

Wpływ fizycznych parametrów biopaliw na eksploatację silnika z zapłonem samoczynnym

Sebastian Kowalek

Streszczenie

W artykule przedstawiono analizę wpływu parametrów fizycznych biopaliw na eksploatację silnika z zapłonem samoczynnym. Zostały scharakteryzowane i porównane takie parametry fizyczne jak skład frakcyjny, lepkość i gęstość oleju rzepakowego (OR) oraz estru metolowego wyższych kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego (RME). Punktem odniesienia w przeprowadzonej analizie były parametry fizyczne oleju napędowego (ON).

Słowa kluczowe: skład frakcyjny, lepkość, gęstość, biopaliwa.

Wstęp

Przed konstruktorami współczesnych silników spalinowych stawia się coraz to większe oczekiwania, zarówno w aspekcie niezawodności jak i ekologii. Aby powyższe cele mogły być realizowane paliwa zasilające współczesne jednostki napędowe również muszą być ciągle udoskonalane z uwagi na ich kluczową rolę jaką odgrywają w procesach przetwarzania i wtłuszczenia, spalania się w komorze roboczej silnika oraz emisji do atmosfery ich produktów powstałych w wyniku spalania wewnątrz jednostki napędowej. Dlatego wymaga się od nich aby:

- zapewniały prawidłowe tworzenie się mieszanki paliwowo-powietrznej,
- zapewniały prawidłowe i efektywne spalanie,
- nie oddziaływały negatywnie (bezpośrednio lub pośrednio) na środowisko naturalne,
- zachowywały trwałość w procesach magazynowania, dystrybucji oraz w układzie zasilania.

Spełnianie tych zadań jest zdeterminowane przez odpowiednie właściwości fizyczne paliw do których należą [1]:

- skład frakcyjny,
- lepkość,
- gęstość.

1. Skład frakcyjny

Ważnym wskaźnikiem określającym wartość eksploatacyjną jest skład frakcyjny paliw. Na jego podstawie można stwierdzić nie tylko lotność wpływającą na szybkość uruchamiania silnika, ale również jej skłonność do tworzenia korków parowych, które powodują przerwy w jego pracy. Na podstawie składu frakcyjnego można również orientacyjnie stwierdzić, jakie będzie zużycie paliwa lub przewidzieć szybkość zużywania się części jednostki napędowej, zwłaszcza tłoków i gładzi cylindrów [4].

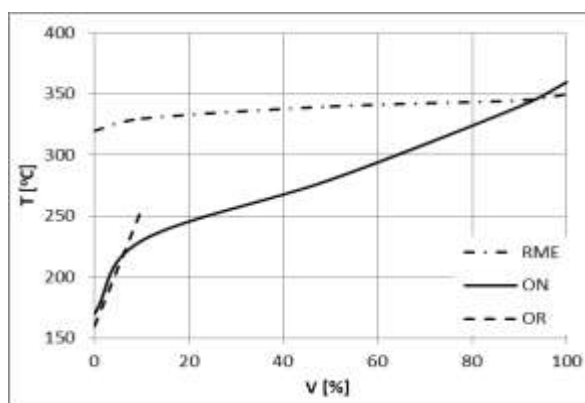
Skład frakcyjny paliwa oznacza się metodą destylacji. Na ogół w procesie tym określa się [1]:

- temperaturę początku destylacji (T_{pd}), która charakteryzuje lotność, a więc zdolność odparowania paliwa i warunki w jakich powstaje niebezpieczeństwo jego zapalenia się,

- temperaturę wrzenia 10% paliwa ($T_{10\%}$), na podstawie której określa się łatwość uruchamiania silnika i skłonność paliwa do tworzenia korków parowych w układzie zasilania,
- temperaturę wrzenia 50% paliwa ($T_{50\%}$), która umożliwia ocenę średniej odparowalności paliwa, wpływającej na szybkość nagrzewania i regularność pracy silnika,
- temperaturę wrzenia 90% paliwa ($T_{90\%}$) oraz temperaturę końca destylacji (T_{kd}), które wskazują na ilość ciężkich, trudno odparowujących frakcji, niekorzystnie wpływających na pracę jednostki napędowej.

Tab. 1. Stopień odparowywania paliw w funkcji temperatury [1,3]

Parametr	Jednostka miary	ON	OR	RME
T_{pd}	°C	170	160	320
$T_{10\%}$	°C	230	256	330
$T_{50\%}$	°C	280	-	340
$T_{90\%}$	°C	340	-	345
T_{kd}	°C	360	256	350



Rys. 1. Krzywe destylacji ON, OR, RME

W tab. 1 zestawiono wartości temperatur ON, OR oraz RME odpowiadające kolejnym etapom ich odparowywania, natomiast rys. 1 przedstawia je w postaci graficznej za pomocą krzywych destylacji. W przypadku omawianych paliw silnikowych najniższą temperaturą początku destylacji cechuje się OR, który ulega krakingowi termicznemu już po oddestylowaniu niewielkiej jego ilości, a zaraz po przekroczeniu 256°C, następuje jego rozkład termiczny. ON i RME charakteryzują się wysoką temperaturą oddestylowanego 90% paliwa, co świadczy o występowaniu ciężkich frakcji, które znacznie trudniej odparowują lub się nie spalają podczas rozruchu silnika. Ponadto zakres temperatury wrzenia RME wynosi jedynie 30°C (gdzie w przypadku ON ok. 190°C). Krzywa destylacji RME jest bardzo płaska i przebiega w górnym zakresie wartości temperatur wrzenia olejów napędowych, a to świadczy o braku w niej frakcji o niskiej temperaturze wrzenia, i wpływa znacznie na utrudnione właściwości rozruchowe w odniesieniu do ON (większa emisja toksycznych spalin spowodowana przedostawaniem się do atmosfery nie spalonych cząstek węglowodorów i cząstek stałych podczas rozruchu silnika).

2. Lepkość

Ogromną rolę w przypadku zarówno swobodnego przepływu paliwa przez filtry, przewody i otwory pomp wtryskowych, jak również na stopień rozpylenia paliwa oraz zasięg jego strumienia ma lepkość. Stanowi ona zatem ważny wskaźnik eksploatacyjny paliw, gdyż charakteryzuje ich płynność w dowolnej temperaturze pomiaru. Większa lepkość wiąże ze sobą większe opory podczas przepływu paliwa przez elementy układu zasilania, co wymusza stratę energii na ich pokonanie, a tym samym spadek mocy silnika. W momencie gdy ten parametr paliwa przekroczy dopuszczalną granicę dla danego silnika spaliniowego, strumień paliwa przerywa się i ustaje zasilanie [5].

Zbyt mała lepkość również nie jest pożądana, gdyż paliwa spełniają równocześnie rolę środka smarnego elementów układu zasilania. Tak więc zbyt mała jej wartość może niedostatecznie smarować te elementy i przyczyniać się do ich szybszego zużywania się. Kolejną wadą zbyt niskiej lepkości jest większa skłonność paliw do przeciekania przez nieszczelności w pompach wtryskowych i wtryskiwaczach, co pogarsza równomierny dopływ paliwa do cylindrów. Kolejną niepożądaną cechą tego zjawiska może być wyciek paliwa przez dysze wtryskiwaczy lub za koksowanie ich wskutek niecałkowitego spalania się paliwa [2].

Lepkość wiąże również się z zasięgiem strumienia paliwa. Zbyt mały zasięg spowoduje, że całe paliwo będzie spalać się w pobliżu wylotów dyszy wtryskiwacza przy udziale niewielkiej ilości powietrza. To z kolei powoduje niepełne spalanie paliwa, a zjawisko to grozi spadkiem mocy silnika oraz obniżeniem jego sprawności. Natomiast zbyt duży zasięg strumienia spowoduje, że paliwo będzie się osadzać na ściankach komory spalania i denka tłoka, gdzie spali się tworząc nagar. Wobec powyższego paliwa o mniejszej lepkości i mniejszym ciężarze właściwym lepiej się rozpylają, lecz posiadają mniejszy zasięg strumienia oraz szybciej odparowują. Jednak wraz ze zwiększaniem się tego parametru uzyskujemy mieszanekę, która wolniej odparowuje ze względu na wyższą temperaturę wrzenia. Stosując paliwa o większej lepkości, należy zwiększyć ciśnienie wtrysku, by uzyskać lepszy stopień rozpylenia [1].

Najwyższą lepkością cechuje się OR, wartość jej przewyższa prawie dziesięciokrotnie najwyższą wartość dla oleju napędowego.

Tab. 2. Lepkość dynamiczna ON, OR oraz RME [1,3].

Parametr	Jednostka miary	ON	OR	RME
Lepkość kinematyczna dla:	40°C	1,5-4,5	30-43	4-6,3
	100°C	0,75	8-8,4	1,8

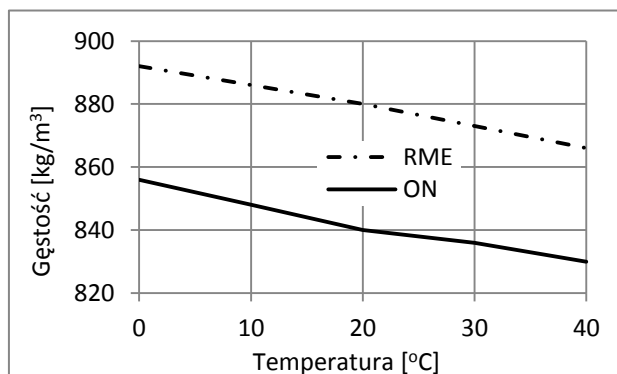
Powoduje to wzrost oporów przepływu paliwa roślinnego w układzie zasilania, niekorzystnie wpływa na napełnianie cylindrów i gorsze rozpylenie paliwa, większe średnice kropeł wydłużanie zasięgu rozpylonej strugi oraz nie spalanie się części paliwa, które może osadzać się na ściankach cylindra i przenikać do oleju smarnego. Występują również zalety tak dużej lepkości, mianowicie następuje wzrost szczelności w układzie zasilania, co zwiększa ilość dawki. Poprawia się również smarność elementów współpracujących. Jednak wraz z obniżaniem temperatury otoczenia lepkość OR będzie gwałtownie rosła, co niekorzystnie wpłynie na pracę silnika oraz emitowanych przez niego spalin. Wartość lepkości RME również przewyższa lepkość ON, jednak w znacznie mniejszym stopniu, nie powodując przy tym tak dużych różnic w procesach przetłaczania i rozpylania paliwa.

3. Gęstość

Decyduje o masie paliwa dozowanej objętościowo do komory spalania, a tym samym o osiągnięciu silnika i zużyciu paliwa. Zmniejszenie gęstości (oraz lepkości) powoduje spadek mocy efektywnej, oraz wzrost (objętościowy) jednostkowego zużycia paliwa. Zmiana gęstości paliwa wpływa również na emisję toksycznych składników spalin. Chcąc uzyskać optymalne charakterystyki silnika i minimalną wielkość emisji, gęstość paliwa powinna zawierać się w wąskim przedziale wartości. Parametr ten ma również istotne znaczenie w procesach magazynowania i dystrybucji [4].

Tab. 2. Gęstość ON, OR oraz RME w temperaturze 15°C [1,3].

Rodzaj paliwa	Gęstość w 15°C [kg/m ³]
ON	820-850
OR	920
RME	860-900



Rys. 2. Gęstość ON i RME w funkcji temperatury [1,3]

Podobnie jak w przypadku lepkości OR charakteryzuje się najwyższą wartością, jednak nie przekracza ona 15% wartości

gęstości ON (gdzie w przypadku lepkości wartość ta była 10-cio krotnie wyższa). Natomiast wartość gęstości RME jest znacznie bliższa wartości ON, można również zauważyć na podstawie rys. 2., że wraz ze wzrostem temperatury ich struktura się upłynnia z podobną prędkością (tracą około 30 kg/m^3 w czasie wzrostu temperatury od $0-40^\circ\text{C}$) co w konsekwencji powoduje obniżenie wartości tego parametru. Paliwa cechujące się wyższą gęstością (OR i RME), dodawane są do ON co powoduje zmniejszenie tego parametru a zarazem zwiększenie ich płynności, co zdecydowanie wpływa na poprawę ich własności dynamicznych i w efekcie pozwala osiągać lepsze parametry pracy silnika przy niezmiennym stopniu obciążania elementów układu zasilania.

Podsumowanie

Przeprowadzona analiza pozwoliła dokładnie przyjrzeć się wadom i zaletom biopaliw w aspekcie parametrów fizycznych w odniesieniu do oleju napędowego, który obecnie dalej znajduje się na pierwszej pozycji w odniesieniu do podstawowego surowca zasilającego współczesne silniki spalinowe z zapłonem samoczynnym. Na podstawie analizy i porównań przedstawionych w artykule można stwierdzić, że biopaliwa stanowią dobre pośrednie źródło zasilania dla silników spalinowych. Ich parametry fizyczne stanowią korzystne wsparcie dla paliw ropopochodnych, których złoża są ograniczone a zapotrzebowanie na nie ciągle wzrasta. Poprzez

łączenie tych dwóch grup paliw otrzymuje się wzajemne korzyści, parametry fizyczne biopaliw ulegają znacznej poprawie natomiast dzięki obecności zwiększonej zawartości cząsteczek tlenu w biopaliwach emisja toksycznych składników spalin w przypadku paliw ropopochodnych ulega znacznemu zmniejszeniu. Obecnie takie paliwa są sprzedawane powszechnie jednak stosunek biopaliw do oleju napędowego wynosi 1:10, dlatego w obliczu zbliżającego się kryzysu energetycznego spowodowanego wyczerpywaniem się naturalnych złóż ropy naftowej, stosunek ten powinien się ciągle zmieniać na korzyść biopaliw.

Bibliografia

1. Baczewski K., Kałdoński T.: *Paliwa do silników o zapłonie samoczynnym*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2004.
2. Czaczyk Z., Czechłowski M., Dereń B., Golimowski W.: *Badanie parametrów fizycznych zużytych tłuszczów naturalnych i ich wpływ na parametry pracy silnika ciągnika rolniczego*. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering Vol 57(2), 2012.
3. Józwiak D., Szlęk A.: *Ocena oleju rzepakowego jako paliwa kotłowego*. Energetyka i Ekologia, 06/2006.
4. Lotko W.: *Zasilanie silników wysokoprężnych mieszankami paliwa rzepakowego z olejem napędowym*. Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2008.
5. Sitnik Lech J.: *Ekopaliwa silnikowe*. Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2004.

Influence of physical parameters of biofuels using Diesel engine

Abstract

Article describes biofuels physical parameters influence analysis using Diesel engine. It was characterized and compared the physical parameters like fractional composition, viscosity and density of rapeseed oil (OR) and rape-seed Oil Methyl Ester (RME). The point of reference carried out analysis were physical parameters of diesel fuel (ON).

Key words: fractional composition, viscosity, density, biofuels.

Autorzy:

Mgr inż. **Sebastian Kowalek** – Zachodniopomorski Technologiczny Uniwersytet w Szczecinie