

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **238203**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **414937**

(22) Data zgłoszenia: **24.11.2015**

(51) Int.Cl.

C10L 1/12 (2006.01)

C10L 1/196 (2006.01)

C10L 10/06 (2006.01)

C10L 10/02 (2006.01)

B82Y 99/00 (2011.01)

(54) **Modyfikator spalania do lekkich olejów opałowych stabilizowany dyspergatorem**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

05.06.2017 BUP 12/17

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

26.07.2021 WUP 17/21

(73) Uprawniony z patentu:

**INSTYTUT NAFTY I GAZU – PAŃSTWOWY
INSTYTUT BADAWCZY, Kraków, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**GRAŻYNA ŻAK, Brzączowice, PL
MICHAŁ WOJTASIK, Kraków, PL
LESZEK ZIEMIAŃSKI, Kraków, PL
CELINA BUJAS, Głogoczków, PL
JAROSŁAW MARKOWSKI, Kraków, PL
JANUSZ JAKÓBIEC, Kraków, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Anna Doskoczyńska-Groyecka

PL 238203 B1

Opis wynalazku

DZIEDZINA TECHNIKI

Przedmiotem wynalazku jest modyfikator spalania do lekkich olejów opałowych stabilizowany dyspergatorem, tworzący stabilne roztwory i/lub zawiesiny w rozpuszczalnikach i paliwach węglowodorowych, poprawiający spalanie cząstek węgla i węglowodorów, którego zastosowanie ogranicza emisję substancji szkodliwych dla środowiska, szczególnie cząstek i nanocząstek stałych.

STAN TECHNIKI

Począwszy od drugiej połowy lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku, na całym świecie wprowadzane są i systematycznie zaostrzane przepisy ograniczające wielkość emisji szkodliwych składników spalin do atmosfery, w tym emisji cząstek stałych (PM – Particulate Matter). Zastosowanie dodatków typu FBC (z ang. Fuel Borne Catalyst – katalizator tworzący się/przenoszony w paliwie) do uszlachetnienia lekkiego oleju opałowego ogranicza ilość toksycznych składników gazów spalinowych.

Mechanizm utleniania organicznych składników spalin z wykorzystaniem katalizatorów typu FBC jest procesem bardzo złożonym i nie do końca poznanym. Według jednej z uznanych hipotez, prawdopodobnie w pierwszym etapie reakcji utleniania nanocząstki tlenku metalu absorbowane są na powierzchni cząstek sadzy. Następnie w temperaturze gazów spalinowych dochodzi do reakcji redox, przy czym sadza utlenia się do tlenku węgla (II), a metal redukuje się do swojego niższego stopnia utleniania. Kolejnym etapem jest reakcja utleniania tlenku węgla (II) do tlenku węgla (IV). Ze względu na niższą stabilność metali na niższych stopniach utleniania, w temperaturze gazów spalinowych następuje szybkie ich utlenienie. Reakcje zachodzące podczas utleniania sadzy są reakcjami egzotermicznymi i przebiegają w układzie heterogenicznym ciało stałe–gaz.

W procesie utleniania sadzy wykorzystywane są przede wszystkim dodatki zawierające związki metali (głównie tlenki), w których metale te mogą występować na wielu stopniach utlenienia. Związki zbudowane z pierwiastków tego rodzaju mają zdolność do tworzenia złożonych układów kompleksowych oraz łatwo ulegają reakcjom redox, co jest szczególnie istotne w przypadku dodatków modyfikujących proces spalania.

W kontekście transformacji *in situ* katalizatorów FBC do katalitycznej fluidalnej formy aktywnej, istotny jest wpływ struktury chemicznej zastosowanego dyspergatora na skuteczność katalizatora FBC w procesie spalania cząstek węgla i węglowodorów.

W opisie patentowym US 4920061 przedstawiono sposób otrzymywania paramagnetycznych związków koloidalnych, zawierających magnetyt ($\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$) lub związki kobaltu, w których zastosowano kwas oleinowy w celu zapobiegania agregacji cząstek i tworzenia się osadów.

W opisach patentowych US 6271269 i US 2009/0156439 został przedstawiony sposób otrzymywania trwałych zoli zawierających koloidalne dyspersje co najmniej jednego związku metalu, na przykład ceru (IV) i/lub żelaza (III), w fazie organicznej, która składa się z ciekłego ośrodka organicznego i kwasu organicznego, którym może być jeden z wymienionych związków: kwasy tłuszczowe oleju talaowego, olej kokosowy, olej sojowy, olej z siemienia lnianego, kwas oleinowy, kwas linolowy, kwas stearynowy, kwas izostearynowy, kwas pelargonowy, kwas kaprynowy, kwas laurynowy, kwas mirystynowy, kwas dodecylobenzenosulfonowy, kwas 2-etyloheksanowy, kwas naftenowy, kwas heksanowy, kwas toluenosulfonowy, kwas toluenofosfonowy, kwas laurylosulfonowy, kwas laurylofosfonowy, kwas palmitylosulfonowy i kwas palmitylofosfonowy.

Również w zgłoszeniach patentowych US 2010/0242342 oraz US 2013/0197107 została opisana metoda otrzymywania nanocząsteczek tlenków ceru lub innych metali stabilizowanych wyższymi kwasami karboksylowymi, takimi jak kwas oleinowy, linolowy, palmitynowy czy stearynowy, wykorzystywanych jako dodatki do paliw węglowodorowych.

Z kolei w zgłoszeniu patentowym US 2006/0000140 został przedstawiony pakiet dodatków do oleju napędowego zawierający stabilizowane kwasami tłuszczowymi, a zwłaszcza kwasem oleinowym, tlenki żelaza, ceru lub ich mieszaninę.

W polskim opisie patentowym PL 198569 została przedstawiona metoda otrzymywania, z wykorzystaniem kwasu izooktadekanowego w rozpuszczalniku węglowodorowym, kompleksowych organorozpuszczalnych soli żelaza trójwartościowego, mających zastosowanie jako modyfikatory procesu spalania paliw węglowodorowych.

W zgłoszeniu patentowym WO/2008/116552 został przedstawiony sposób wytwarzania koloidalnych tlenków żelaza w cieczy nośnej zapewniającej doskonałe właściwości koloidu, będącej mieszaniną

kwasów mono- i polikarboksylowych, zawierających w łańcuchu od 8 do 20 atomów węgla. Opisany sposób ma tę zaletę, że pozwala zachować pożądaną fizyczną postać cząstek tlenku żelaza, a co za tym idzie wszystkie jego właściwości (np. postać krystaliczna lub właściwości magnetyczne).

Podobną metodę otrzymywania koloidalnych tlenków ceru i żelaza przedstawiono w zgłoszeniu patentowym WO/2013/116647. Również w tym przypadku jako stabilizator dyspersji tlenków metali wykorzystano kwasy karboksylowe, takie jak kwas kaprylowy i enantowy.

W zgłoszeniu patentowym US 2010/0300079 ujawniono że dodatek, będący organiczną dyspersją związków żelaza i ceru oraz związków amfifilowych, takich jak kwasy organiczne o liczbie atomów węgla od 15 do 25, obniża temperaturę zapłonu sadzy gromadzącej się na filtrze cząstek stałych w silniku Diesla.

W opisie patentowym US 5562742 zostało przedstawione zastosowanie, jako katalizatorów spalania sadzy, kompleksów metaloorganicznych metali, takich jak Na, K, Mg, Ca, Sr, Ba, V, Cr, Mo, Fe, Co, Zn, B, Pb, Sb, Ti, Mn i Zr oraz mieszanin związków tych metali z zastosowaniem kwasów karboksylowych takich jak: kwas stearynowy, oleinowy, laurynowy, linolowy.

Również w opisie patentowym US 7459484 przedstawiono metodę otrzymywania koloidalnej dyspersji związków żelaza, charakteryzującej się tym, że składa się z fazy organicznej, cząstek związków żelaza w postaci amorficznej i co najmniej jednego związku amfifilowego. Jest ona wytwarzana w procesie, w którym albo sól żelaza w obecności substancji kompleksującej lub kompleks żelaza poddaje się reakcji z zasadą aby uzyskać osad, a następnie wytrącony osad lub zawiesinę zawierającą wymieniony osad doprowadza się do kontaktu z fazą organiczną w obecności związku amfifilowego aż do uzyskania dyspersji w fazie organicznej. Jako związek amfifilowy zastosowano kwasy karboksylowe o liczbie atomów węgla od 10 do 50. Opisana dyspersja może być stosowana jako dodatek do spalania ciekłych paliw węglowodorowych.

W opisie patentowym US 8147568 ujawniono metodę komponowania oleju napędowego zawierającego koloidalny metaliczny katalizator dopalania sadzy. Katalizatorem tym są związki lub kompleksy manganu, sodu, platyny lub żelaza, stabilizowane za pomocą kwasów karboksylowych takich jak: kwas laurynowy, kwas mirystynowy, kwas palmitynowy, kwas oleopalmitynowy, kwas stearynowy, kwas oleinowy, kwas elaidynowy, kwas rycynolowy, kwas linolowy, kwas linolenowy, kwas eikozanowy, kwas gadoleinowy, kwas dokozanowy lub kwas erukowy.

Z opisu polskiego zgłoszenia patentowego P.410190 znany jest stabilizowany modyfikator spalania typu FBC (Fuel Borne Catalyst) o wysokiej skuteczności działania przeznaczony do lekkich olejów opałowych, poprawiający spalanie cząstek węgla i węglowodorów, którego zastosowanie ogranicza emisję substancji szkodliwych dla środowiska, szczególnie cząstek i nanocząstek stałych. Stabilizowany modyfikator spalania według zgłoszenia P.410190 zawiera od 5% (*m/m*) do 60,0% (*m/m*), korzystnie od 25,0% (*m/m*) do 35,0% (*m/m*), całkowicie i nieograniczenie rozpuszczalnych lub dyspergowalnych w lekkim oleju opałowym prekursorów katalizatorów FBC w postaci skompleksowanych, niestechiometrycznych nanotlenków i/lub nanowodorotlenków i/lub nanoooksywodorotlenków żelaza, korzystnie żelaza trójwartościowego, zawierających od 5% (*m/m*) do 30% (*m/m*) żelaza w związku kompleksowym, dyspergator organiczny będący mieszaniną alifatycznych i/lub aromatycznych kwasów mono- i/lub dikarboksylowych o liczbach atomów węgla w cząsteczkach od 4 do 24, korzystnie od 10 do 22, i ewentualnie estrów i/lub semiestrów, będących pochodnymi kwasów mono i/lub dikarboksylowych o ilości atomów węgla w cząsteczkach od 4 do 24, korzystnie od 10 do 22 i alkoholi liniowych lub cyklicznych monohydroksylowych i/lub polihydroksylowych o zawartości atomów węgla w cząsteczkach od 1 do 9, korzystnie od 2 do 5 oraz zawartości grup hydroksylowych w cząsteczkach od 1 do 4, korzystnie od 1 do 2 i/lub amidów i/lub imidów i/lub amidoimidów, będących pochodnymi kwasów mono i/lub dikarboksylowych o liczbach atomów węgla w cząsteczkach od 4 do 24, korzystnie od 10 do 22 i amin lub poliamin alifatycznych o zawartości atomów azotu w cząsteczkach od 1 do 6, korzystnie od 2 do 4 i/lub hydroksyamidów i/lub hydroksyimidów, będących pochodnymi kwasów mono i/lub dikarboksylowych o liczbach atomów węgla w cząsteczkach od 4 do 24, korzystnie od 10 do 22 i aminoalkoholi o zawartości grup hydroksylowych w cząsteczkach od 1 do 4, korzystnie od 1 do 2 oraz zawartości atomów azotu w cząsteczkach od 1 do 6, korzystnie od 2 do 4, w ilości od 1,0% (*m/m*) do 30,0% (*m/m*), korzystnie od 5% (*m/m*) do 20,0% (*m/m*) oraz rozpuszczalnik organiczny, w ilości od 5% (*m/m*) do 80,0% (*m/m*), korzystnie od 10,0% (*m/m*) do 65,0% (*m/m*), będący rozpuszczalnikiem węglowodorowym o temperaturze wrzenia do 220°C w warunkach normalnych lub alkoholem alifatycznym liniowym i/lub rozgałęzionym o ilości atomów węgla w cząsteczkach od 8 do 13 lub eterem lub polieterem lub eteroalkoholem będącym pochodną monoalkoholu i eteru lub polieteru alkilofenolu, lub ich mieszaniną.

Z przedstawionego przeglądu literatury wynika, że stosowane są różnego rodzaju rozwiązania, zapewniające właściwe rozpuszczenie i/lub zdyspergowanie substancji będących prekursorami katalizatorów FBC, tym samym zapobiegające procesom wypadania, rozwarstwiania lub mętnienia tych prekursorów w rozpuszczalnikach i paliwach węglowodorowych.

Celem wynalazku jest uzyskanie modyfikatora spalania typu FBC (Fuel Borne Catalyst) o wysokiej skuteczności działania do lekkich olejów opałowych, który wykazuje ulepszone właściwości katalityczne w stosunku do znanych modyfikatorów oraz lepszą kompatybilność z lekkim olejem opałowym, tworzy stabilne roztwory i/lub zawiesiny w rozpuszczalnikach i paliwach węglowodorowych, poprawia spalanie cząstek węgla i węglowodorów, którego zastosowanie ograniczy emisję substancji szkodliwych dla środowiska, szczególnie cząstek i nanocząstek stałych.

ISTOTA WYNALAZKU

Nieoczekiwanie stwierdzono, że takie pożądane właściwości posiada zgodny z niniejszym wynalazkiem modyfikator spalania typu FBC o wysokiej skuteczności działania do lekkich olejów opałowych, zawierający substancje otrzymane z wykorzystaniem surowców odnawialnych, zapewniające właściwe zdyspergowanie prekursorów katalizatorów FBC w rozpuszczalnikach i paliwach węglowodorowych, poprawiający spalanie cząstek węgla i węglowodorów, ograniczający emisję substancji szkodliwych dla środowiska, szczególnie cząstek i nanocząstek stałych. Modyfikator spalania typu FBC (Fuel Borne Catalyst) o wysokiej skuteczności działania do lekkich olejów opałowych, stabilizowany dyspergatorem otrzymanym z wykorzystaniem surowców odnawialnych, tworzący stabilne roztwory i/lub zawiesiny w rozpuszczalnikach i paliwach węglowodorowych, poprawiający spalanie cząstek węgla i węglowodorów, którego zastosowanie ograniczy emisję substancji szkodliwych dla środowiska, szczególnie cząstek i nanocząstek stałych, według niniejszego wynalazku, zawierający:

- I. całkowicie i nieograniczenie rozpuszczalne lub dyspergowalne w lekkim oleju opałowym prekursorzy katalizatorów Fuel Borne Catalyst w postaci skompleksowanych, niestechiometrycznych nanotlenków i/lub nanowodorotlenków i/lub nanoooksywodorotlenków żelaza trójwartościowego, zawierające od 5% (m/m) do 30% (m/m) żelaza w związku kompleksowym;
- II. dyspergator;
oraz
- III. rozpuszczalnik organiczny, będący rozpuszczalnikiem węglowodorowym o temperaturze wrzenia do 220°C w warunkach normalnych lub alkoholem alifatycznym liniowym i/lub rozgałęzionym o ilości atomów węgla w cząsteczkach od 8 do 13;
charakteryzuje się tym, że zawiera:
 - od 5,0% (m/m) do 60,0% (m/m) składnika określonego powyżej w punkcie I;
 - od 1,0% (m/m) do 30,0% (m/m) składnika określonego powyżej w punkcie II, którym jest dyspergator, otrzymany w reakcji surowców odnawialnych będących długołańcuchowymi związkami nienasyconymi, wyizolowanymi z materiału roślinnego lub zwierzęcego lub z biodegradowalnego odpadu, nieprzetworzonymi lub poddanymi uprzednio oczyszczeniu lub poddanymi modyfikacjom chemicznym, z bezwodnikiem maleinowym, przy zachowaniu takiego stosunku molowego reagentów, że na 1,0 mol surowca odnawialnego stosuje się od 1,0 do 2,0 moli bezwodnika maleinowego, przy czym reakcję prowadzi się bez użycia rozpuszczalnika, w sposób periodyczny, przy ciągłym, intensywnym mieszananiu, w czasie od 3 do 10 godzin, przy zachowaniu temperatury od 160°C do 240°C, a jako długołańcuchowe związki nienasycone stosuje się kwas 10-undecenowy lub kwas (Z)-9-heksadekaenowy lub kwas (Z)-9-oktadekaenowy lub kwas (E)-9-oktadekaenowy lub kwas (Z)-6-oktadekaenowy lub kwas (E)-11-oktadekaenowy lub kwas 3,7-dimetylo-6-oktadekaenowy lub kwas 11-(3-cyklopentyl)-undecenowy lub kwas 11-(3-cyklopentyl)-undecenowy lub kwas 13-(3-cyklopentyl)-tridecenowy lub kwas (Z)-13-dokozenowy lub kwas (Z)-15-tetrakozenowy lub kwas (Z,Z)-9,12-oktadekadienowy lub kwas (Z,Z)-9,12-oktadekadienowy lub kwas (Z,Z,Z)-9,12,15-oktadekatrienowy lub kwas (Z,Z,Z)-6,9,12-oktadekatrienowy lub kwas (E,E,E)-9,12,15-oktadekatrienowy lub kwas (E,E,E)-9,11,13-oktadekatrienowy lub kwas (R)-12-hydroksy-(Z)-9-oktadekenowy lub ich dimery lub ich trimery lub ich glicerydy lub ich pochodne estrowe lub ich pochodne amidowe, które to pochodne estrowe lub amidowe otrzymuje się w reakcji z monoalkoholami

pierwszorzędowymi o ilości atomów węgla w cząsteczce od 1 do 8 lub z pierwszorzędowymi aminami o ilości atomów węgla w cząsteczce od 1 do 6 i ilości atomów azotu w cząsteczce od 1 do 2; oraz

- od 5,0% (*m/m*) do 80,0% (*m/m*) składnika określonego powyżej w punkcie III.

Modyfikator spalania do lekkich olejów opałowych stabilizowany dyspergatorem zawiera korzystnie :

- od 25,0% (*m/m*) do 35,0% (*m/m*) składnika określonego w istocie wynalazku w punkcie I;
- od 5,0% (*m/m*) do 20,0% (*m/m*) składnika określonego w istocie wynalazku w punkcie II; oraz
- od 10,0% (*m/m*) do 65,0% (*m/m*) składnika określonego w istocie wynalazku w punkcie III.

Według korzystnej wersji wynalazku modyfikator spalania do lekkich olejów opałowych stabilizowany dyspergatorem charakteryzuje się tym, że zawarty w nim składnik określony w istocie wynalazku w punkcie II, którym jest dyspergator, jest otrzymany w reakcji surowców odnawialnych z bezwodnikiem maleinowym, prowadzonej przy zachowaniu takiego stosunku molowego reagentów, że na 1,0 mol surowca odnawialnego stosuje się od 1,0 do 1,2 moli bezwodnika maleinowego, w czasie od 4 do 6 godzin, przy zachowaniu temperatury od 190°C do 225°C.

Procentową zawartość żelaza, korzystnie trójwartościowego, w postaci związków kompleksowych zawartych w prekursorach FBC, podano w przeliczeniu na całkowitą masę modyfikatora spalania.

Dla potrzeb niniejszego wynalazku jako rozpuszczalnik organiczny, będący rozpuszczalnikiem węglowodorowym mogą być stosowane mieszaniny parafin i naftenów, zawierające głównie od 11 do 12 atomów węgla w cząsteczce oraz śladowe ilości węglowodorów aromatycznych, nie zawierające policyklicznych związków aromatycznych, ciężkich metali oraz chlorowanych węglowodorów.

Dla potrzeb niniejszego wynalazku jako eter, polieter lub eteroalkohol taki jak oksyetylenowany monoalkohol lub polioksyetylenowany alkilofenol mogą mieć zastosowanie związki o ilości atomów węgla w cząsteczce od 2 do 18 i ilości grup eterowych od 1 do 6 i nie więcej niż jednym pierścieniu aromatycznym i jednej grupie hydroksylowej w cząsteczce.

Okazało się w trakcie badań, że zastosowany w powyższej formułacji dyspergator otrzymany z wykorzystaniem surowców odnawialnych, wchodzący w skład modyfikatora spalania typu FBC (Fuel Borne Catalyst) o wysokiej skuteczności działania do lekkich olejów opałowych, charakteryzuje się, w obecności co-katalizatorów zawierających związki metali z grup od 1 do 12 układu okresowego pierwiastków, wyższą stabilnością w stosunku do innych znanych dodatków FBC.

Niniejszy wynalazek zilustrowano przykładami wykonania od 1 do 24, objaśniającymi sposób wytwarzania modyfikatora spalania do lekkich olejów opałowych stabilizowanego dyspergatorem oraz ocenę wybranych właściwości użytkowych tak otrzymanych produktów w próbach testowych. Przykładów tych nie można traktować jako ograniczenie istoty wynalazku, ponieważ mają one jedynie ilustracyjny charakter.

PRZYKŁADY

Przykład 1

Do reaktora zaopatrzonego w chłodnicę zwrotną, chłodzoną wodą o temperaturze 65°C, wprowadzono 103,2 g osuszonego i roztartego w moździerzu bezwodnika maleinowego o czystości 95% oraz 184 g kwasu 10-undecenowego. Mieszaninę podgrzano do temperatury 220°C i taką temperaturę utrzymywano przez 5 godzin. Otrzymany surowy produkt przedestylowano w temperaturze 180°C pod zmniejszonym ciśnieniem 15 mm Hg. Otrzymany produkt przefiltrowano. Na widmie IR czystego produktu widać charakterystyczne pasma przy długości fali równej 1860 cm⁻¹ oraz 1740cm⁻¹ pochodzące od charakterystycznych drgań deformujących pięciocłonowego nasyconego pierścienia bezwodnika.

Przykład 2

Do reaktora zaopatrzonego w chłodnicę zwrotną, chłodzoną wodą o temperaturze 65°C wprowadzono 103,2 g osuszonego i roztartego w moździerzu bezwodnika maleinowego o czystości 95% oraz 296,5 g mieszaniny estrów metylowych kwasów monokarboksylowych o różnej długości łańcucha (od C₁₆ do C₂₄) otrzymanego w procesie transestryfikacji tłuszczu otrzymanego z rafinacji nasion rzepaku. Mieszaninę podgrzano do temperatury 200°C i taką temperaturę utrzymywano przez 5 godzin. Otrzymany surowy produkt przedestylowano w temperaturze 180°C pod zmniejszonym ciśnieniem 15 mm Hg. Otrzymany produkt przefiltrowano. Na widmie IR czystego produktu widać charakterystyczne pasma przy długości fali równej 1860 cm⁻¹ oraz 1740 cm⁻¹ pochodzące od charakterystycznych drgań deformujących pięciocłonowego nasyconego pierścienia bezwodnika.

Przykład 3

Do reaktora zaopatrzonego w chłodnicę zwrotną, mieszadło kotwicowe, układ grzewczy oraz wkraplacz wprowadzono 30 g uwodnionego siarczanu VI żelaza II oraz 45 g uwodnionego siarczanu VI żelaza III, 150 ml wody. Zawartość mieszano w temperaturze pokojowej, aż do całkowitego rozpuszczenia soli. Następnie mieszając podgrzano zawartość reaktora do temperatury 60°C i po ustaleniu temperatury wkroplono 15% r-r amoniaku, aż do osiągnięcia pH równego 7,5.

Do powstałej zawiesiny dodano mieszaninę składającą się z 15,0 g produktu z przykładu 1, 105,0 g toluenu oraz 90,0 g alifatycznej frakcji naftowej o zakresie wrzenia 180–210°C. Zawartość mieszaniny reakcyjnej przy ciągłym mieszaniu podgrzano do temperatury 70°C i utrzymywano tę temperaturę przez 5 godzin.

Po tym czasie otrzymaną mieszaninę przeniesiono do rozdzielacza i oddzielono warstwę wodną od warstwy organicznej zawierającej mieszaninę związków żelaza II i III wartościowego. Surową organiczną frakcję wprowadzono do reaktora zaopatrzonego w chłodnicę zwrotną mieszadło kotwicowe, układ grzewczy oraz wkraplacz. Frakcję podgrzano do temperatury 60°C, a następnie przy intensywnym mieszaniu wkroplono 200,0 g roztworu nadtlenu wodoru o stężeniu 3,0%. Po zakończeniu wkraplania zawartość reaktora utrzymywano w temperaturze 70°C i mieszano przez 1 godzinę. Następnie wprowadzono ją do rozdzielacza i oddzielono wodę od warstwy organicznej. Z frakcji organicznej oddestyloowano azeotropowo wodę i odfiltrowano osad. W otrzymanym produkcie oznaczono zawartość żelaza metodą ICP AES. Wyniki zamieszczono w tablicy 1.

T a b l i c a 1. Zawartość żelaza, potasu i magnezu w otrzymanych produktach.

Badany produkt	Zawartość żelaza, % m/m	Zawartość potasu, % m/m	Zawartość magnezu, % m/m
Produkt z przykładu 3	12,7	-	-
Produkt z przykładu 4	11,8	-	-
Produkt z przykładu 5	11,9	-	-
Produkt z przykładu 6	12,3	4,0	-
Produkt z przykładu 7	11,4	-	3,8
Produkt z przykładu 8	12,0	3,6	-
Produkt z przykładu 9	12,5	-	4,4
Produkt z przykładu 10	12,2	4,2	-
Produkt z przykładu 11	11,7	-	4,3

Przykład 4

Do reaktora zaopatrzonego w chłodnicę zwrotną, mieszadło kotwicowe, układ grzewczy oraz wkraplacz wprowadzono 30 g uwodnionego siarczanu VI żelaza II oraz 45 g uwodnionego siarczanu VI żelaza III, 150 ml wody. Zawartość mieszano w temperaturze pokojowej, aż do całkowitego rozpuszczenia soli. Następnie mieszając podgrzano zawartość reaktora do temperatury 60°C i po ustaleniu temperatury wkroplono 15% r-r amoniaku, aż do osiągnięcia pH równego 7,5. Do powstałej zawiesiny

dodano mieszaninę składającą się z 19,4 g produktu z przykładu 2, 105,0 g toluenu oraz 90,0 g alifatycznej frakcji naftowej o zakresie wrzenia 180–210°C. Zawartość mieszaniny reakcyjnej przy ciągłym mieszaniu podgrzano do temperatury 70°C i utrzymywano tę temperaturę przez 5 godzin. Po tym czasie otrzymaną mieszaninę przeniesiono do rozdzielacza i oddzielono warstwę wodną od warstwy organicznej zawierającej mieszaninę związków żelaza II i III wartościowego. Surową organiczną frakcję wprowadzono do reaktora zaopatrzonego w chłodnicę zwrotną, mieszadło kotwicowe, układ grzewczy oraz wkraplacz. Frakcję podgrzano do temperatury 60°C, a następnie przy intensywnym mieszaniu wkroplono 200,0 g roztworu nadtlenu wodoru o stężeniu 3,0%. Po zakończeniu wkraplania zawartość reaktora utrzymywano w temperaturze 70°C i mieszano przez 1 godzinę. Następnie wprowadzono ją do rozdzielacza i oddzielono wodę od warstwy organicznej. Z frakcji organicznej oddestylowano azeotropowo wodę i odfiltrowano osad. W otrzymanym produkcie oznaczono zawartość żelaza metodą ICP AES. Wyniki zamieszczono w tablicy 1.

Przykład 5

Wytworzono modyfikator spalania wg sposobu opisanego w zgłoszeniu patentowym P.410190 dla celów porównawczych. Do reaktora zaopatrzonego w chłodnicę zwrotną, mieszadło kotwicowe, układ grzewczy oraz wkraplacz wprowadzono 30 g uwodnionego siarczanu VI żelaza II oraz 45 g uwodnionego siarczanu VI żelaza III, 150 ml wody. Zawartość mieszaną w temperaturze pokojowej, aż do całkowitego rozpuszczenia soli. Następnie mieszając podgrzano zawartość reaktora do temperatury 60°C i po ustaleniu temperatury wkroplono 15% r-r amoniaku, aż do osiągnięcia pH równego 7,5. Do powstałej zawiesiny dodano mieszaninę składającą się z 8,0 g oleiny i 8 g kwasu 10-undecenowego, 105,0 g toluenu oraz 90,0 g alifatycznej frakcji naftowej o zakresie wrzenia 180–210°C. Zawartość mieszaniny reakcyjnej przy ciągłym mieszaniu podgrzano do temperatury 70°C i utrzymywano tę temperaturę przez 5 godzin. Po tym czasie otrzymaną mieszaninę przeniesiono do rozdzielacza i oddzielono warstwę wodną od warstwy organicznej zawierającej mieszaninę związków żelaza II i III wartościowego. Surową organiczną frakcję wprowadzono do reaktora zaopatrzonego w chłodnicę zwrotną, mieszadło kotwicowe, układ grzewczy oraz wkraplacz. Frakcję podgrzano do temperatury 60°C, a następnie przy intensywnym mieszaniu wkroplono 200,0 g roztworu nadtlenu wodoru o stężeniu 3,0%. Po zakończeniu wkraplania zawartość reaktora utrzymywano w temperaturze 70°C i mieszano przez 1 godzinę. Następnie wprowadzono ją do rozdzielacza i oddzielono wodę od warstwy organicznej. Z frakcji organicznej oddestylowano azeotropowo wodę i odfiltrowano osad. W otrzymanym produkcie oznaczono zawartość żelaza metodą ICP AES. Wyniki zamieszczono w tablicy 1.

Przykład 6

Do reaktora zaopatrzonego w chłodnicę zwrotną, mieszadło kotwicowe, układ grzewczy oraz wkraplacz wprowadzono 30 g uwodnionego siarczanu VI żelaza II oraz 45 g uwodnionego siarczanu VI żelaza III, 150 ml wody. Zawartość mieszaną w temperaturze pokojowej, aż do całkowitego rozpuszczenia soli. Następnie mieszając podgrzano zawartość reaktora do temperatury 60°C i po ustaleniu temperatury wkroplono 15% r-r amoniaku, aż do osiągnięcia pH równego 7,5. Do powstałej zawiesiny dodano mieszaninę składającą się z 15,0 g produktu z przykładu 1, 25,0 g oleinianu potasu oraz 105,0 g toluenu oraz 90,0 g alifatycznej frakcji naftowej o zakresie wrzenia 180–210°C. Zawartość mieszaniny reakcyjnej przy ciągłym mieszaniu podgrzano do temperatury 70°C i utrzymywano tę temperaturę przez 5 godzin. Po tym czasie otrzymaną mieszaninę przeniesiono do rozdzielacza i oddzielono warstwę wodną od warstwy organicznej zawierającej mieszaninę związków żelaza II i III wartościowego. Surową organiczną frakcję wprowadzono do reaktora zaopatrzonego w chłodnicę zwrotną, mieszadło kotwicowe, układ grzewczy oraz wkraplacz. Frakcję podgrzano do temperatury 60°C, a następnie przy intensywnym mieszaniu wkroplono 200,0 g roztworu nadtlenu wodoru o stężeniu 3,0%. Po zakończeniu wkraplania zawartość reaktora utrzymywano w temperaturze 70°C i mieszano przez 1 godzinę. Następnie wprowadzono ją do rozdzielacza i oddzielono wodę od warstwy organicznej. Z frakcji organicznej oddestylowano azeotropowo wodę i odfiltrowano osad. W otrzymanym produkcie oznaczono zawartość żelaza oraz potasu metodą ICP AES. Wyniki zamieszczono w tablicy 1.

Przykład 7

Do reaktora zaopatrzonego w chłodnicę zwrotną, mieszadło kotwicowe, układ grzewczy oraz wkraplacz wprowadzono 30 g uwodnionego siarczanu VI żelaza II oraz 45 g uwodnionego siarczanu VI żelaza III, 150 ml wody. Zawartość mieszaną w temperaturze pokojowej, aż do całkowitego rozpuszczenia soli. Następnie mieszając podgrzano zawartość reaktora do temperatury 60°C i po ustaleniu temperatury wkroplono 15% r-r amoniaku, aż do osiągnięcia pH równego 7,5. Do powstałej zawiesiny dodano mieszaninę składającą się z 15,0 g produktu z przykładu 1, 32,0 g oleinianu magnezu oraz

105,0 g toluenu oraz 90,0 g alifatycznej frakcji naftowej o zakresie wrzenia 180–210°C. Zawartość mieszaniny reakcyjnej przy ciągłym mieszaniu podgrzano do temperatury 70°C i utrzymywano tę temperaturę przez 5 godzin. Po tym czasie otrzymaną mieszaninę przeniesiono do rozdzielacza i oddzielono warstwę wodną od warstwy organicznej zawierającej mieszaninę związków żelaza II i III wartościowego. Surową organiczną frakcję wprowadzono do reaktora zaopatrzonego w chłodnicę zwrotną, mieszadło kotwicowe, układ grzewczy oraz wkraplacz. Frakcję podgrzano do temperatury 60°C, a następnie przy intensywnym mieszaniu wkroplono 200,0 g roztworu nadtlenu wodoru o stężeniu 3,0%. Po zakończeniu wkraplania zawartość reaktora utrzymywano w temperaturze 70°C i mieszano przez 1 godzinę. Następnie wprowadzono ją do rozdzielacza i oddzielono wodę od warstwy organicznej. Z frakcji organicznej oddestylowano azeotropowo wodę i odfiltrowano osad. W otrzymanym produkcie oznaczono zawartość żelaza i magnezu metodą ICP AES. Wyniki zamieszczono w tablicy 1.

Przykład 8

Do reaktora zaopatrzonego w chłodnicę zwrotną mieszadło kotwicowe, układ grzewczy oraz wkraplacz wprowadzono 30 g uwodnionego siarczanu VI żelaza II oraz 45 g uwodnionego siarczanu VI żelaza III, 150 ml wody. Zawartość mieszano w temperaturze pokojowej, aż do całkowitego rozpuszczenia soli. Następnie mieszając podgrzano zawartość reaktora do temperatury 60°C i po ustaleniu temperatury wkroplono 15% r-r amoniaku, aż do osiągnięcia pH równego 7,5. Do powstałej zawiesiny dodano mieszaninę składającą się z 14,2 g produktu z przykładu 2, 25,0 g oleinianu potasu oraz 105,0 g toluenu oraz 90,0 g alifatycznej frakcji naftowej o zakresie wrzenia 180–210°C. Zawartość mieszaniny reakcyjnej przy ciągłym mieszaniu podgrzano do temperatury 70°C i utrzymywano tę temperaturę przez 5 godzin. Po tym czasie otrzymaną mieszaninę przeniesiono do rozdzielacza i oddzielono warstwę wodną od warstwy organicznej zawierającej mieszaninę związków żelaza II i III wartościowego. Surową organiczną frakcję wprowadzono do reaktora zaopatrzonego w chłodnicę zwrotną mieszadło kotwicowe, układ grzewczy oraz wkraplacz. Frakcję podgrzano do temperatury 60°C, a następnie przy intensywnym mieszaniu wkroplono 200,0 g roztworu nadtlenu wodoru o stężeniu 3,0%. Po zakończeniu wkraplania zawartość reaktora utrzymywano w temperaturze 70°C i mieszano przez 1 godzinę. Następnie wprowadzono ją do rozdzielacza i oddzielono wodę od warstwy organicznej. Z frakcji organicznej oddestylowano azeotropowo wodę i odfiltrowano osad. W otrzymanym produkcie oznaczono zawartość żelaza oraz potasu metodą ICP AES. Wyniki zamieszczono w tablicy 1.

Przykład 9

Do reaktora zaopatrzonego w chłodnicę zwrotną mieszadło kotwicowe, układ grzewczy oraz wkraplacz wprowadzono 30 g uwodnionego siarczanu VI żelaza II oraz 45 g uwodnionego siarczanu VI żelaza III, 150 ml wody. Zawartość mieszano w temperaturze pokojowej, aż do całkowitego rozpuszczenia soli. Następnie mieszając podgrzano zawartość reaktora do temperatury 60°C i po ustaleniu temperatury wkroplono 15% r-r amoniaku, aż do osiągnięcia pH równego 7,5. Do powstałej zawiesiny dodano mieszaninę składającą się z 15,0 g produktu z przykładu 2, 32,0 g oleinianu magnezu oraz 105,0 g toluenu oraz 90,0 g alifatycznej frakcji naftowej o zakresie wrzenia 180–210°C. Zawartość mieszaniny reakcyjnej przy ciągłym mieszaniu podgrzano do temperatury 70°C i utrzymywano tą temperaturę przez 5 godzin. Po tym czasie otrzymaną mieszaninę przeniesiono do rozdzielacza i oddzielono warstwę wodną od warstwy organicznej zawierającej mieszaninę związków żelaza II i III wartościowego. Surową organiczną frakcję wprowadzono do reaktora zaopatrzonego w chłodnicę zwrotną mieszadło kotwicowe, układ grzewczy oraz wkraplacz. Frakcję podgrzano do temperatury 60°C, a następnie przy intensywnym mieszaniu wkroplono 200,0 g roztworu nadtlenu wodoru o stężeniu 3,0%. Po zakończeniu wkraplania zawartość reaktora utrzymywano w temperaturze 70°C i mieszano przez 1 godzinę. Następnie wprowadzono ją do rozdzielacza i oddzielono wodę od warstwy organicznej. Z frakcji organicznej oddestylowano azeotropowo wodę i odfiltrowano osad. W otrzymanym produkcie oznaczono zawartość żelaza i magnezu metodą ICP AES. Wyniki zamieszczono w tablicy 1.

Przykład 10

Do reaktora zaopatrzonego w chłodnicę zwrotną mieszadło kotwicowe, układ grzewczy oraz wkraplacz wprowadzono 30 g uwodnionego siarczanu VI żelaza II oraz 45 g uwodnionego siarczanu VI żelaza III, 150 ml wody. Zawartość mieszano w temperaturze pokojowej, aż do całkowitego rozpuszczenia soli. Następnie mieszając podgrzano zawartość reaktora do temperatury 60°C i po ustaleniu temperatury wkroplono 15% r-r amoniaku, aż do osiągnięcia pH równego 7,5. Do powstałej zawiesiny dodano mieszaninę składającą się z 8,0 g oleiny i 8,0 g kwasu 10-undecenowego, 25,0 g oleinianu potasu 105,0 g toluenu oraz 90,0 g alifatycznej frakcji naftowej o zakresie wrzenia 180–210°C. Zawartość mieszaniny reakcyjnej przy ciągłym mieszaniu podgrzano do temperatury 70°C i utrzymywano tę

temperaturę przez 5 godzin. Po tym czasie otrzymaną mieszaninę przeniesiono do rozdzielacza i oddzielono warstwę wodną od warstwy organicznej zawierającej mieszaninę związków żelaza II i III wartościowego. Surową organiczną frakcję wprowadzono do reaktora zaopatrzonego w chłodnicę zwrotną mieszadło kotwicowe, układ grzewczy oraz wkraplacz. Frakcję podgrzano do temperatury 60°C, a następnie przy intensywnym mieszaniu wkroplono 200,0 g roztworu nadtlenu wodoru o stężeniu 3,0%. Po zakończeniu wkraplania zawartość reaktora utrzymywano w temperaturze 70°C i mieszano przez 1 godzinę. Następnie wprowadzono ją do rozdzielacza i oddzielono wodę od warstwy organicznej. Z frakcji organicznej oddestylowano azeotropowo wodę i odfiltrowano osad. W otrzymanym produkcie oznaczono zawartość żelaza i potasu metodą ICP AES. Wyniki zamieszczono w tablicy 1.

Przykład 11

Do reaktora zaopatrzonego w chłodnicę zwrotną mieszadło kotwicowe, układ grzewczy oraz wkraplacz wprowadzono 30 g uwodnionego siarczanu VI żelaza II oraz 45 g uwodnionego siarczanu VI żelaza III, 150 ml wody. Zawartość mieszano w temperaturze pokojowej, aż do całkowitego rozpuszczenia soli. Następnie mieszając podgrzano zawartość reaktora do temperatury 60°C i po ustaleniu temperatury wkroplono 15% r-r amoniaku, aż do osiągnięcia pH równego 7,5. Do powstałej zawiesiny dodano mieszaninę składającą się z 6,0 g oleiny i 6,0 g kwasu 10-undecenowego, 32,0 g oleinianu magnezu oraz 105,0 g toluenu oraz 90,0 g alifatycznej frakcji naftowej o zakresie wrzenia 180–210°C. Zawartość mieszaniny reakcyjnej przy ciągłym mieszaniu podgrzano do temperatury 70°C i utrzymywano tę temperaturę przez 5 godzin. Po tym czasie otrzymaną mieszaninę przeniesiono do rozdzielacza i oddzielono warstwę wodną od warstwy organicznej zawierającej mieszaninę związków żelaza II i III wartościowego. Surową organiczną frakcję wprowadzono do reaktora zaopatrzonego w chłodnicę zwrotną mieszadło kotwicowe, układ grzewczy oraz wkraplacz. Frakcję podgrzano do temperatury 60°C, a następnie przy intensywnym mieszaniu wkroplono 200,0 g roztworu nadtlenu wodoru o stężeniu 3,0%. Po zakończeniu wkraplania zawartość reaktora utrzymywano w temperaturze 70°C i mieszano przez 1 godzinę. Następnie wprowadzono ją do rozdzielacza i oddzielono wodę od warstwy organicznej. Z frakcji organicznej oddestylowano azeotropowo wodę i odfiltrowano osad. W otrzymanym produkcie oznaczono zawartość żelaza i magnezu metodą ICP AES. Wyniki zamieszczono w tablicy 1.

Przykład 12

Produkt z przykładu 3 wprowadzono do lekkiego oleju opałowego o właściwościach przedstawionych w tablicy 2 w takiej ilości, by stężenie żelaza w oleju wynosiło 20 mg/kg.

T a b l i c a 2. Charakterystyka lekkiego oleju opałowego.

L.p.	Właściwość	Jednostka	Wyniki badań
1.	Wartość opałowa	MJ/kg	45,6
2.	Skład frakcyjny		
	do 250°C przeddestylowało	% (V/V)	61,0
	do 350°C przeddestylowało	% (V/V)	95,3
3.	Gęstość w 15°C	kg/m ³	826,7
4.	Zawartość siarki	mg/kg	50
5.	Temperatura zapłonu	°C	66
6.	Odporność na utlenienie	g/m ³	3,1
7.	Smarność, skorygowana średnica śladu zużycia (WS 1,4) w temperaturze 60°C	µm	566

Przykład 13

Produkt z przykładu 4 wprowadzono do lekkiego oleju opałowego o właściwościach przedstawionych w tablicy 2 w takiej ilości, by stężenie żelaza w oleju wynosiło 20 mg/kg.

Przykład 14

Produkt z przykładu 5 wprowadzono do lekkiego oleju opałowego o właściwościach przedstawionych w tablicy 2 w takiej ilości, by stężenie żelaza w oleju wynosiło 20 mg/kg.

Przykład 15

Produkt z przykładu 6 wprowadzono do lekkiego oleju opałowego o właściwościach przedstawionych w tablicy 2 w takiej ilości, by stężenie żelaza w oleju wynosiło 20 mg/kg.

Przykład 16

Produkt z przykładu 7 wprowadzono do lekkiego oleju opałowego o właściwościach przedstawionych w tablicy 2 w takiej ilości, by stężenie żelaza w oleju wynosiło 20 mg/kg.

Przykład 17

Produkt z przykładu 8 wprowadzono do lekkiego oleju opałowego o właściwościach przedstawionych w tablicy 2 w takiej ilości, by stężenie żelaza w oleju wynosiło 20 mg/kg.

Przykład 18

Produkt z przykładu 9 wprowadzono do lekkiego oleju opałowego o właściwościach przedstawionych w tablicy 2 w takiej ilości, by stężenie żelaza w oleju wynosiło 20 mg/kg.

Przykład 19

Produkt z przykładu 10 wprowadzono do lekkiego oleju opałowego o właściwościach przedstawionych w tablicy 2 w takiej ilości, by stężenie żelaza w oleju wynosiło 20 mg/kg.

Przykład 20

Produkt z przykładu 11 wprowadzono do lekkiego oleju opałowego o właściwościach przedstawionych w tablicy 2 w takiej ilości, by stężenie żelaza w oleju wynosiło 20 mg/kg.

Przykład 21

Zbadano stabilność produktów otrzymanych jak w przykładach od 3 do 11 według metody opracowanej w Instytucie Nafty i Gazu – Państwowym Instytucie Badawczym. W metodzie tej badane próbki dodatków przechowuje się w temperaturze 40°C przez okres minimum 14 dni. Próbkę poddaje się w określonych odstępach czasowych wizualnej ocenie. Kryterium stabilności badanych substancji jest brak rozwarstwiania się i brak osadów. Wyniki badań zamieszczono w tablicy 3.

T a b l i c a 3. Wyniki badań stabilności produktów.

Lp.	Badany produkt	Stabilność produktu, dni
1.	Produkt z przykładu 3	14
2.	Produkt z przykładu 4	14
3.	Produkt z przykładu 5	14
4.	Produkt z przykładu 6	14
5.	Produkt z przykładu 7	14
6.	Produkt z przykładu 8	14
7.	Produkt z przykładu 9	14
8.	Produkt z przykładu 10	10
9.	Produkt z przykładu 11	7

Przykład 22

Zbadano stabilność produktów wprowadzonych do lekkiego oleju opałowego jak w przykładach od 12 do 20 według metody opracowanej w Instytucie Nafty i Gazu – Państwowym Instytucie Badawczym. W metodzie tej badane próbki uszlachetnionego paliwa przechowuje się w temperaturze 80°C przez okres minimum 14 dni. Próbkę poddaje się w określonych odstępach czasowych wizualnej ocenie. Kryterium stabilności badanych substancji jest brak rozwarstwiania się i brak osadów. Wyniki badań zamieszczono w tablicy 4.

T a b l i c a 4. Wyniki badań stabilności produktów.

L.p.	Badany paliwo	Stabilność produktu, dni
1.	Paliwo uszlachetnione jak w przykładzie 12	14
2.	Paliwo uszlachetnione jak w przykładzie 13	14
3.	Paliwo uszlachetnione jak w przykładzie 14	10
4.	Paliwo uszlachetnione jak w przykładzie 15	14
5.	Paliwo uszlachetnione jak w przykładzie 16	14
6.	Paliwo uszlachetnione jak w przykładzie 17	14
7.	Paliwo uszlachetnione jak w przykładzie 18	14
8.	Paliwo uszlachetnione jak w przykładzie 19	9
9.	Paliwo uszlachetnione jak w przykładzie 20	4

Przykład 23

W celu określenia zmian, nie możliwych do zaobserwowania metodą wizualną wyznaczono średnice hydrodynamiczne cząstek w roztworach (0,01% (V/V) roztwór w heptanie) w produktach otrzymanych jak w przykładach od 3 do 9, metodą spektroskopii korelacyjnej fotonów według PN-ISO 13321. Pomiarów wykonano dwukrotnie, zaraz po sporządzeniu (t_0) oraz po 14 dniach magazynowania w temperaturze 40°C (t_{14}). Do badania wykorzystano analizator wielkości cząstek Zetasizer Nano S firmy Malvern. W tej metodzie wielkość nanocząstek wyznaczana jest na podstawie pomiarów szybkości ruchów Browna molekuł znajdujących się w badanej próbce. Brak zmian rozmiarów cząstek w czasie jest dowodem na stabilność produktu w badanym czasie, pojawianie się pików o większych średnicach świadczy o tworzeniu większych aglomeratów, które mogą wypadać z roztworów. Wyniki analizy przedstawiono w tablicy 5.

T a b l i c a 5. Średnice hydrodynamiczne otrzymanych produktów.

	Badany produkt	Średnica hydrodynamiczna dominującego piktu, nm	
		t ₀	t ₁₄
1.	Produkt z przykładu 3	14,8	14,7
2.	Produkt z przykładu 4	15,2	15,0
3.	Produkt z przykładu 5	18,4	22,7
4.	Produkt z przykładu 6	35,7	36,6
5.	Produkt z przykładu 7	61,1	59,7
6.	Produkt z przykładu 8	37,2	38,1
7.	Produkt z przykładu 9	60,0	57,4
8.	Produkt z przykładu 10	31,0	osad, pomiar nie możliwy do wykonania
9.	Produkt z przykładu 11	52,4	osad, pomiar nie możliwy do wykonania

Przykład 24

Lekki olej opałowy uszlachetniony jak w przykładach 14, 15, 17, 19 spalono w kotle parowym o mocy znamionowej 80 kW typu Parmomat Triplex firmy Viessmann, zasilanym lekkim olejem opałowym, zaopatrzonym w cyfrowy analizator spalin GA-40T+ oraz pyłomierz grawimetryczny P-102A. Zbadano emisję zanieczyszczeń gazowo-pyłowych. Oznaczenie stężenia węglowodorów w spalinach wykonano metodą chromatografii gazowej według normy PN-89/Z-040014. Wyniki badań emisji składników spalin przedstawiono w tablicy 6.

T a b l i c a 6. Wyniki badań emisji szkodliwych składników spalin.

Składnik emisji	Emisja całkowita				
	Lekki olej opałowy z tablicy 1	Lekki olej opałowy z przykładu 14	Lekki olej opałowy z przykładu 15	Lekki olej opałowy z przykładu 17	Lekki olej opałowy z przykładu 19
CO	0,0019	-38,6	-51,1	-60,0	-44,5
NO _x	0,0161	+3,7	-0,1	-0,8	0,00
Węglowodory	0,2600	-7,7	-9,8	-11,1	-8,4

Zastrzeżenia patentowe

1. Modyfikator spalania do lekkich olejów opałowych stabilizowany dyspergatorem, zawierający:
 - I. całkowicie i nieograniczenie rozpuszczalne lub dyspergowalne w lekkim oleju opałowym prekursorzy katalizatorów Fuel Borne Catalyst w postaci skompleksowanych, niestechiometrycznych nanotlenków i/lub nanowodorotlenków i/lub nanoeksywodrotlenków żelaza trójwartościowego, zawierające od 5% (m/m) do 30% (m/m) żelaza w związku kompleksowym;

- II. dyspergator;
oraz
- III. rozpuszczalnik organiczny, będący rozpuszczalnikiem węglowodorowym o temperaturze wrzenia do 220°C w warunkach normalnych lub alkoholem alifatycznym liniowym i/lub rozgałęzionym o ilości atomów węgla w cząsteczkach od 8 do 13;
- znamienny tym**, że zawiera:
- od 5,0% (*m/m*) do 60,0% (*m/m*) składnika określonego powyżej w punkcie I,
 - od 1,0% (*m/m*) do 30,0% (*m/m*) składnika określonego powyżej w punkcie II, którym jest dyspergator, otrzymany w reakcji surowców odnawialnych będących długołańcuchowymi związkami nienasyconymi, wyizolowanymi z materiału roślinnego lub zwierzęcego lub z biodegradowalnego odpadu, nieprzetworzonymi lub poddanymi uprzednio oczyszczeniu lub poddanymi modyfikacjom chemicznym, z bezwodnikiem maleinowym, przy zachowaniu takiego stosunku molowego reagentów, że na 1,0 mol surowca odnawialnego stosuje się od 1,0 do 2,0 moli bezwodnika maleinowego, przy czym reakcję prowadzi się bez użycia rozpuszczalnika, w sposób periodyczny, przy ciągłym, intensywnym mieszaniu, w czasie od 3 do 10 godzin, przy zachowaniu temperatury od 160°C do 240°C, a jako długołańcuchowe związki nienasycone stosuje się kwas 10-undecenowy lub kwas (Z)-9-heksadecaenowy lub kwas (Z)-9-oktadecaenowy lub kwas (E)-9-oktadecaenowy lub kwas (Z)-6-oktadecaenowy lub kwas (E)-11-oktadecaenowy lub kwas 3,7-dimetylo-6-oktadecaenowy lub kwas 11-(3-cyklopentyl)-undecenowy lub kwas 11-(3-cyklopentyl)-undecenowy lub kwas 13-(3-cyklopentyl)-tridecenowy lub kwas (Z)-13-dokozenowy lub kwas (Z)-15-tetra-kozenowy lub kwas (Z,Z)-9,12-oktadekadienowy lub kwas (Z,Z)-9,12-oktadekadienowy lub kwas (Z,Z,Z)-9,12,15-oktadekatrienowy lub kwas (Z,Z,Z)-6,9,12-oktadekatrienowy lub kwas (E,E,E)-9,12,15-oktadekatrienowy lub kwas (E,E,E)-9,11,13-oktadekatrienowy lub kwas (R)-12-hydrokso(Z)-9-oktadekenowy lub ich dimery lub ich trimery lub ich glicerydy lub ich pochodne estrowe lub ich pochodne amidowe, które to pochodne estrowe lub amidowe otrzymuje się w reakcji z mono alkoholami pierwszorzędowymi o ilości atomów węgla w cząsteczce od 1 do 8 lub z pierwszorzędowymi aminami o ilości atomów węgla w cząsteczce od 1 do 6 i ilości atomów azotu w cząsteczce od 1 do 2;
- oraz
- od 5,0% (*m/m*) do 80,0% (*m/m*) składnika określonego powyżej w punkcie III.
2. Modyfikator spalania do lekkich olejów opałowych stabilizowany dyspergatorem według zastr. 1, **znamienny tym**, że zawiera:
- od 25,0% (*m/m*) do 35,0% (*m/m*) składnika określonego w zastr. 1 w punkcie I;
 - od 5,0% (*m/m*) do 20,0% (*m/m*) składnika określonego w zastr. 1 w punkcie II;
- oraz
- od 10,0% (*m/m*) do 65,0% (*m/m*) składnika określonego w zastr. 1 w punkcie III.
3. Modyfikator spalania do lekkich olejów opałowych stabilizowany dyspergatorem według zastr. 1 albo 2, **znamienny tym**, że zawarty w nim składnik określony w zastr. 1 w punkcie II, którym jest dyspergator, jest otrzymany w reakcji surowców odnawialnych z bezwodnikiem maleinowym, prowadzonej przy zachowaniu takiego stosunku molowego reagentów, że na 1,0 mol surowca odnawialnego stosuje się od 1,0 do 1,2 moli bezwodnika maleinowego, w czasie od 4 do 6 godzin, przy zachowaniu temperatury od 190°C do 225°C.