

Piotr SZCZAWIŃSKI

MODYFIKOWANIE WŁAŚCIWOŚCI NISKOTEMPERATUROWYCH PALIW DO SILNIKÓW O ZAPŁONIE SAMOCZYNNYM

Streszczenie. W pracy omówiono tendencje rozwojowe wymagań stawianych paliwom do silników o zapłonie samoczynnym związane z ochroną środowiska naturalnego oraz metody modyfikowania ich właściwości niskotemperaturowych. Przedstawiono wyniki badań wpływu pięciu depresatorów na właściwości niskotemperaturowe hydrodesulfurowanej bazy oleju napędowego charakteryzowane temperaturami mętnienia, zablokowania zimnego filtra i płynięcia oraz zmianami lepkości dynamicznej i naprężeń ścinających.

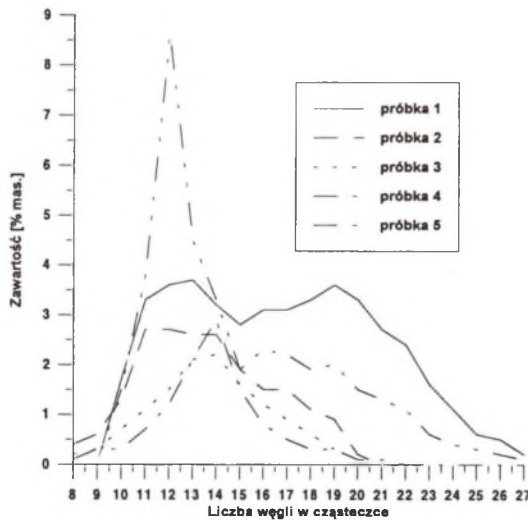
THE MODIFICATION OF LOW-TEMPERATURE PROPERTIES OF DIESEL FUELS

Summary. The evolutional trends of requirements for Diesel fuels connected with the natural environment protection and methods of modification of their low-temperature are discussed in this paper. The results of researches of influence of five depressants on the low-temperature properties of hydrodesulfurized Diesel fuel base are given. The low-temperature properties are characterised by cloud point, cold filter plugging point, pour point and by changing of dynamic viscosity and shear stress.

1. WSTĘP

Coraz powszechniej stosuje się do napędu pojazdów i agregatów silniki o zapłonie samoczynnym (ZS). Jednym z najważniejszych problemów motoryzacji jest dziś ograniczenie poziomu toksyczności spalin. Stan techniczny i wyregulowanie elementów układu zasilania paliwem ma zasadniczy wpływ na ogólną sprawność, moc, trwałość, niezawodność działania, poziom toksyczności spalin oraz ekonomiczność pracy silników o ZS. Ponadto bardzo ważnym czynnikiem determinującym poziom toksyczności spalin są właściwości paliwa — oleju napędowego (ON). Szczególnie istotne wśród nich są zawartość związków siarki i węglowodorów aromatycznych oraz skład strukturalno-grupowy, które wpływają także na właściwości niskotemperaturowe. Z kolei właściwości niskotemperaturowe olejów napędowych determinują niezawodność pracy układów zasilania silników o zapłonie samoczynnym. Dotyczy to przepływu paliwa przez filtry

wstępnego (50...60 μm) i dokładnego (2...5 μm) oczyszczania oraz przewody paliwowe [1]. Naruszenie przepływu przez te urządzenia ogranicza możliwość dostawy paliwa do cylindrów. Właściwości niskotemperaturowe ON określane są metodami laboratoryjnymi przez oznaczenie temperatur: zablokowania zimnego filtra, mętnienia, płynięcia. Niezależnie od wyżej wymienionych metod, coraz częściej stosowane są tzw. stanowiskowe metody oceny niskotemperaturowych właściwości olejów napędowych bazujące na silnikach pełnowymiarowych lub elementach ich układów paliwowych, umieszczonych w komorach chłodniczych. Metody te pozwalają na najbardziej miarodajną ocenę przydatności ON w tym aspekcie, w zastosowaniu do konkretnych silników. Należy pokreślić, że metody laboratoryjne dają często wyniki rozbieżne, szczególnie w przypadku coraz bardziej powszechnego stosowania depresatorów. Z reguły w takich przypadkach dolne temperatury stosowalności olejów napędowych, określone metodami stanowiskowymi, są niższe od wyników uzyskanych metodami laboratoryjnymi [2]. Właściwości niskotemperaturowe olejów napędowych związane są przede wszystkim z rodzajem i ilością zawartych w nich węglowodorów n-parafinowych oraz związków silnie polarnych. W zależności od temperatury końca destylacji i pochodzenia ropy naftowej spotyka się w ON n-parafiny o długościach łańcucha nawet do 30 atomów węgla w cząsteczce [2, 3]. Przykładowy udział n-parafin w olejach napędowych przedstawiono na rys. 1.



Rys.1. Zawartość n-alkanów w próbkach olejów napędowych [3]

Fig.1. N-alkanes content in Diesel fuel samples

Obecność n-parafin korzystnie wpływa na liczbę cetanową olejów napędowych. Niekorzystną ich cechą jest ograniczona rozpuszczalność w mieszaninie węglowodorów w obniżonych temperaturach lub inaczej mówiąc, skłonność do wytrącania się w postaci kryształów blokujących przepływ paliwa przez przegrody filtracyjne. W rezultacie obniżenia temperatury olej napędowy staje się mieszaniną wykrystalizowanych n-parafin i ciekłych węglowodorów. Mieszanina staje się mętna. Dalsze schładzanie powoduje powstanie coraz liczniejszych i większych kryształów n-parafin. Tworzą one przy tym trójwymiarowe struktury, następstwem czego jest krzepnięcie paliwa. Skryształizowane n-parafiny w ilości 1...2% zdolne są do związania płynnej fazy ON [3]. Stwierdzono doświadczalnie, że 3 mm warstwa stałych węglowodorów, osadzona na siatce filtru, unie-

możliwa już całkowicie przepływ paliwa do pompy wtryskowej. W praktyce oznacza to unieruchomienie silnika samochodu po przejechaniu zaledwie kilkudziesięciu kilometrów [2]. Istotny wpływ na właściwości niskotemperaturowe olejów napędowych wykazują również zawarte w nich zanieczyszczenia mechaniczne i woda.

2. METODY MODYFIKOWANIA WŁAŚCIWOŚCI NISKOTEMPERATUROWYCH PALIW DO SILNIKÓW O ZAPŁONIE SAMOCZYNNYM

Modyfikowanie właściwości niskotemperaturowych olejów napędowych prowadzi się przez:

- odparafinowanie z oddzieleniem n-parafin (tym samym obniżenie uzysku paliwa i pogorszenie właściwości samozapłonowych) metodami: krystalizacji bezrozpuszczalnikowej, selektywnych rozpuszczalników, tworzenia kompleksów z mocznikiem lub mocznikiem oraz za pomocą sit cząsteczkowych [8],
- wprowadzenie modyfikatorów procesów krystalizacji węglowodorów, co pozwala przenieść ich negatywne skutki (wzrost lepkości, krzepnięcie) w obszar niższych temperatur (bez strat na uzysku paliwa) [6],
- dodanie nafty lub paliw do silników odrzutowych (obniżenie temperatury zablokowania zimnego filtra o 5...10°C uzyskuje się w efekcie ich wprowadzenia w ilości 20...30%) [5],
- dodanie benzyny (z jednoczesnym pogorszeniem właściwości smarnych i samozapłonowych) [4].

Przy głębokim odparafinowaniu i całkowitym wydzieleniu n-alkanów uzyskuje się znaczne polepszenie właściwości niskotemperaturowych. Olej napędowy nie mętnieje, wartości temperatur zablokowania zimnego filtra i krzepnięcia są zbliżone. Przy wprowadzaniu depresatorów efekty są znacznie skromniejsze, niemniej dla celów praktycznych mają większe znaczenie [5, 6, 7]. Współczesne depresatory do olejów napędowych stanowią najczęściej specjalnie syntezowane związki chemiczne o masie cząsteczkowej 1000...3000. Stosuje się je w ilościach 0,01...0,1% zarówno w warunkach rafineryjnych, jak i (na razie jeszcze w ograniczonym zakresie) bezpośrednio przez użytkowników. Spośród znanej liczby depresatorów do olejów napędowych można wyróżnić następujące grupy związków: kopolimery etylenu z monomerami, dodatki typu poliolefinowego, dodatki polimetakrylanowe, związki typu niepolimerowego.

Efektywność działania depresatorów zależy w istotny sposób od składu chemicznego, budowy i masy cząsteczkowej dodatku, a także od składu chemicznego samych olejów napędowych (szczególnie od zawartości n-parafin) [7]. Cechą szczególną wyróżniającą działanie depresatorów do olejów napędowych jest to, że efektywność ich działania musi wyrażać się nie tylko w obniżeniu temperatury krzepnięcia, lecz także w poprawie ich pompowności i filtrowalności. Ponadto depresatory powinny zapobiegać sedymentacji kryształów n-parafin powstających przy oziębianiu ON. Rozpowszechniony jest pogląd, że efektywne depresatory powinny oddziaływać na przebieg krystalizacji n-parafin wg dwóch mechanizmów:

- współkrystalizacji z n-parafinami zawartymi w olejach napędowych i zmniejszać przez to rozrost kryształów w określonych płaszczyznach (nie mogą wówczas powstawać przestrzenne struktury, dzięki czemu oleje napędowe zachowują płynność w niskich temperaturach),
- zarodkowania procesu krystalizacji n-parafin (depresatory doprowadzają do powstania zarodków krystalizacji wzajemnie ze sobą nie powiązanych, przez co gwałtownie rośnie ilość drobnych kryształów nie powodujących jednak utraty płynności olejów napędowych) [6].

Należy wyraźnie zaznaczyć, że depresatory nie obniżają temperatury mętnienia i nie zmieniają ilości wydzielających się n-parafin, a jedynie przeciwdziałają rozbudowie tworzonych przez nie

struktur przestrzennych. Najłatwiej dostrzegalnym efektem działania depresatorów jest obniżenie temperatury, przy której olej napędowy traci płynność. Z praktycznego punktu widzenia bardziej istotne jest powodowane przez te dodatki rozszerzenie zakresu stosowania paliw w niskich temperaturach. Ten drugi efekt wynika bezpośrednio z rozdrobnienia kryształów n-parafin. Posiadając niewielkie rozmiary, nieznacznie wpływają one na opory przepływu przez przewody doprowadzające paliwo, a równocześnie nie wykazują tendencji do intensywnego osadzania na filtrach i ograniczania tym samym ich przepustowości.

W ostatnich latach na świecie obserwuje się tendencję wprowadzania do produkcji olejów napędowych nowych generacji depresatorów. Zauważono bowiem, że dotychczasowe dodatki (tzw. *Middle Distillate Flow Improver* – MDFI) nie wykazują właściwej skuteczności działania w paliwach, dla których różnica między temperaturą mętnienia i temperaturą zablokowania zimnego filtra jest większa niż 10°C. Ponadto stosowanie dodatków typu MDFI powodowało znaczne dysproporcje w wielkości temperatury mętnienia podczas przechowywania ON w zbiornikach magazynowych. Dodatki nowej generacji tzw. WASA (*Wax Anti Setting Additive*) i WAFI (MDFI + WASA), są mieszaninami amin alifatycznych i kwasów karbonylowych rozpuszczonych w rozpuszczalnikach organicznych. Mechanizm działania depresatorów typu WASA i WAFI polega na wczesnym zahamowaniu wzrostu kryształów n-alkanów wydzielających się z ON przy obniżaniu temperatury, w wyniku czego są one znacznie bardziej rozdrobnione. Kryształy n-alkanów mają rozmiary do 20 µm, w porównaniu do 100 µm osiąganych w przypadku zastosowania dodatków typu MDFI. Mniejsze kryształy n-alkanów są rozprowadzane bardziej równomiernie w całej warstwie paliwa i nie osadzają się na dnach zbiorników. W trakcie przechowywania ON zawierającego depresatory typu WASA, paliwo charakteryzuje się jednakową temperaturą mętnienia w całej warstwie.

3. OBIEKTY I METODY BADAŃ

Przeprowadzono badania wpływu pięciu depresatorów oraz odparafinowania mocznikowego na właściwości niskotemperaturowe hydroodsiarczonej bazy oleju napędowego (o zawartości siarki 0,08% mas.) uzyskanej z MZRiP w Płocku. Parametry procesu odparafinowania mocznikowego oraz jego metodykę przedstawiono w [3]. Właściwości fizyczno-chemiczne hydroodsiarczonego oleju napędowego (HON-u) oraz deparafinatu uzyskanego w wyniku odparafinowania mocznikowego przedstawiono w tabelicy 1. Badano mieszaniny depresatorów z HON-em o stężeniach podanych w tabelicy 2.

Tablica 1

Właściwości fizyczno–chemiczne HON–u i deparafinatu

Lp.	Właściwość	Jm	HON	Deparafinat	Metoda oznaczania
1.	Gęstość w temperaturze 20°C	g/cm ³	0,855	0,864	PN–C–04004:1990
2.	Skład frakcyjny: • temp. początku destylacji • 50% destyluje do temp. • do temp. 350°C destyluje • temp. końca destylacji	°C °C % obj. °C	208 296 90 369	201 293 91 367	PN–C–04012:1981
3.	Lepkość kinematyczna w temp. 20°C	mm ² /s	4,3	nie badano	PN–C–04011:1981
4.	Zawartość siarki	% mas.	0,08	nie badano	PN–C–09091:1983
5.	Temperatura mętnienia	K	274	nie mętnieje (do temp. krzepnięcia — 208 K)	PN–C–04017:1984
6.	Temperatura zabl. zim. filtru	K	274	249	PN–C–04114:1992
7.	Temperatura płynięcia	K	270	216	PN–C–04117:1983
8.	Indeks cetanowy	—	50	46	PN–C–04031:1991
9.	Skład strukturalno–grupowy: • %Cp • %CA • %CN	—	44,84 18,12 37,04	34,81 22,89 42,30	Wg metodyki własnej [3]

Tablica 2

Stężenia depresatorów w badanych mieszaninach

Rodzaj dodatku	Stężenie dodatku w HON [ppm]				
WAMI	100	200	300	500	1000
Keroflux 5486	100	200	300	500	1000
Shell	300	500	1000	1500	2000
Castrol TDA	300	500	1000	1500	2000
Elf	300	500	1000	1500	2000
Rodzaj dodatku	Stężenia mieszanin dodatków w HON [ppm]				
50% WAMI + 50% Keroflux 5486	200	300	500	1000	1000
50% WAMI + 50% SHELL	200	300	500	1000	1000

Wpływ depresatorów oraz odparafinowania mocznikowego na właściwości niskotemperaturowe HON–u oceniano określając: temperaturę płynięcia wg PN–C–04117: 1983, temperaturę zablokowania zimnego filtru wg PN–C–04114: 1992, temperaturę mętnienia wg PN–C–04017: 1984

oraz lepkość dynamiczną i naprężenia ścinające metodą Brookfielda (w zakresie temperatur 230...295 K i prędkości ścinania 3,67...73,4 s⁻¹) wg metodyki i na stanowisku przedstawionym w [2].

4. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

W celu uproszczenia oceny efektywności działania depresatorów na temperatury zablokowania zimnego filtra i płynięcia hydroodsiarczonej bazy oleju napędowego opisano ją parametrem, który nazwano „depresją”. Przyjęto, że „depresja” to ilość stopni Kelwina, o ile zmieni się (obniży) temperatura zablokowania zimnego filtra lub temperatura płynięcia HON-u po wprowadzeniu depresatora w odpowiednim stężeniu.

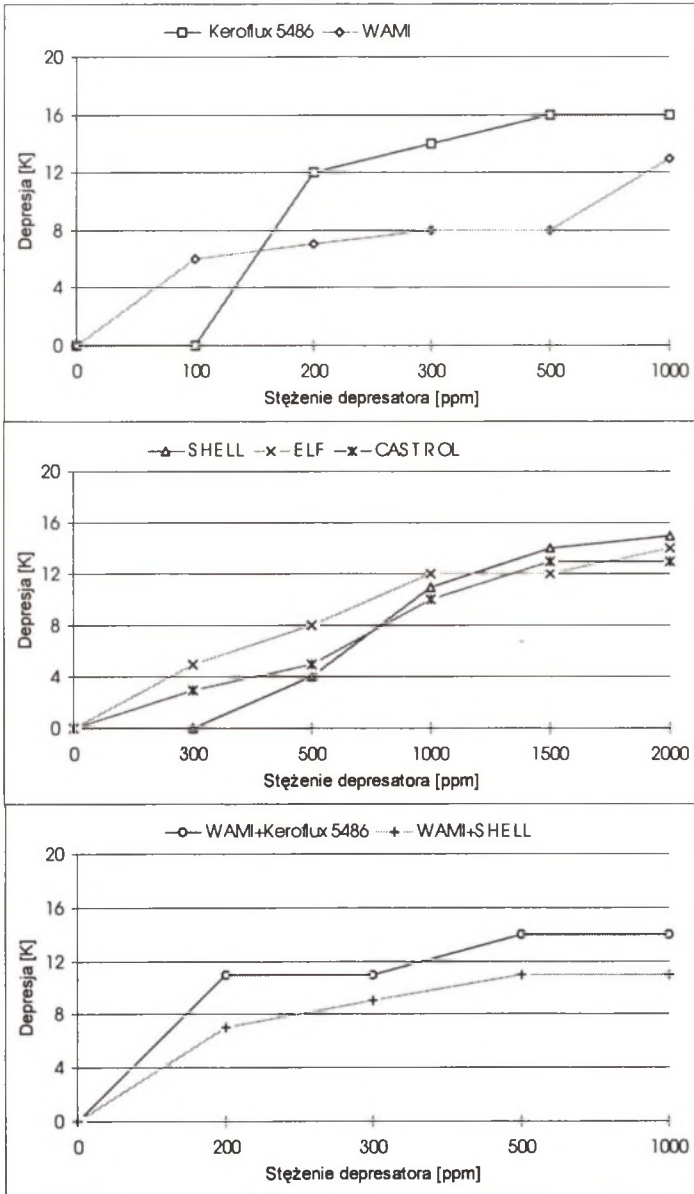
Najlepsze efekty jeśli chodzi o poprawę właściwości niskotemperaturowych HON-u uzyskano w wyniku odparafinowania mocznikowego. Badany deparafinat nie mętniał do temperatury krzepnięcia, która wynosiła 208 K. Deparafinat charakteryzował się temperaturą zablokowania zimnego filtra niższą o 25 K oraz temperaturą płynięcia niższą o 54 K.

Badane depresatory nie spowodowały zmiany temperatury wykrywania n-parafin z hydroodsiarczonej bazy oleju napędowego. Świadczą o tym nie zmienione wartości temperatur mętnienia HON-u z depresatorami i ich mieszaninami. Wpływ badanych dodatków i ich mieszanin na depresję temperatury zablokowania zimnego filtra przedstawiono na rys. 2, natomiast na rys. 3 ich wpływ na depresję temperatury płynięcia. Zastosowanie wszystkich depresatorów do modyfikowania właściwości niskotemperaturowych HON-u pozwoliło na uzyskanie oleju napędowego DP. Paliwo o takich właściwościach niskotemperaturowych można również uzyskać przy zastosowaniu mieszaniny dodatków WAMI i Keroflux 5486. Spośród mieszanin depresatorów na uwagę zasługuje synergizm działania dodatku WAMI i Keroflux 5486. Skuteczność działania tej mieszaniny na depresję temperatury zablokowania zimnego filtra i płynięcia HON-u była większa niż dodatku WAMI. W tablicy 3 przedstawiono ilość depresatorów potrzebną do uzyskania oleju napędowego DP z badanej hydroodsiarczonej bazy ON (podane wartości uzyskano metodą interpolacji).

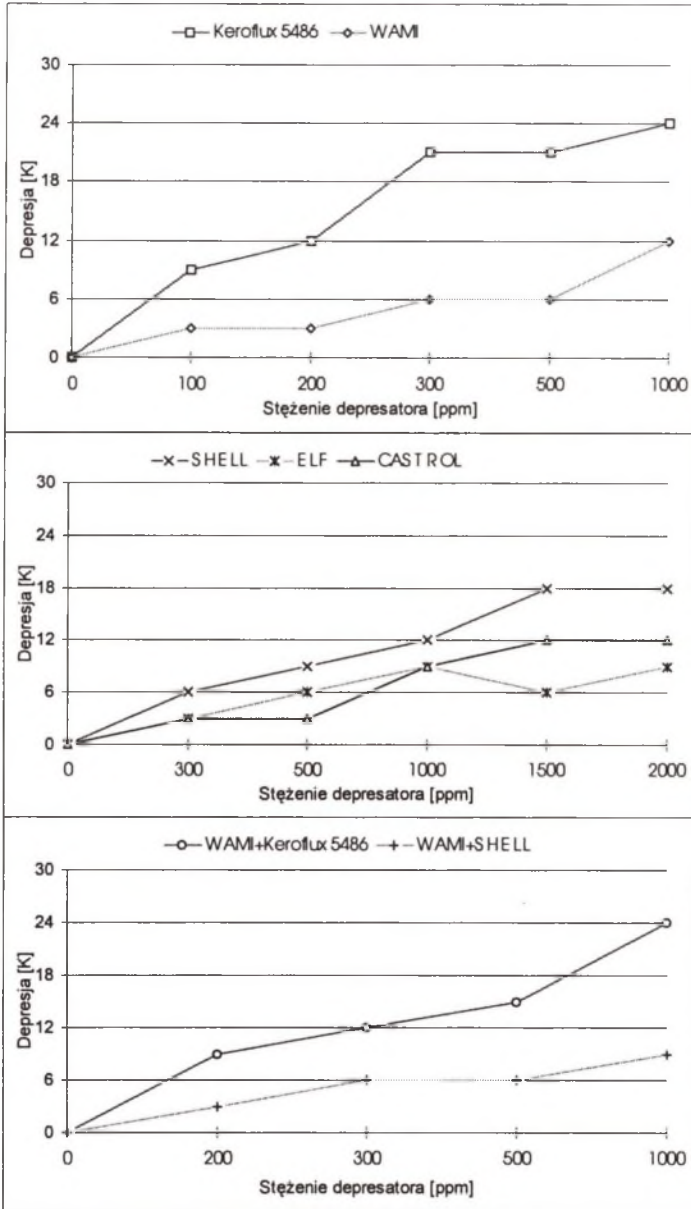
Tablica 3

Ilość depresatora potrzebna do uzyskania oleju napędowego DP

Nazwa depresatora	WAMI	Keroflux 5486	Shell	Castrol TDA	Elf	50% WAMI+50% Keroflux 5486
Stężenie depresatora [ppm]	1000	250	1400	1900	1500	450



Rys.2. Wpływ depresatorów na depresję temperatury zablokowania zimnego filtra HON-u
 Fig.2. Influence of depressants on depression of CFPP of hydrodesulfurized Diesel fuel



Rys.3. Wpływ depresatorów na depresję temperatury płynięci HON-u

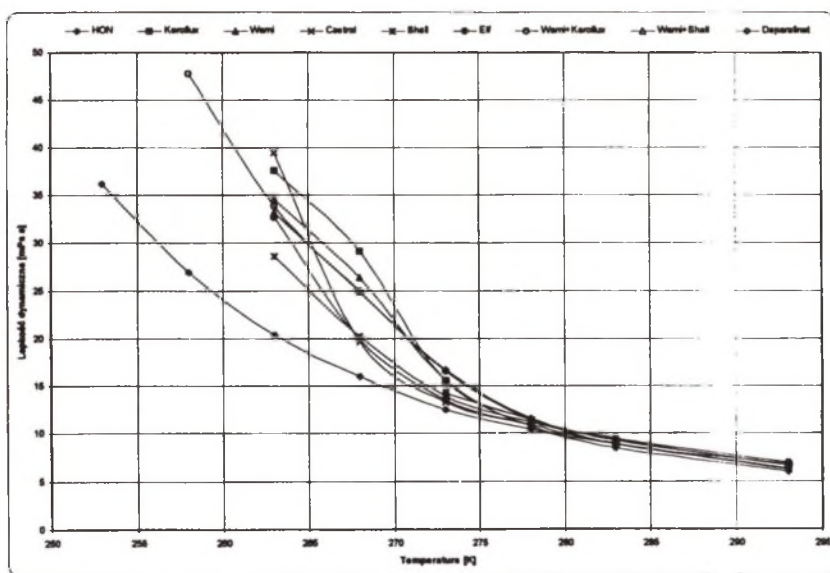
Fig.3. Influence of depressants on depression of pour point of hydrodesulfurized Diesel fuel

Przykładowe wyniki badań właściwości reologicznych (lepkości dynamicznej i naprężeń ścinających) HON-u z depresatorami o stężeniu 1000 ppm oraz deparafinatu w funkcji temperatury dla wybranych prędkości ścinania przedstawiono na rys. 4 i 5.

Istotne zmiany lepkości dynamicznej HON-u oraz jego próbek z depresatorami zaobserwowano dopiero przy temperaturach zbliżonych do ich temperatur mętnienia, czyli około 274 K. Różnice wartości lepkości dynamicznej wzrastały wraz z obniżeniem temperatury. Przykładowo w temperaturze 263 K różnica między wartością lepkości dynamicznej HON-u z dodatkiem ELF oraz mieszaniną dodatków WAMI i Keroflux 5486, dla stężenia 500 ppm i prędkości ścinania $3,67 \text{ s}^{-1}$, wynosiła około 100 mPa·s.

Stwierdzono, że lepkość dynamiczna HON-u z depresatorami wyraźnie zależy od prędkości ścinania, szczególnie poniżej temperatury mętnienia badanych próbek. Zależność ta nasilała się wraz z obniżeniem temperatury. Przykładowo dla HON-u z mieszaniną dodatków WAMI i Keroflux 5486 w stężeniu 1000 ppm, przy temperaturze 258K, wzrost prędkości ścinania z $3,67 \text{ s}^{-1}$ do $14,68 \text{ s}^{-1}$ spowodował obniżenie wartości lepkości dynamicznej ponad dwukrotnie.

Zwiększenie stężenia depresatorów powodowało zmniejszenie wartości lepkości dynamicznej badanych próbek. Wyjątkiem był dodatek Keroflux 5486, dla którego zwiększenie stężenia w zakresie temperatur 273...258 K spowodowało wzrost wartości lepkości dynamicznej. Zmniejszenie jej wartości nastąpiło dopiero w niższej temperaturze.



Rys.4. Lepkość dynamiczna w funkcji temperatury dla HON-u z zawartością 1000 ppm depresatorów oraz deparafinatu przy prędkości ścinania $14,68 \text{ [1/s]}$

Fig.4. Influence of temperature on dynamic viscosity of hydrodesulfurized Diesel fuel samples, containing 1000 ppm depressants, and deparaffinated Diesel fuel at share rate $14,68 \text{ s}^{-1}$

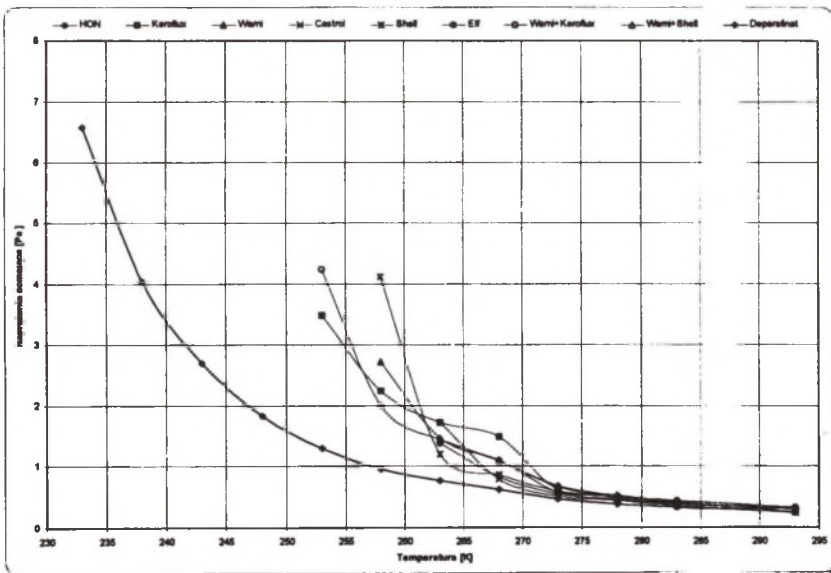
Istotne zmiany naprężeń ścinających HON-u oraz jego próbek z depresatorami zaobserwowano dopiero przy temperaturach zbliżonych do ich temperatur mętnienia, czyli około 274 K. Różnice wartości naprężeń ścinających wzrastały wraz z obniżeniem temperatury. Przykładowo w temperaturze 263 K różnica między wartością naprężeń ścinających HON-u z dodatkiem ELF oraz mie-

szaniną dodatków WAMI i Keroflux 5486, dla stężenia 500 ppm i prędkości ścinania $3,67 \text{ s}^{-1}$, wynosiła około 4 Pa.

Stwierdzono, że naprężenia ścinające HON-u z depresatorami, podobnie jak lepkość dynamiczna, wyraźnie zależą od prędkości ścinania, szczególnie poniżej temperatury mętnienia badanych próbek. Zależność ta nasilała się wraz z obniżeniem temperatury. Przykładowo dla HON-u z mieszaniną dodatków WAMI i Keroflux 5486 o stężeniu 1000 ppm, przy temperaturze 258 K wzrost prędkości ścinania z $3,67 \text{ s}^{-1}$ do $14,68 \text{ s}^{-1}$ spowodował zwiększenie wartości naprężeń ścinających o około 70%.

Zwiększenie stężenia depresatorów spowodowało zmniejszenie wartości naprężeń ścinających badanych próbek. Wyjątkiem jest dodatek Keroflux 5486, dla którego zwiększenie stężenia w zakresie temperatur 273...258 K spowodowało wzrost wartości naprężeń ścinających. Zmniejszenie wartości nastąpiło dopiero w niższej temperaturze.

Przeprowadzone badania lepkości dynamicznej i naprężeń ścinających metodą Brookfielda wg metodyki własnej potwierdziły możliwość wykorzystania tej metody do oceny zachowania się w niskich temperaturach paliw do silników o zapłonie samoczynnym zawierających depresatory. Wyraźne zróżnicowanie widoczne było w temperaturach poniżej temperatur mętnienia.



Rys.5. Naprężenia ścinające w funkcji temperatury dla HON-u z zawartością 1000 ppm depresatorów oraz deparafinatu przy prędkości ścinania $3,67 \text{ [1/s]}$

Fig.5. Influence of temperature on share stress of hydrodesulfurized Diesel fuel samples, containing 1000 ppm depressants, and deparaffinated Diesel fuel at share rate $3,67 \text{ s}^{-1}$

5. WNIOSKI

1. Najlepsze efekty w poprawie właściwości niskotemperaturowych HON-u uzyskano w wyniku odparafinowania mocznikowego.

2. Wszystkie badane depresatory oraz mieszanina dodatków WAMI i Keroflux 5486 pozwalają na uzyskanie z hydrodesiarczzonej bazy oleju napędowego o zawartości siarki 0,08% wag. paliwa do silników o zapłonie samoczynnym o właściwościach niskotemperaturowych oleju DP.
3. Stwierdzono, że wprowadzenie depresatorów jest wygodnym sposobem polepszania właściwości niskotemperaturowych paliw do silników o zapłonie samoczynnym, jednak uzyskiwane efekty były znacznie gorsze niż w wyniku odparafinowania mocznikowego.
4. Przeprowadzone badania lepkości dynamicznej i naprężeń ścinających metodą Brookfielda wg metodyki własnej potwierdzają możliwość wykorzystania tej metody do oceny zachowania się w niskich temperaturach paliw do silników o zapłonie samoczynnym zawierających depresatory.

LITERATURA

1. Baczewski K., Hebda M.: Filtracja płynów eksploatacyjnych. MCNEMT, Radom 1992.
2. Szczawiński P.: Kryteria ocenowe właściwości niskotemperaturowych paliw do silników o zapłonie samoczynnym. Materiały XI Sympozjum Paliw Płynnych i Produktów Smarowych w Gospodarce Morskiej. Jachranka, 1995, s. 85...97.
3. Szczawiński P., Wachal A.: Wpływ obecności parafin na zachowanie się paliw do silników o ZS w niskich temperaturach. Materiały XI Sympozjum Paliw Płynnych i Produktów Smarowych w Gospodarce Morskiej. Jachranka, 1995, s. 99...112.
4. Baczewski K., Biemat K., Machel M.: Leksykon. Samochodowe paliwa, oleje, smary. 1993, Warszawa WKiŁ.
5. Чертков Т. Б.: Моторные топлива. Химиздат, Москва 1987.
6. Фремель Т. В., Зубова М. А., Юнович М. Э., Митусова Т. Н.: О механизме действия депресорных присадок. Химия и технология топлив и масел. 8, 1993, с. 36...38.
7. Фалькович М. Н., Гуреев А. А., Солодовникова В. Т., Балуева А. П.: О влиянии содержания n-алканов в дизельном топливе на эффективность действия депресорных присадок. Химия и технология топлив и масел. 6, 1978, с. 17...19.
8. Kajdas Cz.: Chemia i fizykochemia ropy naftowej. WNT, Warszawa 1979.

Recenzent: Prof.dr hab.inż. Jan Gronowicz

Abstract

The evolutionary trends of requirements for Diesel fuels connected with the natural environment protection and methods of modification of their low-temperature are discussed in this paper. The results of researches of influence of five depressants and carbamide deparaffinating on the low-temperature properties of hydrodesulfurized Diesel fuel base are given. The low-temperature properties are characterised by cloud point, cold filter plugging point, pour point and by changing of dynamic viscosity and share stress within the temperature range 230...295 K and within the share rate range 3,67...73,4 s⁻¹. The best effects of improvement of low-temperature properties

rate range 3,67...73,4 s⁻¹. The best effects of improvement of low-temperature properties were obtained as result of carbamide deparaffinating. All investigated depressants and mixture of WAMI and Keroflux 5486 allow to obtain Diesel fuel, having the some low-temperature properties as Diesel fuel DP, from hydrodesulfurized Diesel fuel base, containing sulfur at 0,08% w./w. level. Adding depressants is a convenient way to improve the low-temperature properties of Diesel fuel but obtained results are much more worse than for samples having removed n-alkans of the results of carbamide deparaffinating.