

Krzysztof GÓRSKI, Dominik CZERWONKA, Anita BOCHO-JANISZEWSKA, Tomasz WASILEWSKI,
Rafał LONGWIC

BADANIA WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNYCH MIKROEMULSJI WODNO-PALIWOWEJ

W artykule opisano wyniki badań wybranych właściwości fizykochemicznych mikroemulsji wodno – paliwowych, które można zastosować do zasilania silników o zapłonie samoczynnym. Badania dotyczyły oleju napędowego, do którego wprowadzono odpowiednie surfaktanty oraz wodę w ilości 4 i 8% wagowo (m/m). W celu uzyskania mikroemulsji zastosowano dwa rodzaje niejonowych związków powierzchniowo czynnych tj. alkohol laurylowy oksyetylenowany 3 molami tlenu etylenu (Laureth – 3) oraz alkohol laurylowy oksyetylenowany 7 molami tlenu etylenu (Laureth – 7). Wprowadzenie tych związków chemicznych oraz wody do oleju napędowego pozwoliło uzyskać mikroemulsje paliwowe, które w niniejszej pracy oznaczono kodem L4 i L8. Średnica cząstek fazy rozproszonej w oleju napędowym zawiera się w zakresie 4 – 100nm. Z tego powodu obydwie badane mikroemulsje są transparentne i stabilne termodynamicznie. Ich gęstość jest nieznacznie większa (o ok. 1%) w stosunku do oleju napędowego. Zauważono wyraźny wpływ wody oraz zastosowanych surfaktantów na wzrost lepkości mikroemulsji oraz jej temperatury zapłonu w stosunku do oleju napędowego. Jednocześnie badane mikroemulsje charakteryzowały się mniej korzystnymi właściwościami niskotemperaturowymi, co może utrudnić ich zastosowanie w warunkach zimowych.

WSTĘP

Rosnące wymagania ekologiczne stawiane silnikom spalinywym uzasadniają poszukiwanie paliw, który byłyby bardziej przyjazne środowisku naturalnemu. Dotyczy to szczególnie silników o zapłonie samoczynnym (ZS), które pomimo coraz bardziej skomplikowanej konstrukcji, w dalszym ciągu są źródłem nadmiernej emisji tlenków azotu (NOx), cząstek stałych (PM) oraz sadzy do otoczenia. Rodzaj spalanego paliwa, jego właściwości fizykochemiczne mogą wyraźnie przyczynić się do minimalizacji wspomnianych zagrożeń ekologicznych. W tym aspekcie korzystne jest zastosowanie paliw odnawialnych pochodzenia roślinnego. Sprzyja to ograniczeniu emisji CO2 do atmosfery liczonej w tzw. cyklu życia paliwa (ang. life cycle analysis). Jednak pomimo wielu zalet paliw pochodzenia roślinnego ich użycie w dalszym ciągu nie rozwiązuje w zasadniczy sposób problemu emisji NOx, PM i sadzy z silników o ZS. Z tego powodu rozwijane są m.in. systemy wysokociśnieniowego wtrysku paliwa. Pozwala to poprawić jakość rozpylenia oleju napędowego i jego wymieszania z powietrzem, co ma pozytywny wpływ na wskaźniki ekologiczne silników o ZS. Z tego samego powodu zastosowano w nich system redukcji NOx, który jest znany jako SCR (ang. Selective Catalytic Reduction). Ponadto użycie filtrów DPF (ang. Diesel Particulate Filter) pozwala ograniczyć emisję PM i sadzy do atmosfery. Wymienione technologie przyczyniają się do poprawy jakości powietrza, co jest szczególnie ważne w obszarach miejskich. Jednak wadą tych rozwiązań jest ich złożoność techniczna, wysoka cena oraz zawodność w trudnych, miejskich warunkach eksploatacji. Takie argumenty powodują, że wielu producentów silników o zapłonie samoczynnym zamierza zaprzestać ich stosowania w pojazdach osobowych. Mając na uwadze taką perspektywę warto poszukiwać, doskonalić i wdrażać takie rozwiązania w silnikach o ZS, które byłyby uzasadnione nie tylko ekologicznie ale i ekonomicznie. Wiele publikacji wskazuje, że takim rozwiązaniem może być zastosowanie wody jako składnika

mikroemulsji paliwowej, którą można spalać w silnikach o zapłonie samoczynnym, uzyskując znaczną redukcję emisji NOx oraz PM.

1. ANALIZA LITERATUROWA

Mikroemulsje paliwowe są od wielu lat przedmiotem licznych badań, których wyniki wielokrotnie omawiano w artykułach o charakterze przeglądowym. Dzięki temu usystematyzowano stan wiedzy, który w ogólności podkreśla pozytywny wpływ mikroemulsji wodno -paliwowej na ekologiczne parametry pracy silnika [1]. Wielu badaczy, w oparciu o wykonane doświadczenia formułuje pogląd, że zastosowanie wody w mikroemulsji paliwowej przyczynia się do obniżenia maksymalnego ciśnienia i temperatury w komorze spalania. Dzięki temu wyraźnie spada emisja NOx z silników o zapłonie samoczynnym [2-5]. Uzyskiwane korzyści osiągają wartość nawet 60% w stosunku do silników zasilanych wyłącznie olejem napędowym [6]. Warto przypomnieć, że emisja NOx jest bardzo silnie związana z temperaturą procesu spalania paliwa. Zmniejszenie tej temperatury zawsze sprzyja ograniczeniu emisji NOx z silnika o ZS.

Aktualnie coraz większym problemem ekologicznym jest emisja PM z silników spalinowych. Do niedawna ów problem dotyczył jedynie silników o ZS. Jednak wprowadzenie systemu bezpośredniego wtrysku benzyny do cylindra spowodowało wykrycie emisji PM również z silników o zapłonie iskrowym (ZI). Z tego powodu, od 2017 roku wszystkie nowe silniki GDI (ang. Gasoline Direct Injection) będą musiały spełniać wymagania normy Euro 6c. Wprowadza ona limity emisji nie tylko dopuszczalnej masy cząstek stałych, ale również ich liczby (PN). Oznacza to, że nowoczesne silniki o ZI podobnie jak silniki o ZS będą musiały być wyposażone w filtry cząstek stałych. Mając na uwadze ten problem warto podkreślić, że wiele publikacji potwierdza, że zastosowanie mikroemulsji wodno-paliwowej jest skutecznym sposobem równoczesnego obniżenia emisji PM oraz NOx [7-9]. Towarzyszy temu zazwyczaj znaczące ograniczenie zanieczyszczenia spalin. W tym aspekcie redukcja emisji sadzy może osiągnąć wartość nawet 90% w stosunku do rezultatów

uzyskiwanych dla silnika zasilanego konwencjonalnie [10-13]. Takie wyniki uzyskiwane są dla różnych mikroemulsji, w których zastosowano odmienne kompozycje surfaktantów i stężenia wody. W części publikacji zwrócono uwagę, że pozytywne efekty ekologiczne pracy silnika zasilanego mikroemulsją są zauważalne dopiero po spełnieniu określonych wymagań w zakresie jej właściwości fizykochemicznych. Pozytywne efekty ekologiczne, wynikające ze spalania mikroemulsji są tłumaczone zjawiskiem mikroeksplozji kropelek paliwa wtrysniętego do komory spalania. Zwraca się jednak uwagę, że takie zjawisko może zachodzić jedynie dla ściśle określonych warunków i określonych średnic kropelek paliwa [14].

2. CEL BADAŃ

Celem badań, których wyniki przedstawiono w niniejszym artykule była ocena wybranych właściwości fizykochemicznych mikroemulsji wodno – paliwowej. W szczególności ocenie poddano następujące parametry:

- wielkość cząsteczek fazy rozproszonej,
- gęstość paliwa w temperaturze 15°C,
- lepkość kinematyczna w temperaturze 40°C,
- temperatura zapłonu,
- temperatura krzepnięcia,
- temperatura zablokowania zimnego filtra (CFPP).

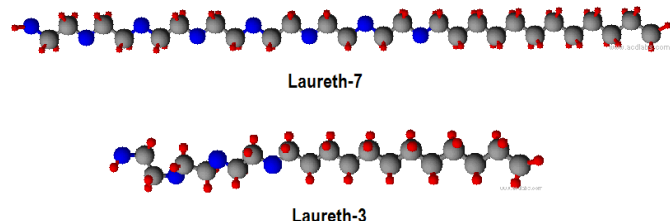
3. METODY I MATERIAŁY BADAWCZE

Badaniom podlegały właściwości fizykochemiczne trzech paliw tj. oleju napędowego oraz dwóch mikroemulsji o oznaczeniach kodowych L4 i L8. Mikroemulsje zostały przygotowane wykorzystując do tego celu olej napędowy, pakiet odpowiednich surfaktantów/ko-surfaktantów oraz wody destylowanej w udziale masowym 4 i 8%, odpowiednio dla paliwa L4 i L8. Skład badanych paliw przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Skład badanych paliw mikroemulsyjnych

Składnik	Ilość składnika, [%, m/m]	
	L4	L8
Olej napędowy (ON)	90	86
Laureth-3		4,2
Laureth-7		1,8
Woda	4	8

W celu przygotowania mikroemulsji L4 i L8 wykorzystano tą samą ilość niejonowych składników powierzchniowo czynnych tj. alkoholu laurylowego oksyetylenowanego 3 molami tlenu etylenu (Laureth-3) oraz alkoholu laurylowego oksyetylenowanego 7 molami tlenu etylenu (Laureth-7). Widok cząsteczek tych dwóch substancji chemicznych pokazano na rysunku 1.



Rys. 1. Widok cząsteczek surfaktantów/ko-surfaktantów wykorzystanych do przygotowania paliwa mikroemulsyjnego: Laureth-7 (surfaktant), Laureth-3 (ko-surfaktant)

Obydwa surfaktanty mają strukturę liniową i są one związkami syntetycznymi wykazującymi zdolność do zmniejszania napięcia międzyfazowego. Efektem tego jest ich działanie detergencyjne,

pianotwórcze, emulgujące i dyspergujące. Z tego powodu są one wykorzystywane m.in. w przemyśle chemii gospodarczej do produkcji środków piorących, preparatów do mycia naczyń itp. W niniejszych badaniach zauważono, że zastosowanie wskazanych surfaktantów sprzyja powstawaniu niewielkiej ilości piany na powierzchni zbiornika paliwowego zawierającego mikroemulsję. Z przeprowadzonych doświadczeń nie wynika jednak, aby miało to negatywny wpływ na pracę silnika. Można raczej przypuszczać, że zastosowane surfaktanty tj. niejonowe substancje powierzchniowo czynne będą miały pozytywny wpływ na ograniczenie zjawiska gromadzenia zanieczyszczeń w układzie paliwowym silnika. Potwierdzenie takiej tezy wymaga jednak realizacji odrębnych badań silnikowych. Pozostałe, wybrane właściwości fizykochemiczne składników badanych paliw przedstawiono w tabeli 2.

Tab. 2. Wybrane właściwości fizykochemiczne składników paliwa

Parametr	Rodzaj paliwa			
	woda	ON	Laureth-3	Laureth-7
Numer CAS	7732-18-5	-	3055-94-5	3055-97-8
Forma	ciecz	ciecz	ciecz	ciecz
Masa cząsteczkowa, [g/mol]	18	120-320	318,5	495
Struktura cząsteczkowa, [-]	H ₂ O	C ₁₃ H ₂₄	C ₁₈ H ₃₈ O ₄	C ₂₆ H ₅₄ O ₈
Gęstość w temp 15°C, [g/cm ³]	0,999	0,834	0,93	0,989
Lepkość w temp. 40°C, [mm ² /s]	0,658	2,6	-	-
Temperatura wrzenia*, [°C]	100	>150	412	554
Temperatura zapłonu*, [°C]	-	>55	202	552
Liczba cetanowa*, [-]	-	51	-	-

* na podstawie bazy danych ChemSpider oraz thegoodscentscompany.com

Zastosowane surfaktanty/ko-surfaktanty mają postać gęstej cieczy. W celu uzyskania mikroemulsji były one dodawane do oleju napędowego i mieszane przez kilka minut w temperaturze 45°C. Po rozpuszczeniu surfaktantów wprowadzano do otrzymanej mieszaniny wodę destylowaną w 10 i 20 porcjach, aż do uzyskania udziału masowego 4 i 8%, odpowiednio dla mikroemulsji L4 i L8.

W tabeli 2 przedstawiono, że gęstość zastosowanych surfaktantów jest wyraźnie większa od oleju napędowego. Z tego powodu można oczekiwać, że gęstość uzyskanych mikroemulsji będzie większa w stosunku do oleju napędowego. Badane surfaktanty charakteryzują się również wyraźnie wyższą temperaturą zapłonu, co powinno podnieść wartość tej temperatury dla testowanych mikroemulsji. Jest to korzystne, gdyż poprawia bezpieczeństwo stosowania paliwa. W przypadku olejów napędowych do silników o zapłonie samoczynnym bardzo ważnym parametrem fizykochemicznym jest liczba cetanowa. Oleje napędowe powinny charakteryzować się wartością tej liczby na poziomie wyższym od 51 jednostek. Dodatek wody będzie jednak obniżał wartość tej liczby. Jednak w tym aspekcie nie jest znany wpływ zastosowanych surfaktantów o znacznej masie cząsteczkowej. Z tego powodu przewidywanie liczby cetanowej badanych mikroemulsji jest wysoce niepewne. W związku z tym wymagane jest przeprowadzenie odpowiednich badań empirycznych polegających na oznaczeniu liczby cetanowej z wykorzystaniem do tego celu np. jednocylindrowego silnika badawczego Waukesha. Paliwo do silników o zapłonie samoczynnym powinno charakteryzować się również odpowiednim zakresem lepkości kinematycznej. Woda charakteryzuje się bardzo niską lepkością, ale nie ma to znaczenia dla lepkości paliwa mikroemulsyjnego. Należy podkreślić, że w mikroemulsji kropelki wody są „izolowane” od oleju napędowego. Wokół tych kropelek tworzy się powłoka adsorpcyjna, która zazwyczaj ma wielowarstwową strukturę. W tych mikroobszarach następuje zwiększenie uporządkowania molekuł surfaktantów i częściowo ON, co w efekcie prowadzi do wzrostu lepkości całego układu. Również doniesienia literaturowe dotyczące tego problemu potwierdzają, że mikroemulsje wodno-

paliwowe są zazwyczaj bardziej lepkie w stosunku do oleju napędowego.

Jak już wspomniano w rozdziale 2, badaniu poddano wybrane właściwości fizykochemiczne mikroemulsji o oznaczeniach kodowych L4 i L8. W tym celu, niezbędne testy wykonano zgodnie z normami, które wskazano w tabeli 3.

Tab. 3. Metody badawcze oznaczania właściwości mikroemulsji

Własność	Metoda badawcza
Gęstość paliwa w temperaturze 15°C	PN-EN 3675
Lepkość kinematyczna w temperaturze 40°C	PN-EN 3104
Temperatura zapłonu	PN-EN 2719
Temperatura krzepnięcia	PN-EN 23015
Temperatura zablokowania zimnego filtra (CFPP)	PN-EN 116

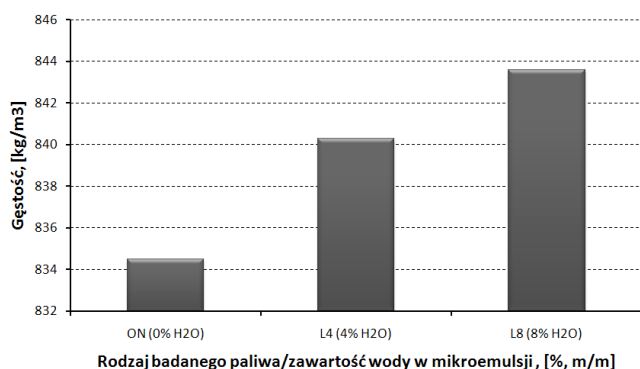
Natomiast w celu oznaczenia wielkości cząstek tworzących mikroemulsję wykorzystano aparat Zetasizer Nano-ZS firmy Malvern. Widok tego urządzenia pokazano na rysunku 2.



Rys. 2. Widok urządzenia Zetasizer Nano-ZS firmy Malvern do oznaczania wielkości cząstek przy pomocy metody opartej na zjawisku dynamicznego rozproszenia światła [http://www.malvern.com]

4. WYNIKI BADAŃ

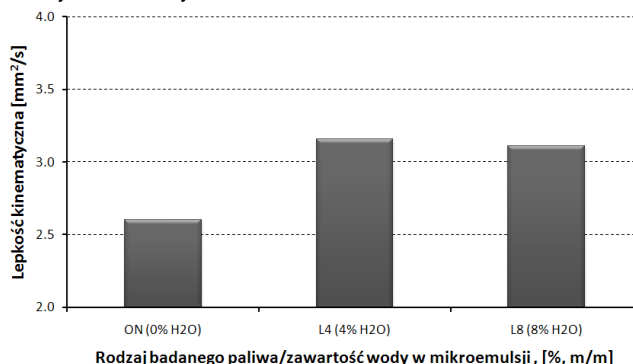
Zgodnie z normą PN – EN 590:2013 gęstość standardowego oleju napędowego powinna zawierać się w zakresie 820 - 845 kg/m³. Jak pokazuje rys. 3, dodatek wody oraz surfaktantów nie powoduje takiej zmiany gęstości badanych mikroemulsji, która wychodziłaby poza zakres określony w normie PN-EN: 590.



Rys. 3. Wpływ rodzaju badanego paliwa/zawartości wody w tym paliwie na jego gęstość

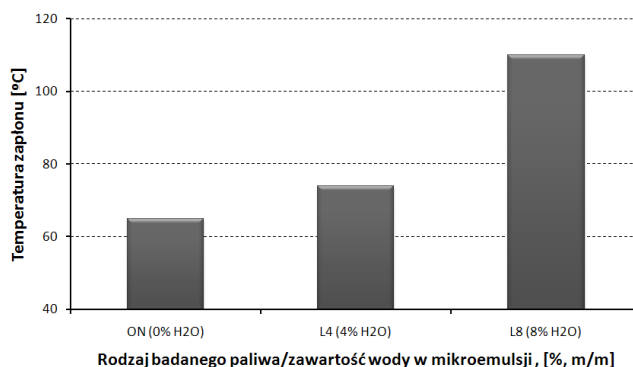
Gęstość mikroemulsji L8 była zaledwie o 1% większa w stosunku do oleju napędowego. Ma to pomijalnie mały wpływ na zmianę masy dawek paliwa dostarczonego do komory spalania przez układ wtryskowy silnika.

Na kolejnym rysunku 4 pokazano wpływ badanych paliw i zawartej w nich wody na zmianę lepkości kinematycznej. W przypadku obydwu badanych mikroemulsji ich lepkość była większa w stosunku do oleju napędowego. Należy zwrócić uwagę, że o lepkości mikroemulsji nie decyduje lepkość wody, która jest o wiele mniejsza w stosunku do oleju napędowego. W takim przypadku lepkość mikroemulsji uzależniona jest przede wszystkim od właściwości surfaktantów/ko-surfaktantów, a w efekcie od struktury fazy objętościowej mikroemulsji.



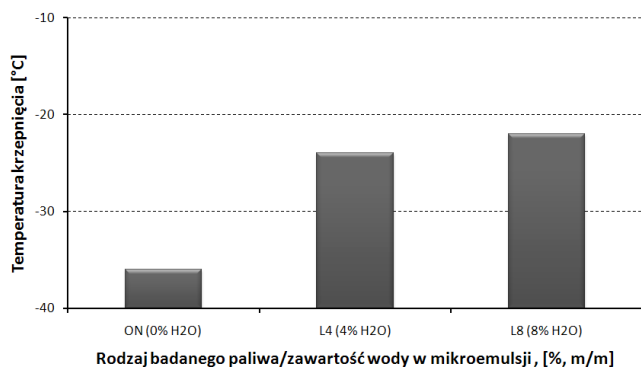
Rys. 4. Wpływ rodzaju badanego paliwa/zawartości wody w tym paliwie na jego lepkość kinematyczną

Na rysunku 5 pokazano wpływ badanych mikroemulsji i zawartej w niej wody na zmianę temperatury zapłonu. Uzyskane wyniki pozwalają uznać, że rosnąca zawartość wody w paliwie powoduje wyraźne zwiększenie wartości temperatury, przy której dochodzi do zapłonu paliwa. Taka cecha mikroemulsji jest szczególnie pozytywna w aspekcie poprawy bezpieczeństwa jej stosowania w pojazdach.



Rys. 5. Wpływ rodzaju badanego paliwa/zawartości wody w tym paliwie na jego temperaturę zapłonu

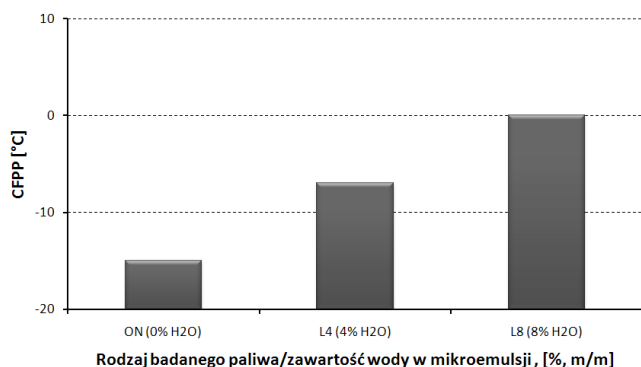
Jednak dodatek wody do badanego paliwa ma negatywny wpływ na możliwość jego wykorzystania w niskich temperaturach. Potwierdzają to pomiary temperatury krzepnięcia (Rys. 6) oraz blokady zimnego filtra (Rys. 7). Badany olej napędowy krzepł w temperaturze -36°C. Jednak dodatek surfaktantów/ko-surfaktantów oraz wody znacząco podwyższył wartość tej temperatury o ok. 13±1°C.



Rys. 6. Wpływ rodzaju badanego paliwa/zawartości wody w tym paliwie na jego temperaturę krzepnięcia

Oceniając rysunek 6 można przypuszczać, że na zmianę temperatury krzepnięcia większy wpływ miał rodzaj zastosowanych surfaktantów, a nie ilość wody rozproszonej w oleju napędowym.

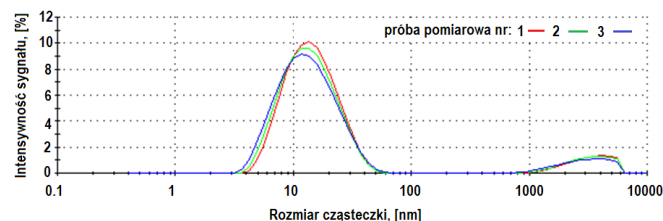
Kontynuując badania właściwości niskotemperaturowych paliwa wykonano pomiary temperatury blokady zimnego filtra (CFPP ang. Cold Filter Plugging Point). Zauważono, że wzrost ilości wody rozproszonej w oleju napędowym ma znaczący wpływ na podwyższenie temperatury CFPP. W przypadku mikroemulsji L4 blokada przepływu wystąpiła w temperaturze odpowiednio -7 °C. Natomiast dodatek 8% (m/m) wody do oleju napędowego spowodował zablokowanie przepływu mikroemulsji L8 przez układ paliwowy w temperaturze 0°C.



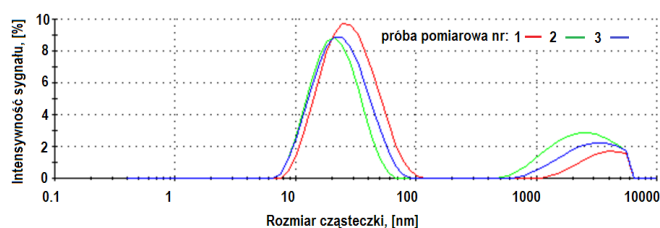
Rys. 7. Wpływ rodzaju badanego paliwa/zawartości wody w tym paliwie na temperaturę blokady zimnego filtra (CFPP)

Można przypuszczać, że w niskich temperaturach przepływ mikroemulsji przez filtr jest ograniczony przez znaczący wzrost jej lepkości. W tym aspekcie wymagane są dodatkowe badania, być może z zastosowaniem innych substancji powierzchniowo czynnych.

Dla testowanych mikroemulsji wykonano również oznaczenia wielkości występujących w nich cząstek. W obydwu badanych mikroemulsjach tj. L4 i L8 wykryto znaczną ilość cząstek o średnicy odpowiednio 4 - 50 (Rys. 8) i 6 - 100 nm (Rys. 9). Potwierdza to, że przygotowane próbki paliwowe mają charakter mikroemulsji.



Rys. 8. Rozkład rozmiaru cząstek w mikroemulsji L4



Rys. 9. Rozkład rozmiaru cząstek w mikroemulsji L8

Ocena rysunków 8 i 9 wskazuje, że badane próbki zawierały również niewielką ilość dużych cząstek o średniej średnicy w zakresie 3 – 6 μm. Można przypuszczać, że są to zanieczyszczenia oleju napędowego.

PODSUMOWANIE

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań dwóch mikroemulsji paliwowych, które przygotowano mieszając olej napędowy z dwoma rodzajami surfaktantów na bazie alkoholu laurylowego oraz wodą destylowaną w ilości 4 i 8% (m/m).

Przeprowadzone badania potwierdziły, że zastosowane składniki pozwalają otrzymać stabilne termodynamicznie, transparentne mikroemulsje o średniej średnicy cząstek w zakresie 4 – 100 nm. Gęstość tych mikroemulsji była porównywalna z gęstością oleju napędowego. Wykazano, że lepkość kinematyczna mikroemulsji jest o ok. 25% większa w stosunku do ON. Pomimo to, oceniany parametr w dalszym ciągu spełnia wymagania stawiane paliwom do silników o zapłonie samoczynnym, określone w PN:EN 590. Zastosowanie wody w paliwie mikroemulsyjnym ma pozytywny wpływ na zwiększenie temperatury jego zapłonu. Poprawia to bezpieczeństwo przechowywania i transportu tego rodzaju paliwa w porównaniu do standardowego oleju napędowego. Zauważono, że przygotowane paliwa mikroemulsyjne charakteryzowały się gorszymi właściwościami niskotemperaturowymi, co może utrudniać ich zastosowanie w warunkach zimowych. Dodatek 6% (m/m) badanych surfaktantów i 8% (m/m) wody do ON spowodował wzrost temperatury blokady zimnego filtra z -15°C do 0°C.

Uzyskane wyniki badań nad właściwościami fizykochemicznymi mikroemulsji L-4 i L-8 zachęcają do kontynuowania prac. W szerszym zakresie powinny one uwzględniać badanie właściwości niskotemperaturowych mikroemulsji. Ponadto należy poddać badaniom mikroemulsje o wyższym stężeniu wody tj. nawet do ok. 30% (m/m).

BIBLIOGRAFIA

1. Yahaya Khan M., Abdul Karim Z., Hagos F. Y., Aziz A. R. A.; Tan I. M.: Current trends in water-in-diesel emulsion as a fuel. *Sci. World J.* 2014, 2014, No. 527472.
2. Lif A, Holmberg K. Water-in-diesel emulsions and related systems. *Advances in Colloid and Interface Science.* 2006;123-126:231–239.
3. Kadota T, Yamasaki H. Recent advances in the combustion of water fuel emulsion. *Progress in Energy and Combustion Science.* 2002;28(5):385–404.
4. Armas O, Ballesteros R, Martos FJ, Agudelo JR. Characterization of light duty diesel engine pollutant emissions using water-emulsified fuel. *FUEL.* 2005;84(7-8):1011–1018.
5. Ghojel J, Honnery D, Al-Khaleefi K. Performance, emissions and heat release characteristics of direct injection diesel engine operating on diesel oil emulsion. *Applied Thermal Engineering.* 2006;26(17-18):2132–2141

6. Haller P., Jankowski A., Kolanek Cz., Walkowiak W.: Research of water - fuel microemulsions as fuel for diesel engine. Journal of KONES Powertrain and Transport, Vol. 19, No. 3 2012
7. Badrana O., S. Emeish, M. Abu-Zaid, T. Abu-Rahma, M. Al-Hasan, and M. Al-Ragheb. 2011, Impact of emulsified water/diesel mixture on engine performance and environment. *Int. J. Thermal Environ. Eng.* 3(1): 1–7
8. Ithnin, A.M., Noge, H., Abdul Kadir, H. and Jazair, W.: An Overview of Utilizing Water-in-diesel Emulsion Fuel in Diesel Engine and Its Potential Research Study. *J. Energy Inst.* 87: 273–288 (2014).
9. Nadeem, M. et al. Diesel engine performance and emission evaluation using emulsified fuels stabilized by conventional and gemini surfactants. *Fuel*, Vol. 85, 2006, pp. 2111-2119.
10. Piaseczny L., Zdrag R.: Influence Of Water-Fuel Emulsion Supply On Smoking Of Ship's Combustion Engine. *Journal of KONES Internal Combustion Engines* 2003, vol. 10, 3-4
11. Armas O., Ballesteros R., Martos F. J., Agudelo J. R.: Characterization of light duty diesel engine pollutant emissions using water-emulsified fuel. *Fuel*, vol. 84, no. 7-8, pp. 1011–1018, 2005.
12. Lin, C.-Y., Wang, K.-H. Diesel engine performance and emission characteristics using three-phase emulsions as fuel. *Fuel*, Vol. 83, 2004, pp. 537-545
13. Dantas Neto A. A., Fernandes M. R., Barros Neto E. L., Castro Dantas T. N., Moura M. C. P. A.: Alternative fuels composed by blends of nonionic surfactant with diesel and water: engine performance and emissions. *Braz. J. Chem. Eng.* vol.28 no.3 São Paulo July/Sept. 2011.
14. Fu W., Gong J., Hou L.: There is no micro-explosion in the diesel engines fueled with emulsified fuel. *Chinese Science Bulletin*, vol. 51, no. 10, pp. 1261–1265, 2006

Research of the selected physicochemical properties of the water in diesel oil microemulsion

Paper presents research results of selected physicochemical properties of water – fuel microemulsion, which can be used as a fuel for a diesel engines. Researches were carried out for a diesel oil blended with selected surfactants and water at 4 and 8 % by weight. Tested microemulsions contained a two kinds of nonionic surfactants, ie., lauryl alcohol ethoxylates with 3 moles of ethylene oxide (Laureth - 3) and a lauryl alcohol ethoxylates with 7 moles of ethylene oxide (Laureth - 7). The addition of these chemicals and water to the diesel oil allows to formulate a fuel microemulsions marked by a code L4 and L8. The particle diameter of the dispersed phase in the diesel oil is in the range of 4 - 100 nm. For this reason, both tested microemulsions are thermodynamically stable and transparent. Their density is slightly greater (approx. 1%) compared to diesel oil. It was observed an impact of water and surfactants on increasing the microemulsions viscosity and the ignition temperature compared to diesel oil. At the same time the low temperature properties of tested microemulsions were less favorable, which may hinder their use in winter conditions.

Autorzy:

dr hab. inż. **Krzysztof Górski** – prof. nadzw. Uniwersytetu Technologiczno – Humanistycznego im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Instytut Eksploatacji Pojazdów i Maszyn, UTH Radom, krzysztof.gorski@uthrad.pl

mgr inż. **Dominik Czerwonka** – Katedra Towaroznawstwa i Nauk o Jakości, Katedra Chemii, UTH Radom, d.czerwonka@uthrad.pl

dr inż. **Anita Bocho – Janiszewska** – Katedra Chemii, UTH Radom, a.janiszewska@uthrad.pl

dr hab. inż. **Tomasz Wasilewski** – prof. nadzw. Uniwersytetu Technologiczno – Humanistycznego im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Katedra Chemii, UTH Radom tomasz.wasilewski@uthrad.pl

dr hab. inż. **Rafał Longwic** – prof. nadzw. Politechniki Lubelskiej, Katedra Pojazdów Samochodowych, r.longwic@pollub.pl