

Sposób otrzymywania cyklicznych acetalu lub ich mieszanin oraz ich zastosowanie jako dodatków do paliw

Przedmiotem wynalazku jest sposób otrzymywania cyklicznych acetalu lub ich mieszanin, o strukturze acetalu przedstawionej na wzorze ogólnym 1 [głównie 2,2-dimetylo-1,3-dioksolanu; 2,2,4-trimetylo-1,3-dioksolanu; [2,2-dimetylo-1,3-dioksolan-4-yl]metanolu (solketal) oraz pochodnych] oraz zastosowanie tak otrzymanych acetalu lub ich mieszanin jako dodatków do paliw, zwłaszcza do benzyny lub oleju napędowego. Dodatki te stosowane mogą być w celach regulacji parametrów użytkowych (gęstość, lepkość kinematyczna, współczynnik izobarycznej rozszerzalności termicznej, współczynnik ściśliwości adiabatycznej) obecnie stosowanych paliw ciekłych, jak również do podniesienia liczby oktanowej lub cetanowej wyjściowej mieszanki paliwowej.

Benzyna otrzymywana z ropy naftowej stanowi przezroczystą ciecz o charakterystycznym zapachu, jest mieszaniną węglowodorów alifatycznych o liczbie atomów węgla 5-12, obecne są również w niej śladowe ilości węglowodorów nienasyconych i aromatycznych. Olej napędowy jest głównie mieszaniną węglowodorów aromatycznych, naftalenowych i parafinowych. Zarówno benzyna jak i olej napędowy wzbogacane są o szereg dodatków poprawiających ich wartości użytkowe. Zasadniczym celem domieszkowania paliwa jest zapobieżenie szybszemu zużyciu elementów silnika, na przykład w silnikach tłokowych z zapłonem iskrowym: panewek, korbowodu oraz łożyska wału korbowego, natomiast w silnikach wysokoprężnych spowolnienia zanieczyszczenia dysz wtryskiwaczy, ograniczenia udziału cząstek stałych w spalinach i obniżenia poziomu hałasu silnika. Poprawienie właściwości paliwa uzyskuje się poprzez domieszkowanie różnymi związkami organicznymi oraz ustalenie dla mieszanki paliwowej odpowiednio wysokiej liczby oktanowej (benzyna) lub cetanowej (olej napędowy) co bezpośrednio przekłada się na zwiększenie mocy silnika i redukcję spalania [M.S. Khayoon, i wsp., *Catal Lett.*, 144 (2014) 1009–1015]. Ponadto dobrze dobrana kompozycja paliwowa nie tylko redukuje liczbę szkodliwych stuków w silniku, ale ogranicza tworzenie się gum i osadów pozwalając na dłuższe magazynowanie paliwa. Zarówno benzyna jak i olej napędowy produkowane są w różnych klasach jakościowych.

Proste alkohole dihydroksylowe oraz gliceryna są obecnie ogólnodostępne jako popularne rozpuszczalniki oraz tani surowiec do wytwarzania bardziej użytecznych chemikaliów. Przykładowo glicerynę w dużych ilościach uzyskuje się jako produkt uboczny pochodzący z hydrolizy tłuszczów do kwasów tłuszczowych, a w ostatnim czasie w procesie produkcji biodiesla z oleju rzepakowego. Z punktu widzenia współczesnej ekonomii gliceryna jako tani i łatwy w przetwarzaniu surowiec może stanowić potencjalny materiał wyjściowy do syntezy wielu produktów o wyższej wartości dodanej.

Rosnące zapotrzebowanie na produkty ropopochodne oraz ostatnie regulacje prawne w zakresie obrotu i wytwarzania paliw płynnych wymuszają na producentach domieszkowanie paliw chemikaliami pochodzącymi ze źródeł naturalnych. Możliwym rozwiązaniem tego problemu jest kondensacja gliceryny (również dioli) z aldehydami, ketonami, bądź dimetylowymi acetalami [J. Deutsch i wsp., *J. Catal.* 245 (2007) 428–435].

Obecnie poszukuje się nowych zastosowań pochodnych gliceryny jako potencjalnego dodatku do paliwa, alternatywą jest jej funkcjonalizacja do pięcio- lub sześcioczłonowych cyklicznych acetalu, na przykład [2,2-dimetyl-1,3-dioksolan-4-yl]metanolu (solketal) lub 2,2-dimetylo-1,3-dioksan-5-olu. Korzyści płynące z takiego rozwiązania nie obejmują jedynie obniżenia temperatury krzepnięcia paliwa lub konserwacji układu paliwowego, ale również wzbogacenia benzyny lub oleju napędowego poprzez podniesienie liczby oktanowej lub cetanowej, co bezpośrednio przekłada się na zwiększenie mocy silnika i redukcję spalania [M.S. Khayoon, i wsp., *Catal Lett.*, 144 (2014) 1009–1015]. Ponadto solketal może być stosowany jako środek powierzchniowo czynny bądź aromat [A. Piasecki i wsp., *J. Am. Oil Chem. Soc.* 74 (1997) 33–37; M.J. Climent i wsp., *Green Chem.* 4 (2002) 565–569].

W literaturze spotyka się doniesienia o otrzymywaniu [2,2-dimetyl-1,3-dioksolan-4-yl]metanolu z gliceryny i acetonu z 95% wydajnością. Z publikacji N. W. Fadnavis i wsp., *Synthesis*, 4 (2009) 0557-0560 znany jest sposób, w którym glicerynę ogrzewano 2 godziny w refluksie z dodatkiem kwasu 12-molibdenofosforowego w toluenie, drugi etap obejmował dodatek acetonu oraz sześciogodzinne ogrzewanie mieszaniny w refluksie w obecności sit molekularnych.

Zbliżone wyniki (89% wydajność otrzymywania solketalu) osiągnięto ogrzewając mieszaninę gliceryny i acetonu w kwasie p-toluenosulfonowym na sitach molekularnych A4 przez 2 godziny [D.Y. He i wsp., *Synthetic Communications*, 22 (1992) 2653-2658].

W literaturze opisano również otrzymywanie solketalu z 70% wydajnością dla homogenicznego katalizatora stanowiącego związek kompleksowy $[(\eta^5\text{-C}_5\text{Me}_5)\text{IrCl}]_2(\mu\text{-Cl})_2$ immobilizowanego na sitach molekularnych. Reakcję prowadzono w temperaturze 40°C w atmosferze gazu obojętnego [C. Crotti i wsp., *Green Chemistry*, 12 (2010) 2225 - 2231].

Inny sposób prowadzenia reakcji opisano dla katalizatora amberlyst-35. Reakcję prowadzono w dichlorometanie w zakresie temperatur 38,1–40,0 °C przez 8 h otrzymując z 88% wydajnością [2,2-dimetyl-1,3-dioksolan-4-yl]metanol oraz niewielką ilość drugiego sześcioczłonowego acetalu jako produktu ubocznego [J. Deutsch i wsp., *J. Catal.* 245 (2007) 428–435]. Reakcję wobec katalizatora heterogenicznego przeprowadzano również w temperaturze 70 °C katalizatorem $\text{ZrO}_2\text{-SiO}_2$ z 89,7% selektywnością otrzymywania [2,2-dimetyl-1,3-dioksolan-4-yl]metanolu przy 90,9% konwersji gliceryny. Wydajność otrzymywania solketalu tą metodą wynosi około 81% [C. Fan i wsp., *Heterocycles*, 85 (2012) 2977–2986].

Opisano również reakcję przeprowadzaną z udziałem węgla aktywnego (typ AC-S-18M) w 1,4-dioksanie w temperaturze 80 °C przez 6 godzin. Węgiel aktywny przygotowano poprzez zmieszanie z mąką z pestek oliwek, odmycie części nieorganicznej H_2SO_4 , a następnie impregnację węgla 73% H_3PO_4 . Wydajność otrzymywania solketalu wynosiła około 60% [R. Rodrigues i wsp., *Catal. Sci. Technol.*, 4 (2014) 2293-2301].

Interesującym rozwiązaniem jest zastosowanie mezoporowatego glinokrzemianu z nanocząsteczkami tlenku żelaza Fe/Al-SBA-15 osadzonego na siatce. Reakcję otrzymywania solketalu prowadzi się w temperaturze 100°C przez 8 godzin, bez udziału rozpuszczalnika. Wydajność procesu wynosi około 58% z zachowaniem 99% selektywności otrzymywania solketalu [C. Gonzalez-Arellano, *Catal. Sci. Technol.*, 4 (2014) 4242-4249].

Innym atrakcyjnym z punktu widzenia przemysłowego przetwarzania gliceryny jest rozwiązanie oparte na wykorzystaniu niskotemperaturowego procesu bez stosowania dodatkowych rozpuszczalników. Opisano reakcję w temperaturze 20 °C prowadzoną przez 1,5 h na siatce pokrytej SnO₂ z domieszką Mo i W jako promotorów [B. Mallesham i wsp., *Catal. Sci. Technol.*, 4 (2014) 803-813]. Wydajność otrzymywania solketalu dla 10% SnO₂ w tym przypadku wynosiła około 77%, dodatkowo do prawidłowego przebiegu reakcji wymagana jest obecność mocnego kwasu nieorganicznego (H₂SO₄).

Opisano również niskotemperaturowy proces (25 °C) tworzenia solketalu w reakcji gliceryny z benzaldehydem gdzie jako katalizator stosowano ciecz jonową [C₄Py][HSO₄] przez 2 godziny. Wydajność otrzymywania solketalu wynosiła około 78% [W. Bo i wsp., *RSC Advances*, 4 (2014) 18917 - 18923].

Wadą dotychczas stosowanych rozwiązań jest konieczność prowadzenia procesu otrzymywania solketalu w wysokiej temperaturze (20–100 °C), bądź w relatywnie długim czasie reakcji (1,5–8 godzin). Opisane rozwiązania wymagają stosowania dodatku mocnych kwasów nieorganicznych, dodatkowo sprawę komplikuje fakt niskiej wydajności otrzymywania [2,2-dimetyl-1,3-dioksolan-4-yl]metanolu 58–95%. Zasadniczym mankamentem niskotemperaturowych procesów z udziałem związków cyny lub cieczy jonowych jest nie tylko toksyczność zastosowanych materiałów, ale również problemy z ich utylizacją oraz separacją produktów reakcji (ciecze jonowe). Ponadto żadne z wyżej opisanych rozwiązań nie jest pozbawione słabych stron, bowiem zyskując na jednym z parametrów procesu traci się na innych [Y. Furukawa, K. Hinoue, patent *WO 1998011087 A1*; Y. Urano, Y. Kadono, patent *US 5026880 A*; H. Moeller, patent *US 4745200 A*; J. Weber, P. Lappe, H. Springer, patent *CA 2019929 A1*].

Otrzymywanie innych cyklicznych acetalu w reakcjach dioli i acetonu / 2-butanonu opierało się na zastosowaniu podobnych rozwiązań.

Znany jest na przykład opis reakcji glikolu etylenowego z 2-butanonem, katalizowanej kompleksem miedzi [Cu^I₄Cu^{II}(mtpo)₄(H₂O)₂Cl₂]_n. Reakcję prowadzono w toluenie w temperaturze 110 °C, przez 24 godziny, w rezultacie uzyskano 2-etylo-2-metylo-1,3-dioksolan z wydajnością rzędu około 97% [Z.P. Han i wsp., *Inorganic Chemistry Communications*, 22 (2012) 73–76].

W innym rozwiązaniu zastosowano materiał hybrydowy wykonany z włókna poliakrylonitrylowego o znacznym stopniu kwasowości, reakcję prowadzono w refluksie, jako rozpuszczalnik zastosowano cykloheksan, otrzymując 2-etylo-2-metylo-1,3-dioksolan z wydajnością rzędu około 96% [L. Shao i wsp., *Monatshefte fur Chemie*, 143 (2012) 1199-1203].

Podobne wyniki (około 95% wydajność otrzymywania 2-etylo-2-metylo-1,3-dioksolanu) osiągnięto na katalizatorze MNPsSi-PPh₃-SO₃H, prowadząc reakcję w cykloheksanie przez 2 godziny w temperaturze 80,8 °C [P. Wang i wsp., *Catalysis Letters*, 135 (2010) 159-164].

Pierwotnie 2-etylo-2,4-dimetylo-1,3-dioksolan otrzymywano w reakcji 1,2 propanodiolu z 2-butanonem w obecności benzenu z udziałem kwasu p-toluenosulfonowego jako katalizatora [R. Salmi, *Chemische Berichte*, 72 (1939) 600-602].

Opisano również reakcję 1,2-propanodiolu z 2-butanonem, w której z 72,7% wydajnością otrzymywano 2-etylo-2,4-dimetylo-1,3-dioksolan w wyniku zastosowania adduktu siarczanu dimetylu-formylomorfolina w dichlorometanie przez 24 godziny w temperaturze pokojowej [W. Kantlehner i wsp., *Liebigs Annalen der Chemie*, 2 (1980) 246-252]. Opisano również metodę wytwarzania 2-etylo-2,4-dimetylo-1,3-dioksolanu na katalizatorze amberlyst A15 w obecności sit molekularnych 4A. Reakcję prowadzono przez 24 godziny w temperaturze pokojowej, jako rozpuszczalnik zastosowano tetrahydrofuran. Wydajność otrzymywania cyklicznego acetalu wynosiła około 48% [J. C. Meslard, *Bulletin de la Societe Chimique de France*, 1 (1985) 84-89].

W literaturze spotyka się również doniesienia o niskotemperaturowym (21 °C) procesie wytwarzania 2-etylo-2,4-dimetylo-1,3-dioksolanu z udziałem kwasu dichlorooctowego przez 12 godzin, z 79% wydajnością [J. Gelas i wsp., *Canadian Journal of Chemistry*, 61 (1983) 1487-1493].

Reakcję 1,3-propanodiolu z 2-butanonem prowadzono w temperaturze pokojowej przez 24 godziny w obecności tetrahydrofuranu na katalizatorze amberlyst A15 w obecności sit molekularnych 4A. Wydajność otrzymywania 2-etylo-2-metylo-1,3-dioksolanu wynosiła około 32% [J. C. Meslard, *Bulletin de la Societe Chimique de France*, 1 (1985) 84-89].

Mankamentami wyżej wymienionych metod otrzymywania cyklicznych acetalu w bezpośredniej reakcji diolu oraz acetonu / 2-butanonu jest konieczność stosowania silnych kwasów, bezwodne środowisko reakcji oraz w zależności od układu niska wydajność (32-95%) otrzymywanych produktów. Ponadto zastosowane dotychczas rozwiązania wymagają udziału dodatkowych rozpuszczalników organicznych, bądź inicjatorów reakcji. W wielu przypadkach proces otrzymywania cyklicznego acetalu jest czasochłonny, brak również informacji na temat możliwości ponownego wykorzystania katalizatora w kolejnych reakcjach.

W literaturze spotyka się doniesienia o zastosowaniu acetalu jako dodatków do olejów smarnych o znacznej lepkości. Przykładowo w opisie patentowym US 4792411A opisano wynalazek, który dotyczy wytwarzania olejów smarowych i kompozycji paliwowych zawierających 1,3-dioksolany, tio- analogi oraz ich pochodne. Wynalazek dotyczy również sposobów poprawy działania urządzeń mechanicznych, w szczególności sposobów zmniejszania energii wymaganej do obsługi takich urządzeń mechanicznych, a dokładniej sposobów zmniejszania ilości zużywanego paliwa przez silniki spalinowe. Opisane związki mogą być stosowane jako dodatki do paliw płynnych na skutecznym poziomie w celu uzyskania pożądanych właściwości w zakresie 10 ppm do 10 %wag., korzystnie przy wartości do 1,0 %wag. w stosunku do całkowitej kompozycji paliwowej.

W opisie patentowym WO 2017006142A1 opisano również zastosowanie bezwodnej kompozycji benzynowej zawierającej paliwo benzynowe oraz 0,05 – 1,0% specyficznej niskiej ilości co najmniej jednego ketalu lub acetalu glicerolu. W patencie wykazano, iż domieszkowanie mieszanką podwyższa liczbę oktanową w porównaniu do znanych kompozycji benzyny. Wynalazek dotyczy także zastosowania ketalu lub acetalu glicerolu pozbawionego metali (Mn, Fe) do regulacji liczby oktanowej kompozycji benzynowych.

W literaturze patentowej dotyczącej zastosowania 1,3-dioksolanów [DE 102008015756B4] ujawniono metodę otrzymywania acetalu glicerolu w reakcji

z acetonem bądź 1-hydroksyacetonem. Glicerynę do procesu acetalizacji otrzymuje się w reakcji transestryfikacji triglicerydów z metanolem i wydzielenie jej z powstałych składników transestryfikacji i biodiesla. W końcowym etapie do otrzymanego biodiesla dodaje się otrzymaną kompozycję 1,3-dioksolanów, która według autorów poprawia właściwości biodiesla poprzez podniesienie liczby cetanowej paliwa. W patencie nie podano konkretnych informacji dotyczących stosunków ilościowych kompozycji dwóch cyklicznych acetali.

Znane są rozwiązania oparte na zastosowaniu katalizatorów heterogenicznych w reaktorze przepływowym do syntezy solketalu ([2,2-dimetylo-1,3-dioksolan-4-yl]metanol) oraz pochodnych tert-butyłowych oksygenatów poprawiających właściwości eksploracyjne paliw samochodowych i lotniczych, które w kontakcie z wodą nie zmieniają ich właściwości fizykochemicznych. [RU 2522764C2].

Opisano również zastosowanie mieszaniny alkoholu i cyklicznego ketalu w ilości co najmniej 10 %wag. kompozycji benzyny w celu polepszenia jej liczby oktanowej. W patencie ujawniono, iż użycie 10% wagowych cyklicznego ketalu glicerolowo-acetonowego w benzynie zwiększa liczbę oktanową o 1,4 jednostki [EP 2298851A4].

Znane są również opisy zastosowań cyklicznych acetali jako składników kompozycji olejów smarowych zawierające jako dodatek strukturę 1,3-dioksolan-4-metanolu zapewniającą głównie ochronę przed zużyciem oleju silnikowego. Opisane środki smarujące, środki dyspergujące, detergenty, środki przeciwpoślizgowe, środki do ekstremalnego nacisku, przeciwutleniacze, inhibitory korozji, środki obniżające temperaturę krążenia, środki poprawiające współczynnik lepkości i modyfikatory tarcia mogą ponadto zawierać co najmniej jeden dodatek rozpuszczalny w oleju z wymienionych w patencie w ilości 0,25 do 3,0 %wag. [WO 2012071154A2].

Pozostałe rozwiązania dotyczące możliwych aplikacji cyklicznych acetali opisują zastosowanie pochodnych 1,3-dioksolanu i niższego alkilu lub alkenylu jako reduktorów emisji węglowodorów spalinowych do środka antystukowego MMT w kompozycjach benzyny [US 4390345A]. W jednym z patentów ujawniono sposób wytwarzania związków ketalowych z gliceryny, kwasu lewulinowego i ich estrów oraz ich zastosowania jako dodatki do biodiesla [US20080242721A1].

Podsumowując przegląd dotychczasowego stanu techniki w większości dotychczasowych rozwiązań nie wskazano, które acetale mają szczególnie dobre własności poprawiające jakość paliw płynnych, lecz jedynie podano, że kompozycje wielu związków posiadają korzystne działanie w zakresie ochrony silnika i poprawy właściwości użytkowych paliwa. W rozwiązaniach ujawnionych przez twórców kompozycje dodatków stanowią komponenty poprawiające liczbę oktanową lub cetanową oraz właściwości smarne olejów. Mankamentem znanych rozwiązań jest fakt, iż stosowanie wielu związków wielkocząsteczkowych proponowanych jako kompozycje dodatków do paliw jest obecnie ograniczone ze względu na ich toksyczność dla środowiska.

Celem twórców niniejszego wynalazku było opracowanie nowej metody otrzymywania czystych cyklicznych acetali lub ich mieszanin w oparciu o mono- lub multimetaliczne katalizatory heterogeniczne, z czystych bądź odpadowych polioli i ketonów,

z przeznaczeniem do zastosowania jako funkcjonalne dodatki poprawiające właściwości użytkowe dostępnych handlowo paliw ciekłych (zwłaszcza benzyna lub olej napędowy).

Istotę wynalazku stanowi sposób otrzymywania cyklicznych acetalu lub ich mieszanin, o strukturze acetalu przedstawionej na wzorze ogólnym 1, w którym poszczególne podstawniki R^1 , R^2 , R^3 , R^4 oznaczają niezależnie od siebie atom wodoru lub grupę alkilową (metylową lub etylową) lub grupę CH_2OH , polegający na tym, że do reaktora wprowadza się:

- heterogeniczny multimetaliczny nanokatalizator w postaci osadzonych na nośniku krzemionkowym nanocząstek renu domieszkowanych nanocząstkami molibdenu i/lub osmu i/lub wolframu i/lub żelaza i/lub niobu i/lub miedzi i/lub niklu i/lub złota, w ilości metali domieszkowanych od 0,01 do 75,0%, korzystnie 1,0% w stosunku do renu, albo

- heterogeniczny nanokatalizator w postaci osadzonych na nośniku krzemionkowym nanocząstek molibdenu i/lub osmu i/lub wolframu i/lub żelaza i/lub niobu i/lub miedzi i/lub niklu i/lub złota,

przy czym wielkości nanocząstek metalu/i wynoszą poniżej 50 nm, korzystnie poniżej 5 nm, natomiast jako nośnik krzemionkowy stosuje się krzemionkę otrzymaną metodą zol-żelową, o wielkości ziaren poniżej 100 μm , korzystnie poniżej 1000 nm, zachowując proporcje od 99,99 do 90%, korzystnie 99% nośnika krzemionkowego i od 0,01 do 10%, korzystnie 1% nanokatalizatora, następnie dodaje się alkohol lub mieszaninę alkoholi oraz keton lub mieszaninę ketonów, przy czym jako alkohol stosuje się czysty bądź odpadowy polioli wybrany spośród: gliceryna i/lub 1,2-propanodiol (glikol propylenowy) i/lub 1,2-etanodiol (glikol etylenowy), natomiast jako keton stosuje się czysty bądź odpadowy aceton i/lub 2-butanon i/lub 1-hydroksyaceton, po czym reaktor szczelnie zamyka się. Mieszaninę reakcyjną poddaje się sonikacji ultradźwiękami w czasie niezbędnym do zawieszenia nanokatalizatora w mieszaninie reakcyjnej, to znaczy do czasu gdy katalizator w reaktorze nie będzie tworzył grudek i mieszanina będzie jednorodna. W finalnym etapie mieszaninę reakcyjną poddaje się działaniu temperatury o wartości od 10 do 100°C, korzystnie 55°C, w czasie od 0,1 do 100 godzin, korzystnie od 0,2 do 20 godzin, korzystnie mieszając reagenty, najkorzystniej z prędkością 200 obr/min, najkorzystniej za pomocą mieszadła magnetycznego lub mechanicznego. Następnie oddziela się nanokatalizator znaną metodą, korzystnie przez wirowanie i/lub filtrację i/lub sedymentację, a z otrzymanej mieszaniny poreakcyjnej, znanym sposobem destylacji, od produktów ubocznych stanowiących pośrednie produkty niedomknięcia pierścienia oddziela się produkty główne w postaci wybranych cyklicznych acetalu lub mieszaniny acetalu.

Korzystnie, ilość nanometalu osadzonego na nośniku krzemionkowym w stosunku do całej mieszaniny reakcyjnej wynosi od 0,01 do 100 μmol , najkorzystniej 1,3-5,2 μmol .

Korzystnie, stosunek molowy alkoholu lub mieszaniny alkoholi do ketonu lub mieszaniny ketonów wynosi od 1:0,001 do 1:1000, najkorzystniej 1:10.

Korzystnie, stosuje się alkohol o zawartości wody poniżej 50,0% obj., najkorzystniej 0,5-3,0% obj.

Korzystnie, stosuje się keton o zawartości wody poniżej 50,0% obj., najkorzystniej 0,3-1,0% obj.

Korzystnie, jako krzemionkę otrzymaną metodą zol-żelową stosuje się krzemionkę o zawartości co najmniej 99,9% SiO₂, oraz < 0,5% Al₂O₃, < 0,5% P₂O₅, < 0,08% CaO, < 0,004% Fe, < 0,002% Cr, < 0,001% Ni, o powierzchni właściwej 380 ± 40 m²/g.

Korzystnie, proces sonikacji przeprowadza się ultradźwiękami o częstotliwości 35 kHz.

Korzystnie, etap finalny reakcji, w którym podgrzewa się mieszaninę reakcyjną wraz z kontrolą temperatury prowadzi się w reaktorze chemicznym lub w czaszy grzewczej lub w łaźni olejowej.

Istotę wynalazku stanowi również zastosowanie cyklicznych acetalu lub ich mieszanin, o strukturze acetalu przedstawionej na wzorze ogólnym 1, w którym poszczególne podstawniki R¹, R², R³, R⁴ oznaczają niezależnie od siebie atom wodoru lub grupę alkilową (metylową lub etylową) lub grupę CH₂OH, jako dodatków do paliw płynnych, zwłaszcza do benzyny lub oleju napędowego, w stosunku do całkowitej objętości domieszkowanego paliwa w zakresie od 1 ppm do 6 %obj., korzystnie do 1,0 %obj., przy czym stosuje się cykliczne acetale lub ich mieszaniny otrzymane w sposób polegający na tym, że do reaktora wprowadza się:

- heterogeniczny multimetaliczny nanokatalizator w postaci osadzonych na nośniku krzemionkowym nanocząstek renu domieszkowanych nanocząstkami molibdenu i/lub osmu i/lub wolframu i/lub żelaza i/lub niobu i/lub miedzi i/lub niklu i/lub złota, w ilości metali domieszkowanych od 0,01 do 75,0%, korzystnie 1,0% w stosunku do renu, albo
- heterogeniczny nanokatalizator w postaci osadzonych na nośniku krzemionkowym nanocząstek molibdenu i/lub osmu i/lub wolframu i/lub żelaza i/lub niobu i/lub miedzi i/lub niklu i/lub złota,

przy czym wielkości nanocząstek metalu/i wynoszą poniżej 50 nm, korzystnie poniżej 5 nm, natomiast jako nośnik krzemionkowy stosuje się krzemionkę otrzymaną metodą zol-żelową, o wielkości ziaren poniżej 100 μm, korzystnie poniżej 1000 nm, zachowując proporcje od 99,99 do 90%, korzystnie 99% nośnika krzemionkowego i od 0,01 do 10%, korzystnie 1% nanokatalizatora, następnie dodaje się alkohol lub mieszaninę alkoholi oraz keton lub mieszaninę ketonów, przy czym jako alkohol stosuje się czysty bądź odpadowy polioli wybrany spośród: gliceryna i/lub 1,2-propanodiol (glikol propylenowy) i/lub 1,2-etanodiol (glikol etylenowy), natomiast jako keton stosuje się czysty bądź odpadowy aceton i/lub 2-butanon i/lub 1-hydroksyaceton, po czym reaktor szczelnie zamyka się, mieszaninę reakcyjną poddaje się sonikacji ultradźwiękami w czasie niezbędnym do zawieszenia nanokatalizatora w mieszaninie reakcyjnej, a w finalnym etapie mieszaninę reakcyjną poddaje się działaniu temperatury o wartości od 10 do 100°C, korzystnie 55°C, w czasie od 0,1 do 100 godzin, korzystnie od 0,2 do 20 godzin, korzystnie mieszając reagenty, najkorzystniej z prędkością 200 obr/min, najkorzystniej za pomocą mieszadła magnetycznego lub mechanicznego, następnie oddziela się katalizator znaną metodą, korzystnie przez wirowanie i/lub filtrację i/lub sedymentację, a z otrzymanej mieszaniny poreakcyjnej, znanym sposobem destylacji, od produktów ubocznych stanowiących pośrednie produkty niedomknięcia pierścienia oddziela się produkty główne w postaci wybranych cyklicznych acetalu lub mieszaniny acetalu. Korzystnie, ilość nanometalu osadzonego na nośniku krzemionkowym w stosunku do całej mieszaniny reakcyjnej wynosi

od 0,01 do 100 μmol , najkorzystniej 1,3-5,2 μmol . Korzystnie, stosunek molowy alkoholu lub mieszaniny alkoholi do ketonu lub mieszaniny ketonów wynosi od 1:0,001 do 1:1000, najkorzystniej 1:10. Korzystnie, stosuje się alkohol o zawartości wody poniżej 50,0% obj., najkorzystniej 0,5-3,0% obj. Korzystnie, stosuje się keton o zawartości wody poniżej 50,0% obj., najkorzystniej 0,3-1,0% obj. Korzystnie, jako krzemionkę otrzymaną metodą żółkową stosuje się krzemionkę o zawartości co najmniej 99,9% SiO_2 , oraz $< 0,5\%$ Al_2O_3 , $< 0,5\%$ P_2O_5 , $< 0,08\%$ CaO , $< 0,004\%$ Fe , $< 0,002\%$ Cr , $< 0,001\%$ Ni , o powierzchni właściwej $380 \pm 40 \text{ m}^2/\text{g}$. Korzystnie, proces sonikacji przeprowadza się ultradźwiękami o częstotliwości 35 kHz. Korzystnie, etap finalny reakcji, w którym podgrzewa się mieszaninę reakcyjną wraz z kontrolą temperatury prowadzi się w reaktorze chemicznym lub w czaszy grzewczej lub w łaźni olejowej.

Zasadniczą zaletą rozwiązania proponowanego przez autorów niniejszego wynalazku jest synteza pojedynczych acetalu lub ich mieszanin na nanokatalizatorze w postaci metalu wybranego spośród Mo, Os, W, Fe, Nb, Cu, Ni, Au lub w postaci dowolnej kompozycji tych metali lub w postaci multimetalicznych kompozycji tych metali z renem (Re) oraz zastosowanie otrzymanego/ych cyklicznego/ych acetalu/i jako nieszkodliwego/ych dla środowiska kompozycji dodatków do paliw, zwłaszcza benzyny lub oleju napędowego, zawierającej od 1 do 6 niskocząsteczkowych cyklicznych acetalu otrzymany z czystej bądź odpadowej gliceryny i/lub 1,2-propanodiolu i/lub glikolu etylenowego w reakcji z czystym bądź odpadowym acetonem i/lub 2-butanonem i/lub 1-hydroksyacetonem.

Rozwiązania znane ze stanu techniki wymagają stosowania dodatku mocnych kwasów nieorganicznych, jest to składnik niezbędny do przeprowadzenia reakcji acetalizacji, natomiast w rozwiązaniu według niniejszego wynalazku wyeliminowano konieczność stosowania dodatku kwasu, dzięki czemu poprawiono ekonomikę oraz walory ekologiczne syntezy acetalu.

W rozwiązaniach znanych z dotychczasowego stanu techniki problemem jest często znaczny rozrzut wydajności syntezy dla różnych acetalu. Rozwiązanie według niniejszego wynalazku umożliwi syntezę różnych acetalu z wyższą wydajnością w węższym zakresie około 70-98%.

Związki otrzymane sposobem według wynalazku mogą służyć jako dodatki regulujące parametry fizykochemiczne paliw ciekłych, to jest liczby oktanowej i cetanowej, gęstości, lepkości kinematycznej, współczynnika izobarycznej rozszerzalności termicznej, współczynnika ściśliwości adiabatycznej.

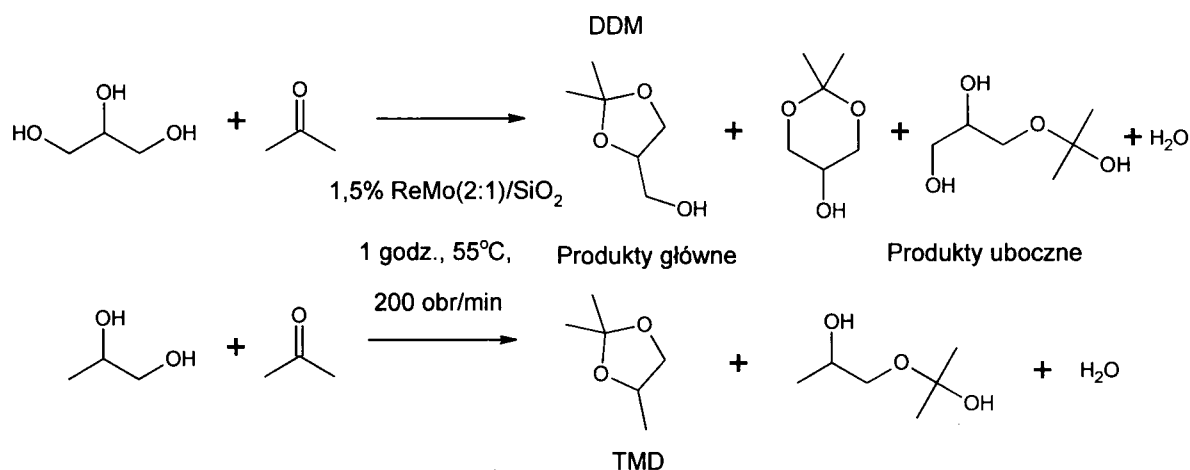
Ponadto wartością dodaną stosowania kompozycji paliwowych otrzymanych według wynalazku może być redukcja poziomu hałasu pracy silnika, jak również zmniejszenie wytrącania się gum i osadów podczas magazynowania paliwa. Dodatki poprawiające liczbę oktanową lub cetanową wpływają na pozytywne zmiany tych parametrów. Lepsza jakość paliwa przekłada się na czystsze spalanie, mniejszą liczbę stuków w silniku, co pociąga za sobą mniejszą hałaśliwość pracy silnika i mniejsze zanieczyszczenie powietrza itd.

Uzyskane parametry paliw domieszkowanych cyklicznymi acetalami w porównaniu z normami nie zmieniają w znaczący sposób właściwości paliwa (Tabela 1). Przykładowo parametry otrzymanej mieszanki mieszczą się w europejskiej normie dla oleju napędowego.

Poniżej przedstawiono przykłady sposobu syntezy cyklicznych acetalu lub ich mieszanin zgodnie z wynalazkiem oraz ich zastosowania. Ponadto załączono rysunek, na którym: wzór ogólny 1 stanowi wzór pięcioczłonowych cyklicznych acetalu, gdzie: R^1 , R^2 , R^3 , R^4 stanowią niezależnie od siebie atom wodoru lub grupę alkilową (metylową lub etylową) lub grupę $-CH_2OH$; tabela 1 – przedstawia porównanie właściwości wyjściowych olejów napędowych z wybranymi kompozycjami paliwowymi domieszkowanymi w zakresie 1,0 - 4,0 %obj. oraz właściwościami fizykochemicznymi czystych acetalu (badania niecertyfikowane); tabele 2 - 5 przedstawiają wyniki z badań wykonanych według norm certyfikowanych dla 1,0% domieszki wybranych cyklicznych acetalu do dwóch różnych typów ON; tabele 6 i 7 przedstawiają wyniki dla próbek referencyjnych ON domieszkowanych cyklicznymi acetalami z przykładów 1-4.

Przykład 1.

Synteza obok siebie z gliceryny i 1,2-propanodiolu w reakcji z acetonem (schemat 1), mieszaniny cyklicznych acetalu TMD - 2,2,4-trimetylo-1,3-dioksolan i DDM - ([2,2-dimetylo-1,3-dioksan-4-yl]metanol) z udziałem heterogenicznego nanometalicznego katalizatora 1,5% $ReMo(2:1)/SiO_2$.



Schemat 1

Do szklanej fiołki wprowadzono: 50 mg 1,5% $ReMo(2:1)/SiO_2$, (wielkość nanocząstek metali poniżej 5 nm, wielkość cząstek krzemionki zol-żelowej poniżej 1000 nm), 0,37 cm^3 gliceryny o czystości 99,5% (5,0 mmol) oraz 0,37 cm^3 1,2-propanodiolu o czystości 99,0% (5,0 mmol) oraz 8,47 cm^3 acetonu (113,44 mmol) o czystości 99,0%. Fiołkę szklaną zaopatrzone w mieszadło magnetyczne, zamknięto szczelnie septą, a następnie umieszczono na 10 minut w myjce ultradźwiękowej i poddano sonikacji przy częstotliwości 35 kHz. Po upływie czasu niezbędnego do zawieszenia nanokatalizatora w mieszaninie reakcyjnej fiołkę umieszczono w łaźni olejowej na mieszadle magnetycznym, prowadząc reakcję w temperaturze 55°C przez 1 godzinę, mieszając reagenty z prędkością 200 obr/min. Zawiesinę odwirowano, a mieszaninę poreakcyjną oddzielono od nanokatalizatora poprzez dekantację. Nanokatalizator odmyto acetonem (4×4 cm^3), wirowano, dekantowano a następnie suszono w temp. 180 °C do stałej masy. Tak przygotowany nanokatalizator nadaje się do kolejnego cyklu. Skład mieszaniny poreakcyjnej

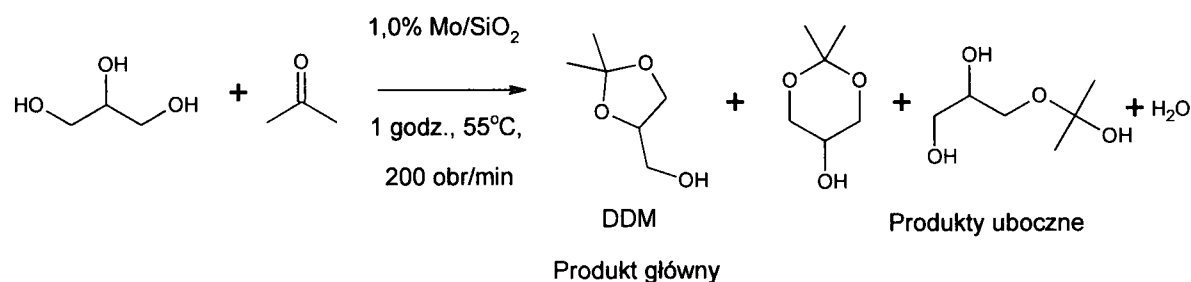
analizowano metodami spektroskopowymi ^1H , ^{13}C NMR oraz pomocniczo COSY i HMQC w D_2O stwierdzając 100% konwersję gliceryny oraz 90,8% konwersję 1,2-propanodiolu. W rezultacie po oddzieleniu nanokatalizatora otrzymano mieszaninę cyklicznych acetalu z wydajnością procesu syntezy [2,2-dimetylo-1,3-dioksolan-4-yl]metanolu (DDM - solketal) około 93,7% i 2,2,4-trimetylo-1,3-dioksolan (TMD) około 90,8% oraz produktów ubocznych (schemat 1). Po zakończeniu reakcji acetale oddestylowano znaną metodą, produkty uboczne mogą być zawrócone do kolejnego cyklu, a skład mieszaniny dobiera się tak, aby ostateczny stosunek obj. TMD do DDM wynosił 1:1.

Zastosowanie wytworzonej mieszaniny acetalu w ilości 1 %obj, jako domieszki do paliwa ON¹.

Do wyjściowego ON¹ (tabela 1 i 6) dodano otrzymaną uprzednio mieszaninę acetalu w stosunku obj. 1:1 w ilości $1,0 \pm 0,05$ %obj. Finalna mieszanka paliwowa oprócz zsyntetyzowanego dodatku może zawierać estry metylowe kwasów tłuszczowych (FAME) do 7 %obj. Olej napędowy w ilości min. 92% obj., ma postać klarownej jednorodnej cieczy. Parametry fizykochemiczne uzyskanego w ten sposób oleju napędowego mieszczą się w wymaganych normach. Przykładowe wartości wybranych parametrów wynoszą odpowiednio: gęstość w temp. 15°C – $834,8 \text{ kg/m}^3$; lepkość kinematyczna 40°C – $2,745 \text{ mm}^2/\text{s}$; współczynnik izobarycznej rozszerzalności termicznej w temp. 15°C – $8,398$; współczynnik ściśliwości adiabatycznej w temp. 15°C – $6,25 \text{ 1/Pa}$. Biopaliwo charakteryzuje się min. temperaturą zapłonu 56°C , max. zawartością siarki 10 mg/kg , max. zawartością manganu 2 mg/L , max. zawartością WWA $7,0 \text{ \% (m/m)}$ oraz obniżoną liczbą cetanową w stosunku do wyjściowej wartości z $52,7$ do $52,5$. Pozostałe wyniki zebrano w tabeli 2.

Przykład 2.

Synteza z gliceryny i acetonu (schemat 2) (2,2-dimetylo-1,3-dioksolan-4-yl)metanol – DDM z udziałem heterogenicznego nanometalicznego katalizatora 1,0% Mo/SiO₂.



Schemat 2

Do szklanej fiolki wprowadzono: 50 mg 1,0% Mo/SiO₂, (wielkość nanocząstek metalu poniżej 10 nm, wielkość cząstek krzemionki zol-żelowej poniżej 1000 nm), 0,37 cm³ gliceryny o czystości 99,5% (5,0 mmol) oraz 3,86 cm³ acetonu (51,7 mmol) o czystości 99,0%. Fiolkę szklaną zaopatrzone w mieszadłko magnetyczne, zamknięto szczelnie septą, a następnie umieszczono na 10 minut w myjce ultradźwiękowej i poddano sonikacji przy częstotliwości 35 kHz. Po upływie czasu niezbędnego do zawieszenia nanokatalizatora w mieszaninie reakcyjnej fiolkę umieszczono w łaźni olejowej na mieszadle magnetycznym, prowadząc reakcję w temperaturze 55°C przez 1 godzinę, mieszając reagenty z prędkością

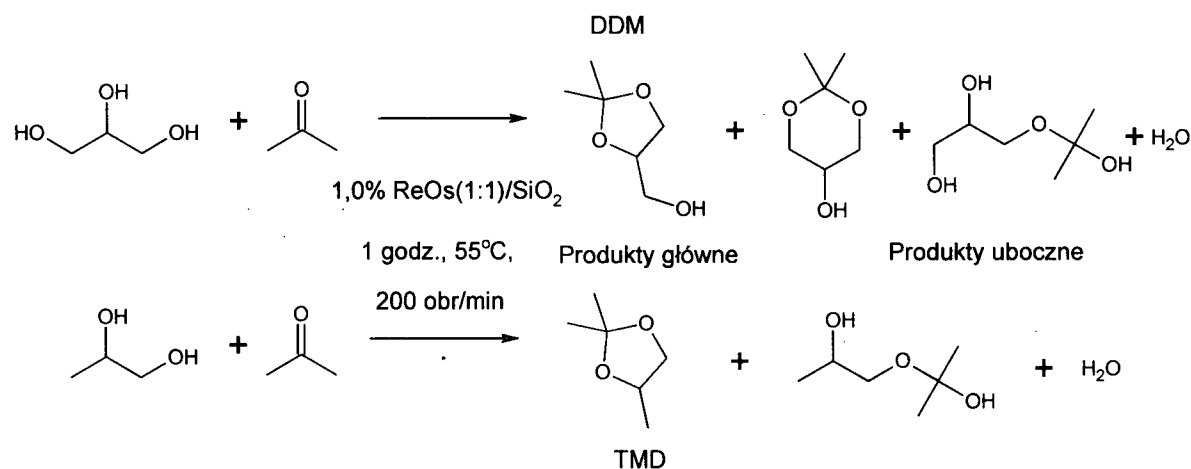
200 obr/min. Zawiesinę odwirowano, a mieszaninę poreakcyjną oddzielono od nanokatalizatora poprzez dekantację. Nanokatalizator odmyto acetonem ($4 \times 4 \text{ cm}^3$), wirowano, dekantowano a następnie suszono w temp. $180 \text{ }^\circ\text{C}$ do stałej masy. Tak przygotowany nanokatalizator nadaje się do kolejnego cyklu. Skład mieszaniny poreakcyjnej analizowano metodami spektroskopowymi ^1H , ^{13}C NMR oraz pomocniczo COSY i HMQC w D_2O jak również techniką GC-FID stwierdzając 68,4% konwersję gliceryny. W rezultacie po oddzieleniu nanokatalizatora otrzymano [2,2-dimetylo-1,3-dioksolan-4-yl]metanol (DDM - solketal) z selektywnością rzędu 77,6% oraz produkty uboczne (schemat 2). Wydajność procesu syntezy DDM wyniosła około 53,1%. Po zakończeniu reakcji acetal oddestylowano znaną metodą od innych produktów a pozostała mieszanina może być zawrócona do kolejnego cyklu reakcyjnego.

Zastosowanie wytworzonego acetalu w ilości 1 %obj, jako domieszki do paliwa ON¹.

Do wyjściowego ON¹ (tabela 1 i 6) dodano otrzymany uprzednio DDM w ilości $1,0 \pm 0,05 \text{ } \%$ obj. Finalna mieszanka paliwowa oprócz zsyntetyzowanego dodatku może zawierać estry metylowe kwasów tłuszczowych (FAME) do 7 %obj. Olej napędowy w ilości min. 92% obj., ma postać klarownej jednorodnej cieczy. Parametry fizykochemiczne uzyskanego w ten sposób oleju napędowego mieszczą się w wymaganych normach. Przykładowe wartości wybranych parametrów wynoszą odpowiednio: gęstość w temp. 15°C – $835,9 \text{ kg/m}^3$; lepkość kinematyczna 40°C – $2,772 \text{ mm}^2/\text{s}^1$; współczynnik izobarycznej rozszerzalności termicznej w temp. 15°C – 8,401; współczynnik ściśliwości adiabatycznej w temp. 15°C – 6,23 1/Pa. Biopaliwo charakteryzuje się min. temperaturą zapłonu 56°C , max. zawartością siarki 10 mg/kg, max. zawartością manganu 2 mg/L, max. zawartością WWA 7,0 %(m/m) oraz obniżoną liczbą cetanową w stosunku do wyjściowej wartości z 52,7 do 51,5. Pozostałe wyniki zebrano w tabeli 3.

Przykład 3.

Synteza obok siebie z gliceryny i 1,2-propanodiolu w reakcji z acetonem (schemat 3), mieszaniny cyklicznych acetalu TMD - 2,2,4-trimetylo-1,3-dioksolan i DDM - ([2,2-dimetylo-1,3-dioksan-4-yl]metanol) z udziałem heterogenicznego nanometalicznego katalizatora 1,0% ReOs(1:1)/SiO₂.



Schemat 3

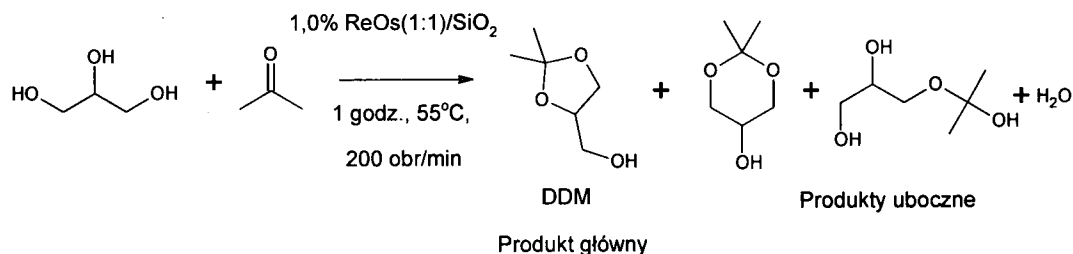
Do szklanej fiolki wprowadzono: 50 mg 1,0% ReOs(1:1)/SiO₂, (wielkość nanocząstek metali poniżej 3-4 nm, wielkość cząstek krzemionki zol-żelowej poniżej 1000 nm), 0,37 cm³ gliceryny o czystości 99,5% (5,0 mmol) oraz 0,37 cm³ 1,2-propanodiolu o czystości 99,0% (5,0 mmol) oraz 8,47 cm³ acetonu (113,44 mmol) o czystości 99,0%. Fiolkę szklaną zaopatrzone w mieszadło magnetyczne, zamknięto szczelnie septą, a następnie umieszczono na 10 minut w myjce ultradźwiękowej i poddano sonikacji przy częstotliwości 35 kHz. Po upływie czasu niezbędnego do zawieszenia nanokatalizatora w mieszaninie reakcyjnej fiolkę umieszczono w łaźni olejowej na mieszadle magnetycznym, prowadząc reakcję w temperaturze 55°C przez 1 godzinę, mieszając reagenty z prędkością 200 obr/min. Zawiesinę odwirowano a mieszaninę poreakcyjną oddzielono od nanokatalizatora poprzez dekantację. Nanokatalizator odmyto acetonem (4×4 cm³), wirowano, dekantowano a następnie suszono w temp. 180 °C do stałej masy. Tak przygotowany nanokatalizator nadaje się do kolejnego cyklu. Skład mieszaniny poreakcyjnej analizowano metodami spektroskopowymi ¹H, ¹³C NMR oraz pomocniczo COSY i HMQC w D₂O stwierdzając 100% konwersję gliceryny oraz 89,4% konwersję 1,2-propanodiolu. W rezultacie po oddzieleniu nanokatalizatora otrzymano mieszaninę cyklicznych acetałów z selektywnością dla [2,2-dimetylo-1,3-dioksolan-4-yl]metanolu (DDM - solketal) – 93,5 % oraz dla 2,2,4-trimetylo-1,3-dioksolan (TMD) – 100% i produktów ubocznych (schemat 3). W rezultacie otrzymano mieszaninę cyklicznych acetałów z wydajnością procesu syntezy [2,2-dimetylo-1,3-dioksolan-4-yl]metanolu (DDM - solketal) około 93,5% i 2,2,4-trimetylo-1,3-dioksolan (TMD) około 89,4% oraz produktów ubocznych (schemat 3). Po zakończeniu reakcji acetale oddestylowano znaną metodą od innych produktów a pozostała mieszanina produktów ubocznych może być zawrócona do kolejnego cyklu reakcyjnego. Skład mieszaniny dobiera się tak, aby ostateczny stosunek obj. TMD do DDM wynosił 1:1.

Zastosowanie wytworzonej mieszaniny acetałów w ilości 1 %obj., jako domieszki do paliwa ON².

Do wyjściowego ON² (tabela 1 i 7) dodaje się otrzymaną uprzednio mieszaninę acetałów w stosunku obj. 1:1 w ilości 1,0 ± 0,05 %obj. Finalna mieszanka paliwowa oprócz zsyntetyzowanego dodatku może zawierać estry metylowe kwasów tłuszczowych (FAME) do 7 %obj., olej napędowy w ilości min. 92% obj, ma postać klarownej jednorodnej cieczy. Parametry fizykochemiczne uzyskanego w ten sposób oleju napędowego mieszczą się w wymaganych normach. Przykładowe wartości wybranych parametrów wynoszą odpowiednio: gęstość w temp. 15°C – 836,5 kg/m³; lepkość kinematyczna 40°C – 2,882 mm²/s; współczynnik izobarycznej rozszerzalności termicznej w temp. 15°C – 8,417; współczynnik ściśliwości adiabatycznej w temp. 15°C – 6,243 1/Pa. Biopaliwo charakteryzuje się min. temperaturą zapłonu 56°C, max. zawartością siarki 10 mg/kg, max. zawartością manganu 2 mg/L, max. zawartością WWA 7,0 %(m/m) oraz podwyższoną liczbą cetanową w stosunku do wyjściowej wartości z 55,3 do 56,5. Pozostałe wyniki zebrano w tabeli 4.

Przykład 4.

Synteza z gliceryny i acetonu (schemat 4) (2,2-dimetylo-1,3-dioksan-4-yl)metanol – DDM z udziałem heterogenicznego nanometalicznego katalizatora 1,0% ReOs(1:1)/SiO₂.



Schemat 4

Do szklanej fiolki wprowadzono: 50 mg 1,0% ReOs(1:1)/SiO₂, (wielkość nanocząstek metalu poniżej 3-4 nm, wielkość nanocząstek krzemionki zol-żelowej poniżej 1000 nm), 0,37 cm³ gliceryny o czystości 99,5% (5,0 mmol) oraz 3,86 cm³ acetonu (51,7 mmol) o czystości 99,0%. Fiolkę szklaną zaopatrzoną w mieszadło magnetyczne, zamknięto szczelnie septą, a następnie umieszczono na 10 minut w myjce ultradźwiękowej i poddano sonikacji przy częstotliwości 35 kHz. Po upływie czasu niezbędnego do zawieszenia nanokatalizatora w mieszaninie reakcyjnej fiolkę umieszczono w łaźni olejowej na mieszadle magnetycznym, prowadząc reakcję w temperaturze 55°C przez 1 godzinę, mieszając reagenty z prędkością 200 obr/min. Zawiesinę odwirowano, a mieszaninę poreakcyjną oddzielono od nanokatalizatora poprzez dekantację. Nanokatalizator odmyto acetonem (4×4 cm³), wirowano, dekantowano, a następnie suszono w temp. 180 °C do stałej masy. Tak przygotowany nanokatalizator nadaje się do kolejnego cyklu (powtórnego wykorzystania). Skład mieszaniny poreakcyjnej analizowano metodami spektroskopowymi ¹H, ¹³C NMR, COSY i HMQC w D₂O oraz pomocniczo GC-FID stwierdzając 100% konwersję gliceryny. W rezultacie po oddzieleniu nanokatalizatora otrzymano [2,2-dimetylo-1,3-dioksan-4-yl]metanolu (DDM - solketal) z selektywnością rzędu 91,4% oraz produkty uboczne (schemat 4). Wydajność procesu syntezy DDM wyniosła ok. 91,4%. Po zakończeniu reakcji acetal oddestylowano od mieszaniny poreakcyjnej znaną metodą od innych produktów, a pozostała mieszanina może być zawrócona do kolejnego cyklu reakcyjnego.

Zastosowanie wytworzonego acetalu w ilości 1 %obj., jako domieszki do paliwa ON².

Do wyjściowego ON² (tabela 1 i 7) dodaje się otrzymany uprzednio solketal - DDM w ilości 1,0 ± 0,05 %obj. Finalna mieszanka paliwowa oprócz zsyntetyzowanego dodatku może zawierać estry metylowe kwasów tłuszczowych (FAME) do 7 %obj. Olej napędowy w ilości min. 92% obj, ma postać klarownej jednorodnej cieczy. Parametry fizykochemiczne uzyskanego w ten sposób oleju napędowego mieszczą się w wymaganych normach. Przykładowe wartości wybranych parametrów wynoszą odpowiednio: gęstość w temp. 15°C – 837,7 kg/m³; lepkość kinematyczna 40°C – 2,893 mm²/s; współczynnik izobarycznej rozszerzalności termicznej w temp. 15°C – 8,427; współczynnik ściśliwości adiabatycznej w temp. 15°C – 6,229 1/Pa. Biopaliwo charakteryzuje się min. temperaturą zapłonu 56°C, max. zawartością siarki 10 mg/kg, max. zawartością manganu 2 mg/L, max. zawartością

WWA 7,0 %(m/m) oraz obniżoną liczbą cetanową w stosunku do wyjściowej wartości z 55,3 do 52,7. Pozostałe wyniki zebrano w tabeli 5.

Wyniki przeprowadzonych badań potwierdzają wysoką użyteczność nanoukładów katalitycznych do syntezy wybranych niskocząsteczkowych cyklicznych acetali oraz ich mieszanin. Produkty reakcji po zakończeniu syntezy i ustaleniu ich składu znanymi metodami mogą służyć jako gotowy dodatek do benzyny lub oleju napędowego (zawierającego w składzie do 7 %obj. FAME) w ilości do 6%obj. poprawiające bądź regulujące parametry fizykochemiczne paliw, na przykład liczbę cetanową w olejach napędowych. Zaletą rozwiązania według wynalazku jest również możliwość utylizacji odpadów alkoholi takich jak gliceryna i/lub glikol etylenowy i/lub glikol propylenowy oraz odpadów ketonów takich jak aceton i/lub 2-butanon i/lub 1-hydroksyaceton. Do zalet stosowania cyklicznych acetali jako ekologicznych komponentów uzupełniających masę paliwa można nie tylko zaliczyć zapobieganie wytrącania się gum i osadów podczas ich przechowywania, lecz również uzupełnienie tańszym składnikiem części paliwa poprawiając ekonomikę jego produkcji.

Uniwersytet Śląski
w Katowicach

RZECZNIK PATENTOWY
Uniwersytetu Śląskiego

mgr Mariusz Przesiada
Koordynator Biura Rzeczników Patentowych