

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10)

PL 247741 B1

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **443177**

(22) Data zgłoszenia: **2022.12.19**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2024.06.24 BUP 26/2024**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2025.08.25 WUP 34/2025**

(51) MKP:

B01J 20/292 (2006.01)

B01J 20/06 (2006.01)

H01F 1/44 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**INSTYTUT PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW
TECHNIKI POLSKIEJ AKADEMII NAUK,
Warszawa, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

MAGDALENA OSIAŁ, Milanówek, PL

PAULINA PIETRZYK, Warszawa, PL

MICHAŁ GIERSIG, Warszawa, PL

AGNIESZKA PRĘGOWSKA, Warszawa, PL

SŁAWOMIR WILCZEWSKI, Bydgoszcz, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Mariusz Kondrat, Warszawa, PL

(54) Tytuł:

**Sposób wytwarzania cieczy magnetoreologicznej i wytworzona nim ciecz
magnetoreologiczna**

PL 247741 B1

Opis wynalazku

DZIEDZINA TECHNIKI

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania cieczy magnetoreologicznej, w której fazę rozproszoną stanowi surowiec odpadowy w postaci sorbentu pokrytego związkami organicznymi, zaadsorbowanymi podczas procesu wyłapywania zanieczyszczeń z roztworów wodnych lub niewodnych oraz ulepszona ciecz magnetoreologiczna wytworzona tym sposobem.

STAN TECHNIKI

Ciecze magnetoreologiczne (ang. Magnetorheological Fluid lub MRF) należą do jednych z najbardziej funkcjonalnych materiałów, które określa się jako płyny szybko, tj. w ciągu kilku milisekund, zmieniające właściwości reologiczne mikromechaniczne pod wpływem zewnętrznego wymuszenia w postaci pola magnetycznego lub elektrycznego. Z tego powodu są również klasyfikowane jako materiały inteligentne. Ciecze magnetoreologiczne są niekoloidalnymi zawiesinami cząstek polaryzowalnych magnetycznie o rozmiarach mikronowych w płynie nośnym, gdzie płyn nośny jest składnikiem niemagnetycznym, najczęściej występuje w postaci oleju. W zależności od zastosowania zakres temperatur pracy cieczy magnetoreologicznych wynosi od -40°C do 150°C . W przypadku braku zewnętrznego pola (tzw. stan „wyłączony”) ich charakter jest podobny do cieczy, a ich lepkość mieści się w zakresie $0,1\text{--}1,0\text{ Pa s}$. Po przyłożeniu zewnętrznego pola magnetycznego lub elektrycznego (tzw. stan „włączony”) ich lepkość pozorna zaczyna wzrastać. MRF opiera się na zmianie lepkości pod wpływem pola zewnętrznego poprzez tworzenie struktury łańcuchopodobnej. W tym przypadku płyn zaczyna zachowywać się quasi-statycznie jak struktury przypominające bryłę o kształtach włókienkowych. Jest to spowodowane międzycząstkowym oddziaływaniem dipol-dipol (przyciąganiem) między cząstkami równoległymi do przyłożonego pola magnetycznego, gdzie wraz ze zmianą kierunku pola magnetycznego zmienia się kierunek struktur łańcuchopodobnych.

W dwudziestym pierwszym wieku zanieczyszczenia chemiczne stanowią coraz poważniejszy problem. Do głównych zanieczyszczeń należą pigmenty, związki farmaceutyczne oraz inne związki organiczne pochodzenia antropogenicznego, które wykazują stały wzrost stężenia w glebie i systemach wodnych na całym świecie. Biorąc pod uwagę wzrost liczby ludności i działalności przemysłowej, jaki utrzymywał się w ubiegłym stuleciu, skuteczne metody uzdatniania wody o dobrej selektywności i możliwości ponownego wykorzystania mają ogromne znaczenie dla zapewnienia długoterminowego życia na Ziemi. Jak wiadomo, materiały adsorpcyjne aby mogły spełniać rolę środków oczyszczających muszą być rozproszone w zbiornikach wodnych. Następnie należy zebrać zużyty materiał filtrujący. Wydaje się, że zastosowanie adsorbentów (zwanych także sorbentami) magnetycznych rozwiązuje ten problem umożliwiając usuwanie zanieczyszczeń przez adsorpcję fizyczną lub chemiczną na powierzchni. Mianowicie, umieszczając sorbenty magnetyczne np. na bazie metali, tlenków metali lub ich kompozytów, których rozmieszczenie można kontrolować za pomocą przyłożonego pola magnetycznego.

Cząstki (nanocząstki oraz większe struktury, a także ich kompozyty) na bazie metali np. żelaza, karbonylków żelaza, kobaltu, karbonylków kobaltu, tlenków żelaza tlenków żelaza domieszkowanych metalami m.in. cynkiem, cyną, molibdenem, manganem, a także tlenki metali np. tlenki kobaltu itp., stanowią grupę materiałów używanych do oczyszczania wody za pomocą ich właściwości katalitycznych, fotokatalitycznych oraz adsorpcyjnych. Można nimi wyłapywać lub degradować zanieczyszczenia tj. związki pochodzenia farmaceutycznego m.in. leki przeciwbólowe, antybiotyki, związki hormonalne i inne; barwniki np. barwniki uwalniane z tworzyw sztucznych, pigmenty pochodzenia z przemysłu kosmetycznego i tekstylnego itp. oraz inne związki organiczne od prostych związków alifatycznych po związki wielopierścieniowe.

W przypadku adsorpcji tychże związków na powierzchni adsorbentów magnetycznych pomimo skutecznego wyłapywania zanieczyszczeń materiały stanowią odpad wtórny i wymagają zagospodarowania – np. oczyszczenia ich powierzchni ze związków organicznych do ich ponownego użycia lub utylizacji wraz z zanieczyszczeniem. Pozostaje jednak problem związany z przeznaczeniem zanieczyszczeń, które zostały odseparowane w procesie wyłapywania zanieczyszczeń z roztworów wodnych i niewodnych, a pozostały na powierzchni materiałów używanych jako adsorbenty magnetyczne. Wychodząc temu naprzeciw można je wykorzystać jako źródło magnetycznych cząstek do cieczy magnetoreologicznych. Wykorzystanie adsorbentów magnetycznych pokrytych wyłapanymi z roztworów zanieczyszczeniami organicznymi można wykorzystać do łączenia ich z lepłą cieczą np. olejami. W konsekwencji otrzymany materiał można wykorzystać do otrzymywania cieczy magnetoreologicznej o korzystniejszych właściwościach mechanicznych i reologicznych.

Znane są ciecze magnetoreologiczne nie zawierające w swoim składzie komponentów otrzymanych w procesie oczyszczania roztworów wodnych i niewodnych. Jako materiał magnetyczny głównie stosuje się tlenki żelaza, takie jak Fe_3O_4 , $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$, CrO_2 , kobalt, czyste żelazo i karbonyle żelazowe (zwane karnonylkami żelaza), ferryty domieszkowane kobaltem i barem, azotki żelaza oraz ujawnione w patencie US4810401 ferryty o składzie Mv np. Mnw , Znx , Fey , Oz .

Z publikacji US5804095A znana jest ciecz magnetoreologiczną składającą się z niekoloidalnych cząsteczek magnetycznych z żelaza karbonylowego, środka ściernego w postaci CeO_2 , wody, glicerolu i buforu alkalicznego Na_2CO_3 .

W publikacji US4992190 ujawniono rozwiązanie, opisujące płyn reagujący na pole magnetyczne, który zawiera cząstki stałe oraz żel krzemionkowy pełniący funkcję dyspergatora i nośnika. Ujawnione rozwiązanie zawiera olej silikonowy (20% wag.) i mieszaniny składników (80% wag., złożonych z żelaza karboksylowego wstępnie wysuszonego (99% wag.) oraz żelu krzemionkowego (1% wag.).

W publikacji WO1993021644A1 ujawniono metodę otrzymywania cieczy magnetoreologicznej przy wykorzystaniu niekoloidalnego proszku ferromagnetycznego zawierającego gruboziarnisty i drobnoziarnisty materiał magnetyczny zawieszony w płynie nośnym, który zawiera stabilizator. Ujawnione rozwiązanie zawiera domieszki: AEROSIL (SiO_2) A-380, karboksylu żelaza, rozwiązanie zawiera karboksyl żelaza (50% wag.), aerozol (7,5% wag.), płyn nośny (42,5% wag.). Cząsteczki magnetostale mają kształt anizodiatryczny i ich zakres wielkości wynosi około 0,1 do około 1,0 μm . Płyn nośny składa się z rozpuszczalnika organicznego lub nośnika rozcieńczalnika, alkoholu aromatycznego (α -naftolu $\text{C}_{10}\text{H}_7\text{OH}$) i eteru winylowego (eter poliwinylu-*n*-butylowy $\text{CH}_2\text{CHOC}_2\text{H}_5$). Płyn nośny może również zawierać inne składniki, takie jak środki przeciwpieniące (związki polisilikonowe) oraz środki przeciwdrobnoustrojowe (trikrezylofosforan $(\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{O})_3\text{PO}$).

Z publikacji US6547983B2 znany jest trwały płynny preparat do wytwarzania cieczy magnetoreologicznej, który zawiera mechanicznie twarde magnesowalne cząstki, płyn nośny pochodzący z polialfaolefiny i plastifikatora oraz co najmniej jeden dodatek koloidalny tj. koloidalny politetrafluoroetylen, koloidalny grafit, koloidalny dwusiarczek molibdenu i podobne kompozycje koloidalne. Ujawniony skład cieczy magnetoreologicznej, w szczególności zawarte w nim dodatki koloidalne mają zapewnić brak styku powierzchni z powierzchnią i brak zacierania. Dodatki koloidalne mają również zapewnić dobre właściwości przenoszenia ekstremalnych ciśnień i obciążeń, które mogą skutkować płynniejszą pracą, wydłużoną żywotnością i zmniejszoną konserwacją urządzeń tłumiących drgania, w których są używane.

Z publikacji EP1296335A2 znany jest skład preparatu bazowego do otrzymywania płynu magnetoreologicznego, w którym ciecz bazowa jest zoptymalizowana, tak aby zapewnić dopuszczalną lepkość, niską lotność, ulepszone właściwości płynięcia w niskich temperaturach i lepszą kompatybilność z elastomerami. Ciecz magnetoreologiczna zawiera magnesowalne cząsteczki zawieszone w cieczy bazowej lub ciekłym nośniku mieszaniny 1-dodecenowej polialfaolefiny (PAO) wytworzonego z 1-dodecenu, $\text{H}_2\text{C}:\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{CH}_3$ i estru lub diestru kwasu dwuzasadowego (sebacynianu dioktylu).

W publikacji US5505880A ujawniono skład cieczy, która ma działanie magnetoreologiczne powyżej 100 Pa, mierzone w polu magnetycznym 100 kA/m. Zawiera ona rozpuszczalniki polarne takie jak alkohole, estry, etery oraz ich mieszaniny, takie jak eter metylowy glikolu dietylenowego, eter mono- i dietylowy glikolu dietylenowego lub eter monometylowy glikolu dietylenowego, estry C2-C6-alkilowe kwasów C1-C6-alkanomonokarboksylowych, takie jak octan heksylu, cykloheksyl octan, propionian pentylu, maślan etylu, pentanokarboksylan metylu, pentanokarboksylan etylu lub heksanokarboksylan metylu lub estry C1-C6-dialkilowe kwasów C1-C7-alkanodikarboksylowych, takie jak malonian diheksylu, bursztynian diheksylu, glutaran dipentylu, adypinian di-*n*-butylu pimelan di-*n*-butylu, heksanodikarboksylan di-*n*-propylu lub azelainian dietylu, które mają niską rozpuszczalność w wodzie. Skład cieczy magnetoreologicznej jest zmienny w pewnych granicach, zawartość substancji stałych wynosi od 10 do 80, w szczególności od 20 do 60% wag., przy czym zawartość wody w cieczy magnetoreologicznej nie powinna przekroczyć 20% wag.

Z publikacji EP1019921A1 znana jest ciecz magnetoreologiczna charakteryzująca się lepszą stabilnością i redyspergowalnością, a także korzystnymi właściwościami mechanicznymi, którą można otrzymać stosując domieszkę dodatkowymi cząsteczkami o mniejszych rozmiarach niż cząstki magnetyczne oraz polimerem pełniącym funkcję łącznika pomiędzy cząstkami magnetycznymi i medium, w którym były rozproszone (polimer mostkujący). Cząsteczki magnetyczne miękkie stanowią od około 5 do około 80% obj. (od około 29 do około 97% wag. dla Fe) lub od około 20 do około 60% obj. (od około 66 do około 92% wag. dla Fe). Polimer i co najmniej część cząsteczek dodatku tworzą materiał

podobny do żelu, który co najmniej częściowo pokrywa cząsteczki magnetycznie miękkie. Zawartość polimeru w cieczy magnetoreologicznej wynosi od około 0,1 do około 10% wag., w najkorzystniejszym wariantcie od około 0,1 do około 1% wag. Dodatkowe rozpuszczalniki, jeśli są stosowane, stanowią mniej niż około 20% wag cieczy magnetoreologicznej. Cząsteczki miękkie magnetycznie mogą zawierać żelazo, nikiel, kobalt, tlenek żelaza, tlenek żelaza gamma, żelazo-kobalt, żelazo-nikiel, żelazo-krzem, ferryt manganowo-cynkowy, ferryt cynkowo-niklowy, tlenek chromu, azotek żelaza, stopy wanadu, stopy wolframu, stopy miedzi, stopy manganu. Woda nie jest wymagana na żadnym etapie syntezy cieczy magnetoreologicznej.

W publikacji US5667715A ujawniono procedurę uzyskiwania cieczy magnetoreologicznej, która umożliwia uzyskanie wzrostu jej granicy plastyczności. Mieszanina dużych i małych cząstek materiału magnetycznego, takich że średnia średnica dużych cząstek jest co najmniej 5 razy większa od średniej średnicy małych cząstek, zapewnia znaczny wzrost granicy plastyczności bez wzrostu lepkości mieszaniny przy braku pola magnetycznego. Cząsteczki stałe to magnesowalne ferromagnetyki o niskiej koercji, takie jak drobno rozdrobnione cząstki żelaza, niklu, kobaltu, stopy żelaza i niklu, żelazo-stopy kobaltu, stopy żelazo-krzem i tym podobne, które mają kształt kulisty lub prawie kulisty i mają średnicę w zakresie od około 1 do 100 mikronów.

Ciekła lub płynna faza nośnika może być dowolnym materiałem, który można stosować do zawieszania cząstek, ale który w inny sposób nie reaguje z reagującymi na pole magnetyczne cząsteczkami stałymi, takimi jak woda, oleje węglowodorowe, oleje mineralne, estry kwasów tłuszczowych, ciecze organiczne, polidimetylosiloksany.

W publikacji US6245253B1 ujawniono procedurę otrzymywania cieczy magnetoreologicznej, która charakteryzuje się niską tendencją do osadzania się zdyspergowanych w niej stałych materiałów w postaci cząsteczek. Ciecz magnetoreologiczna składa się z płynu bazowego w postaci węglowodoru, cząstek stałych magnesowalnych, których średnia średnicy jest mniejsza niż 50 μm oraz zagęszczacza w postaci związku polimocznikowego mającego co najmniej 3 i nie więcej niż 20 grup $-\text{NH}-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}-$.

Z kolejnego amerykańskiego zgłoszenia patentowego US5804095A znana jest ciecz magnetoreologiczną zawierającą niekoloidalne cząstki magnetyczne (żelazo karbonylkowane), środek ścierny (CeO_2), wodę, glicerol i bufor alkaliczny (Na_2CO_3).

Pomimo licznych publikacji oraz sposobów dotyczących wytwarzania cieczy magnetoreologicznych, nie jest znany sposób wytwarzania cieczy z wykorzystaniem surowca odpadowego w postaci sorbentów magnetycznych pokrytych zanieczyszczeniami organicznymi.

Dotychczas znane rozwiązania nie wykorzystywały fazy rozproszonej, która była wcześniej użyta do zabsorbowania podczas procesu wyłapywania zanieczyszczeń z roztworów wodnych lub niewodnych.

UJAWNIE NIE WYNA LAZKU

W świetle opisanego stanu techniki celem niniejszego wynalazku jest przewyższenie wskazanych niedogodności i dostarczenie sposobu wytwarzania cieczy magnetoreologicznej na bazie sorbentu metalowego, szczególnie w postaci tlenku żelaza, korzystnie domieszkowanego innymi metalami, które były wykorzystywane do wyłapywania zanieczyszczeń, szczególnie organicznych z roztworów zarówno wodnych jak i niewodnych.

Kolejnym celem niniejszego wynalazku jest dostarczenie cieczy magnetoreologicznej bazującej na cząstkach magnetycznych o średnich rozmiarach od około 5 nm do około 5 μm , które charakteryzują się dobrą stabilnością przed sedymentacją, jak również doskonałą zdolnością do dyspergowania w lepkiej cieczy. Problem technicznym jest zagospodarowanie wykorzystanego sorbentu po absorpcji zanieczyszczeń organicznych z roztworów wodnych oraz niewodnych z roztworów do wytworzenia cieczy magnetoreologicznej o ulepszonych właściwościach.

Do wytworzenia takiej ulepszonej cieczy magnetoreologicznej wykorzystuje się poniżej opisany sposób jej wytwarzania.

Wynalazek dotyczy zatem sposobu wytwarzania cieczy magnetoreologicznej, która reaguje na pole magnetyczne o charakterze ferromagnetycznym lub superparamagnetycznym, w którym do oleju o lepkości kinematycznej od 10 do 10 000 cSt dodaje się materiał odpadowy w postaci sorbentu z materiału magnetycznego wytworzonego z tlenku żelaza (I, II) i/lub tlenku żelaza (II, III) domieszkowanego co najmniej jednym innym metalem, z zaabsorbowanym na sorbencie z roztworu wodnego zanieczyszczeniem w postaci co najmniej jednego związku organicznego i miesza się mechanicznie do wytworzenia cieczy magnetoreologicznej; przy czym wspomniany co najmniej jeden inny metal jest wy-

brany z cynku, cyny, manganu, niklu, molibdenu, chromu, kobaltu lub ich mieszanin, natomiast wspomniano co najmniej jeden związek organiczny jest wybrany z grupy składającej się ze związków pochodzenia farmaceutycznego w tym antybiotyków, leków przeciwbólowych, związków hormonalnych; barwników w tym barwników uwalnianych z tworzyw sztucznych, pigmentów z przemysłu chemicznego, kosmetycznego, tekstylnego oraz związków organicznych wybranych z od prostych związków alifatycznych po związki wielopierścieniowe.

W korzystnym sposobie olej o lepkości kinematycznej od 10 do 10 000 cSt jest wybrany z oleju węglowodorowego, oleju mineralnego, oleju silikonowego lub ich mieszaniny.

W korzystnym sposobie po dodaniu do oleju sorbentu dodaje się dodatkowo czynnik stabilizujący wybrany z związku organicznego lub mieszaniny związków organicznych, korzystnie dodatkowy czynnik stabilizujący wybrany jest z chlorku adypoilu, kwasu oleinowego, oleiloamin lub ich mieszanin, korzystnie dodatkowy czynnik stabilizujący dodaje się po od 10 minutach do 3 godzinach, korzystnie po 1 godzinie od rozpoczęcia mieszania.

W korzystnym sposobie przed rozpoczęciem mieszania i/lub w jego trakcie dodaje się grafen, tlenek grafenu lub ich mieszaninę.

W korzystnym sposobie mieszanie mechaniczne prowadzi się z prędkością od 10 do 3000 rpm w czasie od 1 minuty do 168 godzin, korzystnie prędkością od 100 do 2500 rpm w zakresie od 4 do 24 godzin.

W korzystnym sposobie stosuje się sorbent w postaci frakcji o rozdrobnieniu od 1 nm do 50 μm .

W korzystnym sposobie miesza się ciecz magnetoreologiczną w temperaturze powyżej 20°C, korzystnie w temperaturze nie większej niż 150°C.

W korzystnym sposobie wytworzona ciecz magnetoreologiczna składa się z cząstek magnetycznych o średnich rozmiarach sorbentu o wielkości od 1 nm do 500 μm , korzystnie od około 5 nm do około 5 μm .

W korzystnym sposobie zastosowany materiał odpadowy w postaci sorbentu z zaabsorbowanym na sorbencie z roztworu wodnego zanieczyszczeniem stanowiącym co najmniej jeden związek organiczny jest wytwarzany poprzez dodanie sorbentu z materiału magnetycznego dodaje się do zanieczyszczonego co najmniej jednym związkiem organicznym roztworu wodnego, przy czym zanieczyszczony roztwór wodny kontaktuje się z sorbentem, korzystnie z mieszaniem i/lub wytrząsaniem, korzystnie kontaktuje się z sorbentem od 1 minuty do 168 godzin, po czym separuje się mechanicznie lub magnetycznie sorbent od roztworu wodnego, korzystnie sorbent z zaabsorbowanym na sorbencie z roztworu wodnego zanieczyszczeniem stanowiącym co najmniej jeden związek organiczny następnie suszy się i rozdrabnia się.

W korzystnym sposobie zastosowany sorbent z metalu magnetycznego wytwarza się metodą współstrącenia w roztworze wodnym wytwarza się sorbent z materiału magnetycznego, gdzie z soli żelaza (II) i żelaza (III) o stosunku molowym (II):(III) – 1:2 zasadowym czynnikiem strącającym, wytrąca się tlenek żelaza (II, III), przy czym korzystnie zasadowy czynnik strącający jest wybrany z NaOH, KOH, $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (tj. $(\text{NH}_3)_{\text{aq}}$), który jest dodawany do uzyskania pH nie mniej niż 10, korzystnie w zakresie pH 10–11, najkorzystnie 10,5, przy czym w przypadku tlenku żelaza (II, III) domieszkowanego co najmniej jednym innym metalem domieszka cynku, cyny, manganu, niklu, molibdenu, chromu, kobaltu, ich soli lub ich mieszanin jest dodawana w zakresie stężenia do 20% molowo, korzystnie około 15% molowo, przy czym domieszką zastępuje się sole żelaza Fe(II), przy czym korzystnie strącanie prowadzi się w temperaturze pokojowej lub w zakresie 22–95°C przez od 5 minut do 2 godzin.

W korzystnym sposobie wytworzony sorbent separuje się magnetycznie, metodą wirową lub filtruje się a następnie suszy się i rozdrabnia się.

Wynalazek dotyczy również cieczy magnetoreologicznej reagującej na pole magnetyczne o charakterze ferromagnetycznym lub superparamagnetycznym wytworzonej sposobem według wynalazku.

Nieoczekiwanie okazało się, że sposób wytwarzania cieczy magnetoreologicznej na bazie materiałów magnetycznych używanych do wyłapywania zanieczyszczeń z roztworów wodnych i niewodnych wykorzystujący zagospodarowanie odpadów poprzez sorpcję związków organicznych za pomocą cząstek magnetycznych prowadzi do uzyskania cieczy magnetoreologicznej, która ma doskonałe właściwości w tym mikromechaniczne, takie jak granica plastyczności, dobra stabilnością temperaturową. Właściwości uzyskanych nanocząstek domieszkowanych metalami charakteryzują się również dobra stabilność przed sedymentacją, jak również doskonała zdolność do dyspergowania w lepkiej cieczy. Ponadto, przedstawione rozwiązanie umożliwia zagospodarowanie wtórnych odpadów po procesie

oczyszczania np. wody z zanieczyszczeń odpadami farmaceutycznymi lub barwnikami. Głównym składnikiem ferromagnetycznym materiału wykorzystywanego w sposobie wytwarzania według wynalazku są metale, stopy metali oraz tlenki metali reagujące na pole magnetyczne o charakterze ferromagnetycznym lub superparamagnetycznym, które służą jako sorbenty do wyłapywania zanieczyszczeń organicznych z roztworów np. roztworów wodnych tj. zanieczyszczonych akwenów. Po wyłapaniu zanieczyszczeń, sorbenty te w niniejszym zgłoszeniu służą jako cząstki magnetyczne do wytworzenia cieczy magnetoreologicznej jako sposób zagospodarowania odpadów tj. wyłapanych związków organicznych, a także cząstek (nanocząstek i większych cząstek) ferromagnetycznych oraz superparamagnetycznych.

Dla wytworzenia cieczy magnetoreologicznej sposobem wytwarzania cieczy magnetoreologicznej według wynalazku we wstępnym etapie wykorzystuje się magnetyczny materiał do usunięcia zanieczyszczeń z roztworów przez ich adsorpcję na powierzchni cząstek jako wyjściowego materiału do wytworzenia cieczy magnetoreologicznej.

W celu jego wytworzenia przeprowadza się syntezę magnetycznego sorbentu przykładowo używając metody współstrącaniowej w roztworze wodnym, gdzie z soli żelaza (II) i żelaza (III) w stosunku molowym soli (II):(III) – 1:2 wytrąca się tlenek żelaza (II, III) (znany również jako Fe_3O_4 , tlenek żelaza(II) diżelaza(III), $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) zasadowym czynnikiem strącającym np. NaOH lub roztworem wodnym amoniaku (wodą amoniakalną). Syntezę prowadzi się zwykle w temperaturze pokojowej lub podwyższonej w zakresie 22–95°C mieszając magnetycznie lub mechanicznie w zakresie 100–1500 rpm przez czas 5 min–2 h. W ten sposób wytwarza się tlenek żelaza (II, III), który następnie można przepłukać wodą destylowaną celem usunięcia chlorków z roztworu.

Analogicznie można wytworzyć magnetyczny sorbent z tlenku żelaza (II, III) domieszkowanego różnymi metalami np. Zn, Sn i innymi w zakresie stężeń do 20 % molowo, korzystniej około 15% molowo domieszki, gdzie do mieszaniny soli w roztworze wodnym dodaje się w miejsce Fe(II) odpowiednią ilość domieszki.

Uzyskany materiał następnie się suszy i można zastosować jako magnetyczny materiał sorbcyjny i/lub katalizator i/lub fotokatalizator do wyłapywania i/lub degradacji zanieczyszczeń np. z wody.

Po ekspozycji roztworów np. wodnych zanieczyszczonych związkami organicznymi np. lekami, pigmentami lub innymi związkami organicznymi na taki magnetyczny materiał sorbcyjny zostają one zaadsorbowane na powierzchni cząstek magnetycznych a roztwór oczyszczony z zanieczyszczeń.

Wówczas materiał magnetyczny będący sorbentem z zaadsorbowanymi związkami organicznymi gromadzony jest w roztworze wodnym, a następnie np. ściągany na magnes celem pozbycia się nadmiaru wody.

Dla wytworzenia cieczy magnetoreologicznej dodawana jest ciecz o wysokiej lepkości np. olej silikonowy i prowadzone jest mechaniczne mieszanie cieczy bez obecności pola magnetycznego w temperaturze np. 150°C lub niższej w zależności od zastosowanego oleju, celem odparowania wody. Gdy sorbenty zawierające związki organiczne są dyspergowane mechanicznie w oleju, dodawany zostaje związek spełniający funkcję łącznika czyli czynnik stabilizujący, przy czym funkcję takiego czynnika stabilizującego w przypadku ujawnionego sposobu wytwarzania cieczy magnetoreologicznej spełniają, przynajmniej częściowo, zaadsorbowane na sorbencie zanieczyszczenia. Stąd dodanie związków organicznych w postaci zaadsorbowanych na sorbencie zanieczyszczeń najczęściej wystarcza do wytworzenia cieczy magnetoreologicznej. A zatem dodanie innego znanego związku stanowiącego czynnik stabilizujący albo nie jest konieczne albo jest zminimalizowane. Jednocześnie nowy sposób wytwarzania cieczy magnetoreologicznej pozwala zagospodarować odpady i zanieczyszczenia z wody jak i pozwala na jej łatwe i skuteczne oczyszczanie z zanieczyszczeń.

Znane czynniki stabilizujące mogą stanowić np. chlorek adipoilu, kwas oleionowy, oleiloaminy i/lub inne związki organiczne lub ich mieszaniny. Dodatkowe czynniki stabilizujące mogą być dopasowane w zależności od usuwanego zanieczyszczenia, oddziaływania pomiędzy sorbentem i/lub zanieczyszczeniami organicznymi, a olejem. Medium do rozproszenia cząstek magnetycznych jest dobierane kompatybilnie do grup funkcyjnych znajdujących się na powierzchni związku chemicznego będącego usuniętym zanieczyszczeniem organicznym. W przypadku zastosowania oleju mineralnego lub silikonowego zanieczyszczenie zaadsorbowane przez cząstki cieczy magnetoreologicznej na swojej powierzchni powinny mieć grupy hydrofobowe tj. np. alkilowe itd. Natomiast, w przypadku cieczy magnetoreologicznych wodnych grupami funkcyjnymi znajdujących się na powierzchni zanieczyszczenia stanowią hydrofile np. tj. grupy hydroksylowe, karboksylowe, diolowe itd.

Ciecz zawierająca sorbenty z zanieczyszczeniami wyłapanymi z wody oraz czynnikiem stabilizującym jest mieszana przez czas od około 4 h do około 24 h do jednorodnego zdyspergowania cząstek w roztworze. Mieszanie może być prowadzone z grzaniem lub bez grzania.

Cząstki magnetyczne mogą być również suszone i następnie rozdrabniane, bez konieczności odparowywania wody z mieszaniny z olejem.

W efekcie otrzymywana jest ciecz, którą można przyciągać magnesem. W zależności od stosunku cząstek magnetycznych do oleju ciecz może mieć różną lepkość.

KRÓTKI OPIS FIGUR RYSUNKU

Przykładowe realizacje wynalazku zaprezentowano na figurach rysunku, na których:

Fig. 1 Przedstawia jako A i B obrazy SEM różnych nanocząstek domieszkowanych sorbentami magnetycznymi po procesie oczyszczania roztworów wodnych i niewodnych ze związków organicznych, uzyskanych w procesie przykładowej syntezy po wyłapywaniu zanieczyszczeń organicznych w różnym powiększeniu.

Fig. 2 Przedstawia na zdjęciach a) i b) ciecz magnetoreologiczną uzyskaną na skutek zmieszania nanocząstek magnetycznych powstałych w procesie wyłapywania zanieczyszczeń z olejem oraz czynnikiem stabilizującym.

Cytowane w opisie publikacje oraz podane w nich odniesienia są w całości niniejszym włączone, jako referencje. Poniższe przykłady ilustrują wynalazek, nie ograniczając go w żaden sposób.

SPOSOBY WYKONANIA WYNALAZKU

Poniższe przykłady umieszczono jedynie w celu zilustrowania wynalazku oraz wyjaśnienia poszczególnych jego aspektów, a nie w celu jego ograniczenia i nie powinny być utożsamiane z całym jego zakresem, który zdefiniowano w załączonych zastrzeżeniach.

PRZYKŁADY

Przykład 1. Wytwarzanie cieczy magnetoreologicznej

A) Otrzymywanie materiału magnetycznego (sorbentu) – otrzymanie składników magnetycznych do wytworzenia cieczy magnetoreologicznej

Magnetyczny sorbent uzyskano się poprzez przeprowadzenie następujących etapów:

Uzyskano materiał magnetyczny – sorbent w postaci tlenku żelaza poprzez wytrącenie z roztworu wodnego soli żelaza (II) oraz soli żelaza (III) zmieszanych w stosunku molowym około 1:2, przy czym używano czynnika strącającego w postaci $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, NaOH, KOH lub roztworów wodnych amoniaku (wody amoniakalnej). Czynnika strącającego dodawano do uzyskania pH mieszaniny w zakresie 10,0–11,0, najczęściej 10,5. Syntezę magnetycznego sorbentu prowadzono w temperaturze w zakresie około 22–95°C mieszając magnetycznie lub mechanicznie z prędkością od około 100 do 1500 rpm przez czas około 5 minut do około 2 godzin.

Uzyskany tlenek żelaza Fe_3O_4 (znany również jako tlenek żelaza (II, III), tlenek żelaza(II) diżelaza(III), $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) przepłukano wodą destylowaną celem usunięcia chlorków z roztworu. Następnie uzyskany materiał pozostawiono do wysuszenia w suszarce w temp. 60°C, jak również na mieszadle magnetycznym z funkcją grzania (60°C) oraz w temperaturze pokojowej.

W poniższej Tabeli 1 przedstawiono różne warianty wykonania przykładu w postaci przykładów płynnych kompozycji w postaci mieszaniny wodnej soli metali, wraz z ich udziałem wagowym oraz konkretnymi parametrami technologicznym, w których wytwarzano sorbent.

Tabela 1. Przykłady otrzymanych materiałów magnetycznych i warunki ich wytworzenia

naważki soli	czynnik strącający	temperatura roztworu	prędkość mieszania	czas syntezy
8,10 g FeCl ₃ 2,982 g FeCl ₂ 150 ml wody	25 % NH ₃ do osiągnięcia pH ~10.5	85 - 95 °C	560 rpm	1h
8,10 g FeCl ₃ 2,982 g FeCl ₂ 150 ml wody	25 % NH ₃ do osiągnięcia pH 11	85 - 95 °C	560 rpm	2h
5,4 g FeCl ₃ 2,0 g FeCl ₂ 500 ml wody	1 mol/l KOH lub 1 mol/l NaOH do osiągnięcia pH ~10.5	60 °C	1000 rpm - 1500 rpm	15 min
2,7 g FeCl ₃ 1,0 g FeCl ₂ 200 ml wody		70 °C		30 min
2,7 g FeCl ₃ 1,0 g FeCl ₂ 400 ml wody	1 mol/l KOH lub 1 mol/l NaOH do osiągnięcia pH ~10.25	90 °C	1000 rpm - 1500 rpm	1h
8,10 g FeCl ₃ 2,982 g FeCl ₂ 150 ml wody	1 mol/l KOH lub 1 mol/l NaOH do osiągnięcia pH ~10.5	50 °C	600 rpm	2h

B) Oczyszczanie zanieczyszczeń organicznych z wody za pomocą materiału magnetycznego

Otrzymany zgodnie z pkt. **A)** sorbent w postaci tlenku żelaza (stanowiący materiał sorbencyjny i/lub katalizator) i/lub sorbenty przedstawione w **Tabeli 1** i **Tabeli 3** użyto do wyłapywania lub degradacji zanieczyszczeń z wody zanieczyszczonej związkami organicznymi np. lekami, pigmentami lub innymi związkami organicznymi. Zanieczyszczony związkami organicznymi roztwór wodny kontaktowano z sorbentem, korzystnie przez czas od 1 minuty do 168 godzin, korzystnie z wytrząsaniem lub mieszaniem. Przy czym ww. związki wyłapuje się jako reakcja powierzchniowa sorbentu, natomiast właściwości magnetyczne sorbentu wykorzystano w celu usunięcia go z roztworu poprzez działanie polem magnetycznym na roztwór, przez co uzyskano oczyszczone roztwory wodne pozbawione zanieczyszczeń bez sorbentu/ów. Reasumując sorbent z wyłapanymi na powierzchni materiałami (związkami organicznymi zanieczyszczającymi wodę) separowano magnetycznie lub mechanicznie i stanowił on materiał wyjściowy do dalszego etapu, wytworzenia cieczy magnetoreologicznej.

C) Otrzymywanie cieczy magnetoreologicznej

Uzyskane zgodnie z pkt **B)** nanocząstki sorbentu z zaabsorbowanymi zanieczyszczeniami w ilości 20 g mieszano z olejem silikonowym o lepkości kinematycznej około 5000 cSt w ilości 50 ml z wykorzystaniem mieszadła mechanicznego przez okres 1 godziny. Następnie dodawano czynnik stabilizujący np. chlorek adypoiłu w ilości do ok. 5% wag. tj. około 2 ml. Całość mieszano na mieszadle mechanicznym przez około 24 h.

W poniższej **Tabeli 2** ujawniono warianty wykonania przykładu dla mieszaniny poszczególnych składników cieczy magnetoreologicznej (MR), które mieszano w różnym stosunku molowym np. 20 g nośnika magnetycznego wraz z zanieczyszczeniami, 50 ml oleju oraz 2 ml stabilizatora.

Dodatkowo, korzystnie celem uzyskania jednorodnej mieszaniny dodawano dodatki tj. graf en lub tlenek graf en u w ilości 10 mg (5% wagowo względem nośnika magnetycznego) na podane ilości składników zwiększające stabilność cieczy MR.

Tabela 2. Przedstawia poszczególne składniki różnych wykonń cieczy magnetoreologicznej (MR), które mieszano w różnym stosunku molowym

rodzaj cząstek	rodzaj zanieczyszczenia zaadsorbowanego na cząstkach stałych	stabilizator	lepka ciecz	Dodatki opcjonalne
Fe ₃ O ₄ domieszkowane 1% cynkiem	żółcień tytanowa i/lub czerwien alizarynowa i/lub rodamina 6G	chlorek adipoilu	olej silnikowy	Grafen/tlenek grafenu
Fe ₃ O ₄ domieszkowane 2,5% cynkiem		chlorek sebakoilu		
Fe ₃ O ₄ domieszkowane 5% cynkiem		chlorek adipoilu		
mieszanina Fe ₃ O ₄ o różnym składzie domieszek Zn (0,01-20%)		oleiloamina i kwas oleinowy		
Fe ₃ O ₄ domieszkowane 1% cynkiem	tetracyklina i/lub oksycyklina	chlorek adipoilu	olej silnikowy	Grafen/tlenek grafenu
Fe ₃ O ₄ domieszkowane 2,5% cynkiem		chlorek sebakoilu		
Fe ₃ O ₄ domieszkowane 5% cynkiem		kwas oleinowy		
mieszanina Fe ₃ O ₄ o różnym składzie domieszek Zn (0,01-20%)		oleiloamina		
Fe ₃ O ₄ domieszkowane 1% cyny	błękit metylenowy i/lub czerwien neutralna	chlorek adipoilu	olej silnikowy	Grafen/tlenek grafenu
Fe ₃ O ₄ domieszkowane 2,5% cyny		chlorek sebakoilu		
Fe ₃ O ₄ domieszkowane 5% cyny		kwas oleinowy i chlorek adypoilu		
mieszanina Fe ₃ O ₄ o różnym składzie domieszek Sn (0,01-20%)		oleiloamina i kwas oleinowy		

Przykład 2. Wytwarzanie cieczy magnetoreologicznej

Analogicznie do tej syntezy przedstawionej w pkt. A) w **Przykładzie 1** wytwarzano sorbent na bazie tlenku żelaza domieszkowanego różnymi metalami np. cynkiem, cyną, manganem, niklem, molibdenem, chromem, kobaltem i innymi w zakresie stężeń do 20% molowo domieszki, gdzie do mieszaniny soli w roztworze wodnym dodano w miejsce Fe(II) odpowiednią ilość domieszki.

W poniższej **Tabeli 3** ujawniono warianty wykonania przykładu dla płynnych kompozycji sorbentu w postaci mieszaniny wodnej soli żelaza oraz soli cynku i soli innych metali, wraz z ich udziałem wagowym oraz konkretnymi parametrami technologicznym, w których wytwarzano sorbent dla 150 ml wody.

Tabela 3. Przykłady otrzymanych materiałów magnetycznych i warunki ich wytworzenia.

naważki soli	czynnik strącający	temperatura roztworu	prędkość mieszania	czas syntezy
8,10 g FeCl ₃ 2,97 g FeCl ₂ 29,82 mg ZnCl ₂ w 150 ml wody	1mol/l KOH lub 1 mol/l NaOH lub (NH ₃) _{aq} , Do pH 10-11	85-95 °C	560 rpm	1h/2h
8,10 g FeCl ₃ 2,922 g FeCl ₂ 59,64 mg ZnCl ₂ w 150 ml wody	1mol/l KOH lub 1 mol/l NaOH lub (NH ₃) _{aq} , Do pH 10-11	85-95 °C	560 rpm	1h/2h
8,10 g FeCl ₃ 2,8329 g FeCl ₂ 149,10 mg ZnCl ₂ w 150 ml wody	1mol/l KOH lub 1 mol/l NaOH lub (NH ₃) _{aq} , Do pH 10-11	85-95 °C	560 rpm	1h/2h
8,10 g FeCl ₃ 2,683 g FeCl ₂ 298,20 mg ZnCl ₂ w 150 ml wody	1mol/l KOH lub 1 mol/l NaOH lub (NH ₃) _{aq} , Do pH 10-11	85°C	560 rpm	1h/2h
8,10 g FeCl ₃ 2,97 g FeCl ₂ 29,82 mg ZnCl ₂ w 150 ml wody	1mol/l KOH lub 1 mol/l NaOH lub (NH ₃) _{aq} , Do pH 10-11	50-60°C	600 rpm	15 min
8,10 g FeCl ₃ 2,922 g FeCl ₂ 59,64 mg ZnCl ₂ w 150 ml wody	1mol/l KOH lub 1 mol/l NaOH lub (NH ₃) _{aq} , Do pH 10-11	85-95°C	600 rpm	15 min
8,10 g FeCl ₃ 2,9626 g FeCl ₂ 19,44 mg CoCl ₂ w 150 ml wody	1mol/l KOH lub 1 mol/l NaOH lub (NH ₃) _{aq} , Do pH 10-11	85-95°C	560 rpm	1h/2h

8,10 g FeCl ₃ 2,9431 g FeCl ₂ 38,88 mg CoCl ₂ w 150 ml wody	1mol/l KOH lub 1 mol/l NaOH lub (NH ₃) _{aq} , Do pH 10-11	85-95°C	560 rpm	1h/2h
8,10 g FeCl ₃ 2,8848 g FeCl ₂ 97,20 mg CoCl ₂ w 150 ml wody	1mol/l KOH lub 1 mol/l NaOH lub (NH ₃) _{aq} , Do pH 10-11	85-95°C	560 rpm	1h/2h
8,10 g FeCl ₃ 2,7876 g FeCl ₂ 194,40 mg CoCl ₂ w 150 ml wody	1mol/l KOH lub 1 mol/l NaOH lub (NH ₃) _{aq} , Do pH 10-11	85-95°C	560 rpm	1h/2h
8,10 g FeCl ₃ 2,5932 g FeCl ₂ 388,80 mg CoCl ₂ w 150 ml wody	1mol/l KOH lub 1 mol/l NaOH lub (NH ₃) _{aq} , Do pH 10-11	85-95°C	560 rpm	1h/2h
8,10 g FeCl ₃ 2,9626 g FeCl ₂ 19,43 mg NiCl ₂ w 150 ml wody	1mol/l KOH lub 1 mol/l NaOH lub (NH ₃) _{aq} , Do pH 10-11	85-95°C	560 rpm	1h/2h
8,10 g FeCl ₃ 2,9431 g FeCl ₂ 38,86 mg NiCl ₂ w 150 ml wody	1mol/l KOH lub 1 mol/l NaOH lub (NH ₃) _{aq} , Do pH 10-11	85-95°C	560 rpm	1h/2h
8,10 g FeCl ₃ 2,8848 g FeCl ₂ 97,15 mg NiCl ₂ w 150 ml wody	1mol/l KOH lub 1 mol/l NaOH lub (NH ₃) _{aq} , Do pH 10-11	85-95°C	560 rpm	1h/2h
8,10 g FeCl ₃ 2,7887 g FeCl ₂ 193,30 mg NiCl ₂ w 150 ml wody	1mol/l KOH lub 1 mol/l NaOH lub (NH ₃) _{aq} , Do pH 10-11	85-95°C	560 rpm	1h/2h
8,10 g FeCl ₃ 2,6921 g FeCl ₂ 289,95 mg NiCl ₂ w 150 ml wody	1mol/l KOH lub 1 mol/l NaOH lub (NH ₃) _{aq} , Do pH 10-11	85-95°C	560 rpm	1h/2h
8,10 g FeCl ₃ 2,5954 g FeCl ₂ 386,60 mg NiCl ₂ w 150 ml wody	1mol/l KOH lub 1 mol/l NaOH lub (NH ₃) _{aq} , Do pH 10-11	85-95°C	560 rpm	1h/2h
8,10 g FeCl ₃ 2,9631 g FeCl ₂ 18,8664 mg MnCl ₂ w 150 ml wody	1mol/l KOH lub 1 mol/l NaOH lub (NH ₃) _{aq} , Do pH 10-11	85-95°C	560 rpm	1h/2h
8,10 g FeCl ₃ 2,9443 g FeCl ₂ 37,7328 mg MnCl ₂ w 150 ml wody	1mol/l KOH lub 1 mol/l NaOH lub (NH ₃) _{aq} , Do pH 10-11	85-95°C	560 rpm	1h/2h
8,10 g FeCl ₃ 2,8877 g FeCl ₂ 94,3320 mg MnCl ₂ w 150 ml wody	1mol/l KOH lub 1 mol/l NaOH lub (NH ₃) _{aq} , Do pH 10-11	85-95°C	560 rpm	1h/2h
8,10 g FeCl ₃ 2,7933 g FeCl ₂ 188,6640 mg MnCl ₂ w 150 ml wody	1mol/l KOH lub 1 mol/l NaOH lub (NH ₃) _{aq} , Do pH 10-11	85-95°C	560 rpm	1h/2h

8,10 g FeCl ₃ 2,6990 g FeCl ₂ 282,9960 mg MnCl ₂ w 150 ml wody	1mol/l KOH lub 1 mol/l NaOH lub (NH ₃) _{aq} , Do pH 10-11	85-95°C	560 rpm	1h/2h
8,10 g FeCl ₃ 2,6047 g FeCl ₂ 377,3280 mg MnCl ₂ w 150 ml wody	1mol/l KOH lub 1 mol/l NaOH lub (NH ₃) _{aq} , Do pH 10-11	85-95°C	560 rpm	1h/2h
8,10 g FeCl ₃ 2,9410 g FeCl ₂ 40,9609 mg MoCl ₅ w 150 ml wody	1mol/l KOH lub 1 mol/l NaOH lub (NH ₃) _{aq} , Do pH 10-11	85-95°C	560 rpm	1h/2h
8,10 g FeCl ₃ 2,9 g FeCl ₂ 81,9218 mg MoCl ₅ w 150 ml wody	1mol/l KOH lub 1 mol/l NaOH lub (NH ₃) _{aq} , Do pH 10-11	85-95°C	560 rpm	1h/2h
8,10 g FeCl ₃ 2,7772 g FeCl ₂ 204,8045 mg MoCl ₅ w 150 ml wody	1mol/l KOH lub 1 mol/l NaOH lub (NH ₃) _{aq} , Do pH 10-11	85-95°C	560 rpm	1h/2h
8,10 g FeCl ₃ 2,5724 g FeCl ₂ 409,609 mg MoCl ₅ w 150 ml wody	1mol/l KOH lub 1 mol/l NaOH lub (NH ₃) _{aq} , Do pH 10-11	85-95°C	560 rpm	1h/2h

Przy czym dla wytworzenia cieczy magnetoreologicznej (MR) pozostałe etapy tj. B) oraz C) były prowadzone analogicznie jak w **Przykładzie 1**.

Przykład 3. Wytwarzanie cieczy magnetoreologicznej

Prowadzi się proces analogicznie jak w **Przykładzie 1**, z tym, że w trakcie mieszania sorbentu w etapie C) prowadzi się go w temperaturze nie wyższej niż 150°C.

Podane przykłady nie wyczerpują możliwości wykonania i zastosowania wynalazku.

Wynalazek ma przykładowo zastosowanie do utylizacji sorbentu powstałego po adsorpcji podczas procesu wyłapywania zanieczyszczeń z roztworów wodnych i niewodnych, tj. oczyszczania roztworów ze związków, szczególnie trudnych do utylizacji związków organicznych.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wytwarzania cieczy magnetoreologicznej, która reaguje na pole magnetyczne o charakterze ferromagnetycznym lub superparamagnetycznym, **znamienny tym**, że do oleju o lepkości kinematycznej od 10 do 10 000 cSt dodaje się materiał odpadowy w postaci sorbentu z materiału magnetycznego wytworzonego z tlenku żelaza (II, III) i/lub tlenku żelaza (II, III) domieszkowanego co najmniej jednym innym metalem, z zaabsorbowanym na sorbencie z roztworu wodnego zanieczyszczeniem w postaci co najmniej jednego związku organicznego i miesza się mechanicznie do wytworzenia cieczy magnetoreologicznej; przy czym wspomniany co najmniej jeden inny metal jest wybrany z cynku, cyny, manganu, niklu, molibdenu, chromu, kobaltu lub ich mieszanin, natomiast wspomniany co najmniej jeden związek organiczny jest wybrany z grupy składającej się ze związków pochodzenia farmaceutycznego w tym antybiotyków, leków przeciwbólowych, związków hormonalnych; barwników, w tym barwników uwalnianych z tworzyw sztucznych, pigmentów z przemysłu chemicznego, kosmetycznego, tekstylnego oraz związków organicznych wybranych z od prostych związków alifatycznych po związki wielopierścieniowe.
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że olej o lepkości kinematycznej od 10 do 10 000 cSt jest wybrany z oleju węglowodorowego, oleju mineralnego, oleju silikonowego lub ich mieszaniny.

3. Sposób według zastrz. 1–2, **znamienny tym**, że po dodaniu do oleju sorbentu dodaje się dodatkowo czynnik stabilizujący wybrany z związku organicznego lub mieszaniny związków organicznych, korzystnie dodatkowy czynnik stabilizujący wybrany jest z chlorku adypoiłu, kwasu oleinowego, oleiloamin lub ich mieszanin, korzystnie dodatkowy czynnik stabilizujący dodaje się po od 10 minutach do 3 godzinach, korzystnie po 1 godzinie od rozpoczęcia mieszania.
4. Sposób według zastrz. 1–3, **znamienny tym**, że przed rozpoczęciem mieszania i/lub w jego trakcie dodaje się grafen, tlenek grafenu lub ich mieszaninę.
5. Sposób według zastrz. 1–4, **znamienny tym**, że mieszanie mechaniczne prowadzi się z prędkością od 10 do 3000 rpm w czasie od 1 minuty do 168 godzin, korzystnie z prędkością od 100 do 2500 rpm w zakresie od 4 do 24 godzin.
6. Sposób według zastrz. 1–5, **znamienny tym**, że stosuje się sorbent w postaci frakcji o rozdrobnieniu od 1 nm do 50 μm .
7. Sposób według zastrz. 1–6, **znamienny tym**, że miesza się ciecz magnetoreologiczną w temperaturze powyżej 20°C, korzystnie w temperaturze nie większej niż 150°C.
8. Sposób według zastrz. 1–7, **znamienny tym**, że wytworzona ciecz magnetoreologiczna składa się z cząstek magnetycznych o średnich rozmiarach sorbentu o wielkości od 1 nm do 500 μm , korzystnie od około 5 nm do około 5 μm .
9. Sposób według zastrz. 1–8, **znamienny tym**, że zastosowany materiał odpadowy w postaci sorbentu z zaabsorbowanym na sorbencie z roztworu wodnego zanieczyszczeniem stanowiącym co najmniej jeden związek organiczny jest wytwarzany poprzez dodanie sorbentu z materiału magnetycznego do zanieczyszczonego co najmniej jednym związkiem organicznym roztworu wodnego, przy czym zanieczyszczony roztwór wodny kontaktuje się z sorbentem, korzystnie z mieszaniem i/lub wytrząsaniem, korzystnie kontaktuje się z sorbentem od 1 minuty do 168 godzin, po czym separuje się mechanicznie lub magnetycznie sorbent od roztworu wodnego.
10. Sposób według zastrz. 9, **znamienny tym**, że sorbent z zaabsorbowanym na sorbencie z roztworu wodnego zanieczyszczeniem stanowiącym co najmniej jeden związek organiczny następnie suszy się i rozdrabnia się.
11. Sposób według zastrz. 1–10, **znamienny tym**, że zastosowany sorbent z metalu magnetycznego wytwarza się metodą współstrącenia w roztworze wodnym, gdzie z soli żelaza (II) i żelaza (III) o stosunku molowym (II):(III) – 1:2 zasadowym czynnikiem strącającym, wytrąca się tlenek żelaza (II, III), przy czym korzystnie zasadowy czynnik strącający jest wybrany z NaOH, KOH, $\text{NH}_3\text{H}_2\text{O}$, który jest dodawany do uzyskania pH nie mniej niż 10, korzystnie w zakresie pH 10–11; przy czym w przypadku tlenku żelaza (II, III) domieszkowanego co najmniej jednym innym metalem domieszka cynku, cyny, manganu, niklu, molibdenu, chromu, kobaltu, ich soli lub ich mieszanin jest dodawana w zakresie stężenia do 20% molowo, korzystnie do 15% molowo, przy czym domieszką zastępuje się sole żelaza Fe(II), przy czym korzystnie strącanie prowadzi się w temperaturze pokojowej lub w zakresie 22–95°C przez od 5 minut do 2 godzin.
12. Sposób według zastrz. 11, **znamienny tym**, że wytworzony sorbent separuje się magnetycznie, metodą wirową lub filtruje się a następnie suszy się i rozdrabnia się.
13. Ciecz magnetoreologiczna reagująca na pole magnetyczne o charakterze ferromagnetycznym lub superparamagnetycznym wytworzona sposobem jak określonym w zastrz. 1–12.

