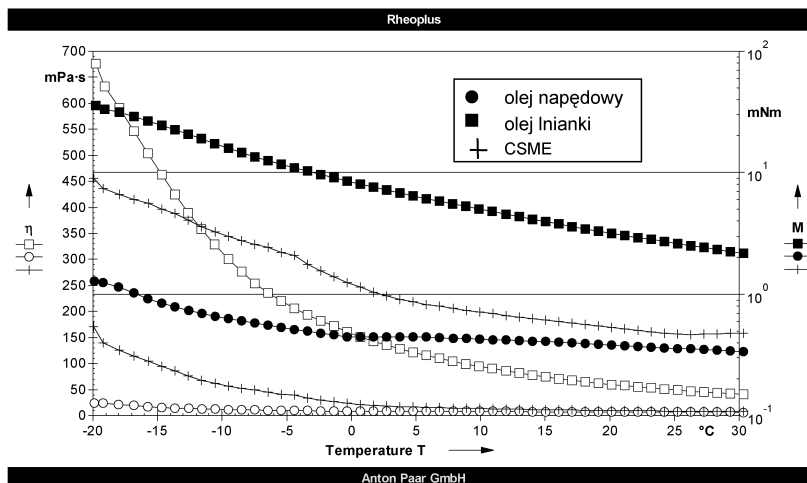
Rys. 2. Stanowisko badawcze wyposażone w reometr oraz wannę termostatyczną
Fig. 2. The researchers post was furnished with a reometer and tub thermostats

Reometr wyposażony jest w wewnętrzną pamięć oraz system generowania programów badań. Urządzenie jest bardzo dokładnym i skomplikowanym przyrządem. Pracą reometru z zewnątrz może zarządzać komputer umożliwiający tworzenie i edytowanie programów pomiarowych, dzięki któremu możliwe jest dowolne i wielokrotne ustawienie parametrów i zapisanie ich bez konieczności kasowania.

Wyniki badań

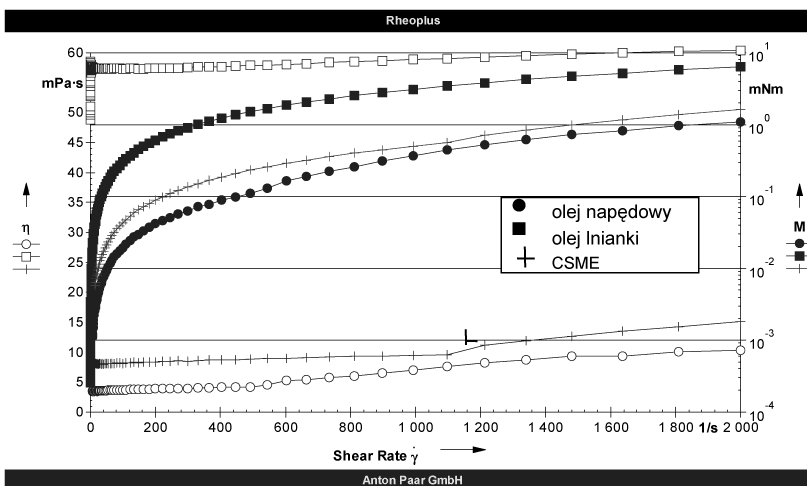
Na rysunku 3 przedstawiono wyniki badań określających wpływ temperatury na lepkość dynamiczną oraz moment skręcający. Badania wykonano przy założeniu stałej wartości szybkości ścinania wynoszącej 1050 s^{-1} . Badania wykonano dla zakresu temperatur od -20 do 30°C . Błąd pomiaru reometru zgodny ze standardem wg DIN 58966 wynosi $0,1\%$, natomiast błąd standardowy wyznaczania wpływu temperatury na lepkość dynamiczną jest mniejszy niż 1% .

Określenie własności...



Rys. 3. Wpływ temperatury na lepkość dynamiczną paliw
 Fig. 3. The temperature effects on the viscosity of dynamic fuels

Na rysunku 4 pokazano jaki wpływ na lepkość dynamiczną wywiera szybkość ścinania. Badania wpływu temperatury na lepkość dynamiczną przeprowadzono przy założeniu zmiennej prędkości ścinania od 1000 do 1500 s^{-1} . Błąd standardowy wyznaczania wpływu szybkości ścinania na lepkość dynamiczną jest mniejszy niż 1% .



Rys. 4. Wpływ szybkości ścinania na lepkość dynamiczną i moment skracający
 Fig. 4. The effect of the speed of coagulation on dynamic viscosity

Omówienie wyników badań

Z rysunku 3 widać, że wraz z obniżaniem temperatury rośnie lepkość dynamiczna badanych paliw. Przy czym zakres zmian jest różny, najmniejszy dla oleju napędowego, następnie dla CSEM, a największy dla oleju lnianki. Lepkość dynamiczna oleju napędowego w temperaturze 30°C wyniosła 7,4 mPas. Wraz z obniżaniem rosta, by w temperaturze -20 °C osiągnąć wartość 25,3 mPas. Podczas gdy lepkość CSME w temperaturze 30°C przyjmowała wartość 9 mPas, natomiast po obniżeniu temperatury do -20°C lepkość wynosiła już 170 mPas. Z powyższego wynika, że lepkość wzrosła dziesięciokrotnie. Jeszcze większe różnice w lepkości dynamicznej uzyskano badając olej lnianki, ponieważ wartość tego parametru zmieniała się od 41 mPas przy 30°C do 675 mPas przy temperaturze -20°C.

Jak należało się spodziewać wielkość zmierzonego momentu skręcającego dla badanych paliw w funkcji temperatury ma podobny charakter do lepkości dynamicznej, tzn. wraz z obniżaniem temperatury jego wartość rośnie. Przy czym zwraca uwagę, że wartości tego parametru w całym zakresie temperatur dla oleju napędowego były niewielkie, ponieważ mniejsze od 1 mNm. Dla CSME wzrosły około dziesięciokrotnie i zawierały się w przedziale od 0,4 do 9 mNm. Natomiast dla oleju lnianki zmierzony moment ścinający przyjmował wartości od 2 do 35 mNm.

Z danych zawartych na rys. 4. wynika, że dla wszystkich badanych paliw występuje zależność, że wraz ze wzrostem prędkości ścinania rośnie lepkość dynamiczna. Przy czym najmniejszy zakres zmian tym razem odnotowano dla oleju lnianki. Wartość lepkości zmieniła się tylko o około 4 mPas. Dla oleju napędowego oraz CSME lepkość dynamiczna wzrosła praktycznie o porównywalną wartość, tj. o około 7 mPas.

Przeprowadzone badania pokazały, że dla różnych paliw występuje taka sama zależność, a mianowicie, że wraz z obniżaniem temperatury rośnie lepkość dynamiczna. Wzrost oporów przepływu paliw został potwierdzony dodatkowo zmierzonym momentem. Z momentu bezpośrednio można obliczyć, o ile wzrosną obciążenia mechaniczne elementów aparatury wtryskowej w przypadku stosowania do zasilania silników mieszanin oleju napędowego z biopaliwami.

Wnioski

Przeprowadzone badania pokazały, że na lepkość dynamiczną biopaliw wpływ wywiera nie tylko temperatura, ale również siły ścinające. Z pośród wymienionych większy wpływ na lepkość wywiera temperatura niż siły ścinające. Niemniej jednak przy wysokich prędkościach ścinania lepkość dynamiczna biopaliw może wzrosnąć nawet o 100%. Dlatego szczególnie rolnicy zasilający silniki pojazdów biopaliwem typu FAME muszą ten fakt wziąć pod uwagę i z większą ostrożnością stosować biopaliwa do zasilania silników nowej generacji.

Bibliografia

- Grymek R.** 2007. Biopaliwa II generacji - polityka i strategia w Europie. Materiały konferencyjne. I Międzynarodowa Konferencja POLBIOF '2007. Perspektywy Biopaliw silnikowych II generacji w Polsce. 2007.
- Skreń I.** 2007. Przegląd ciekłych biopaliw silnikowych II generacji. Materiały konferencyjne. I Międzynarodowa Konferencja POLBIOF '2007. Perspektywy Biopaliw silnikowych II generacji w Polsce. 2007.
- Wcisło G.** 2008. The effect of temperature and shearing rate on dynamic viscosity of RME containing fuels. Combustion Engines. Vol. IV. s. 46-53.
- Polish Standard PN-EN 590:2006. Paliwa do pojazdów samochodowych - Oleje napędowe - Wymagania i metody badań.
- Polska norma PN-EN ISO 3104:2004. Oznaczanie lepkości kinematycznej i obliczanie lepkości dynamicznej paliw i biopaliw.
- Standard DIN 53019 - Układ pomiarowy reometru o cylindrach współosiowych

DETERMINING RHEOLOGICAL PROPERTIES OF DIESEL FUEL AND BIOFUELS OBTAINED FROM FALSE FLAX (*CAMELINA SATIVA*)

Abstract. The paper presents results of research determining the effect of the temperature on dynamic viscosity and torque, and also the influence of shearing rate on dynamic viscosity and torque of fuels. The experiments were conducted on methyl esters of false flax oil CSME, false flax oil and commercial diesel fuel. Dynamic viscosity of 100% of CSME esters within the temperature range from 30 to -20°C changes its value from 9 to 170 [mPas]. Diesel fuel revealed the lowest value of viscosity. On the other hand, oil of false flax was characterized by definitely the highest viscosity, whose values within the temperature range from 30 to -20°C changes from c.a. 40 to 67 [mPas]. The experiments demonstrated that dynamic viscosity is also affected by shearing rate.

Key words: biofuels, CSME, oil camelina sativa, dynamic viscosity

Adres do korespondencji:

Grzegorz Wcisło: e-mail: GrzegorzWcislo@ur.krakow.pl
Katedra Energetyki i Automatykacji Procesów Rolniczych
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 116B
30-149 Kraków