

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 245408 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **439849**

(22) Data zgłoszenia: **2021.12.15**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2023.06.19 BUP 25/2023**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.07.22 WUP 30/2024**

(51) MKP:

G09B 23/18 (2006.01)

G09B 23/24 (2006.01)

H02K 44/08 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

UNIWERSYTET ŁÓDZKI, Łódź, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:

STANISŁAW BEDNAREK, Łódź, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Wojciech Zajączkowski, Łódź, PL

(54) Tytuł:

Silnik magnetohydrodynamiczny

PL 245408 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest silnik magnetohydrodynamiczny, mający zastosowanie w laboratoriach fizycznych do celów badawczych i edukacyjnych.

Z opisu patentowanego nr US2997013, zatytułowanego „System napędowy” jest znany silnik magnetohydrodynamiczny, przeznaczony do napędu jednostek pływających przy zachowaniu laminarnego przepływu cieczy. Silnik składa się z korpusu w kształcie rury o przekroju spłaszczonego walca. Wewnątrz tej rury znajdują się dwa magnesy trwałe, z których każdy ma kształt litery U. Magnesy przylegają do rury i są zwrócone ramionami litery U ku sobie. Między końcami tych ramion są umieszczone przekładki izolacyjne, a między przekładkami znajdują się elektrody o przekroju prostokątnym. Silnik jest zanurzony w ciekłym przewodniku jonowym, np. w słonej wodzie. Zasada działania znanego silnika polega na tym, że do elektrod przykładana jest siła elektromotoryczna, powodująca przepływ prądu elektrycznego w przewodniku jonowym w kierunku prostopadłym do linii pola magnetycznego, wytwarzanego przez magnesy trwałe. W tej sytuacji na przewodnik działa siła elektrodynamiczna, a na silnik siła reakcji, zwrócona przeciwnie i napędzająca jednostkę pływającą, do której jest przymocowany korpus silnika.

Inny, znany z cytowanego opisu patentowego silnik magnetohydrodynamiczny, składa się z czterech magnesów trwałych o przekroju prostokątnym, rozmieszczonych symetrycznie wewnątrz rury zewnętrznej, stanowiącej korpus silnika. Magnesy są zwrócone ku sobie biegunami różnoimiennymi i w środkowej części między magnesami znajduje się rura wewnętrzna, współosiowa z rurą zewnętrzną. Między magnesami są wolne przestrzenie w kształcie wycinków cylindra. Obie rury są wykonane z różnych metali, np. rura wewnętrzna ze srebra, a rura zewnętrzna z magnezu. Ponadto między magnesami i rurą wewnętrzną znajdują się przekładki izolacyjne. Podobnie jak poprzednio, silnik magnetohydrodynamiczny jest zanurzony w ciekłym przewodniku jonowym, np. w słonej wodzie. Zasada działania znanego silnika polega na tym, że między rurami wykonanymi z różnych metali i zanurzonymi w przewodniku jonowym, a więc stanowiącymi ogniwo galwaniczne, jest wytwarzana siła elektromotoryczna, która powoduje przepływ prądu elektrycznego w kierunku radialnym w wolnych przestrzeniach między magnesami, wypełnionych przewodnikiem jonowym. Jednocześnie ten przewodnik znajduje się w polu magnetycznym, skierowanym prostopadle do kierunku przepływu prądu elektrycznego. W wyniku tego na przewodnik jonowy działa siła elektrodynamiczna, skierowana wzdłuż rur i powodująca jego przepływ. Skutkiem tego na silnik i połączoną z nim jednostkę pływającą działa siła reakcji, zwrócona przeciwnie i powodująca jej napęd.

Z tego samego opisu patentowego jest też znany silnik magnetohydrodynamiczny, składający się ze współosiowych rur, wykonanych z różnych metali i stanowiących elektrody. W wewnętrznej rurze jest umieszczony, wzdłuż jej średnicy, magnes trwały w kształcie dwóch liter T połączonych ze sobą dolnymi częściami. Ten magnes wytwarza pole magnetyczne w przestrzeni między rurami. Linie tego pola są skierowane stycznie do powierzchni rur. Ten silnik jest również zanurzony w ciekłym przewodniku jonowym, np. w słonej wodzie. Zasada działania znanego silnika magnetohydrodynamicznego jest analogiczna, jak silnika opisanego wcześniej z tą różnicą, że prąd elektryczny płynie w kierunku radialnym w przestrzeni między współosiowymi rurami.

Istota rozwiązania według wynalazku polega na tym, że silnik magnetohydrodynamiczny zawiera cylindryczne, przezroczyste, otwarte od góry naczynie, wykonane z materiału kwasoodpornego i przezroczystego, korzystnie z olimetakrylanu metylu i do dna tego naczynia jest przyklejona podstawa w kształcie koła z umieszczonym centralnie otworem, w którym jest osadzony wspornik w kształcie pręta, przechodzącego pionowo i zakończony w górnej części stożkowym ostrzem. Nad ostrzem znajduje się łożysko oporowe w kształcie krążka, mającego od dołu stożkowe zagłębienie, którego wierzchołek opiera się na ostrzu, zaś od góry łożysko oporowe ma cylindryczne zagłębienie, a w nim jest osadzony dolny koniec pręta z poziomą szczeliną w górnej części pręta i przechodzącą przez nią wskaźnikiem obrotu w kształcie strzałki skierowanej poziomo. Łożysko oporowe jest osadzone w otworze poziomej tarczy, do której jest przyklejony od dołu magnes trwały w kształcie pierścienia, namagnesowany w kierunku jego osi podłużnej i wykonany korzystnie ze spieku żelazo-neodym-bor oraz pokryty warstwą ochronną niklu. Na zewnętrznej, cylindrycznej powierzchni magnesu trwałego jest osadzona anoda w kształcie cienkościennego cylindra wykonanego z blachy ołowianej, zaś w otworze magnesu trwałego jest osadzona tulejka izolacyjna, a w niej jest osadzona katoda w kształcie cienkościennego cylindra wykonanego z blachy ołowianej, pokrytej tlenkiem ołowiu PbO_2 . Ponadto w tarczy 8 są osa-

dziane dwa cylindryczne kołki, których dolne części przechodzą przez tarczę na wylot i kontaktują odpowiednio z katodą i anodą, zaś w górnych i rozszerzonych częściach kołków są wykonane gniazda na wtyk laboratoryjny, a pod tymi częściami kołków są umieszczone dolne końce sprężystych styków, odgiętych ku górze i mogących obracać się wokół kołków. W górnej części bocznej ścianki cylindrycznego naczynia, na wysokości tarczy, jest wykonany nagwintowany otwór, w który jest wkręcony wkręt radełkowany i po całkowitym wkręceniu w otwór ten wkręt jest dociskany do bocznej powierzchni tarczy. Cylindryczne naczynie jest napełnione wodnym roztworem kwasu siarkowego $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ o stężeniu 33% i górny poziom tego roztworu znajduje się poniżej dolnej powierzchni magnezu trwałego. Oprócz tego cylindryczne naczynie, podstawa, wspornik wierzchołek ostrza, łożysko oporowe, pręt, tarcza, magnez trwały, anoda i katoda są współosiowe. Połączenia sklepane podstawy z dnem cylindrycznego naczynia oraz magnezu trwałego z tarczą są wykonane klejem silikonowym. Osadzenia wspornika w podstawie, łożyska oporowego w tarczy, anody na magnezie trwałym oraz tulejki izolacyjnej i katody w otworze magnezu trwałego i cylindrycznych kołków w tarczy są wykonane na wcisk. Ponadto podstawa, tarcza i tulejka izolacyjna są wykonane z materiału elektroizolacyjnego i nieferromagnetycznego, korzystnie z tekstolitu. Wspornik, łożysko oporowe, pręt, wskaźnik kierunku obrotu i wkręt są wykonane z metalu nieferromagnetycznego, korzystnie ze stali austenitycznej, przy czym część w wspornika zanurzona w elektrolicie jest pokryta ochronną warstwą parafiny. Cylindryczne kołki są wykonane z metalu nieferromagnetycznego o małej rezystywności, korzystnie z mosiądzu z kolei styki są wykonane z metalu sprężystego i nieferromagnetycznego o małej rezystywności, korzystnie z brązu berylowego.

Główną zaletą rozwiązania według wynalazku jest niezuczywanie się elektrod oraz zdolność do wielokrotnego i długotrwałego uczytkowania silnika magnetohydrodynamicznego. Dodatkowymi zaletami rozwiązania są prosta i pogładowa konstrukcja oraz niezawodność działania.

Przedmiot wynalazku jest pokazany w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia przekrój osiowy silnika magnetohydrodynamicznego płaszczyzną pionową A-A, fig. 2 jest widokiem silnika z góry, zaś fig. 3 pokazuje widok tego silnika z boku.

Silnik magnetohydrodynamiczny zawiera cylindryczne, przezroczyste, otwarte od góry naczynie 1, wykonane z polimetakrylanu metylu i do dna tego naczynia jest przyklejona podstawa 2 w kształcie koła z umieszczonym centralnie otworem, w którym jest osadzony wspornik 3 w kształcie pręta, przechodzącego pionowo i zakończony w górnej części stożkowym ostrzem 4. Nad ostrzem 4 znajduje się łożysko oporowe w kształcie krążka 5, mającego od dołu stożkowe zagłębienie, którego wierzchołek opiera się na ostrzu 4, zaś od góry łożysko oporowe 5 ma cylindryczne zagłębienie, a w nim jest osadzony dolny koniec pręta 6 z poziomą szczeliną w górnej części pręta i przechodzącą przez nią wskaźnikiem obrotu 7 w kształcie strzałki skierowanej poziomo. Łożysko oporowe 5 jest osadzone w otworze poziomej tarczy 8, do której jest przyklejony od dołu magnez trwały 9 w kształcie pierścienia, namagnesowany w kierunku jego osi podłużnej i wykonany ze spieku żelazo-neodym-bor oraz pokryty warstwą ochronną niklu. Na zewnętrznej, cylindrycznej powierzchni magnezu trwałego 9 jest osadzona anoda 10 w kształcie cienkościennego cylindra wykonanego z blachy ołowianej, zaś w otworze magnezu trwałego 9 jest osadzona tulejka izolacyjna 11, a w niej jest osadzona katoda 12 w kształcie cienkościennego cylindra wykonanego z blachy ołowianej, pokrytej tlenkiem ołowiu PbO_2 . Ponadto w tarczy 8 są osadzone dwa cylindryczne kołki 13, 14, których dolne części przechodzą przez tarczę 8 na wylot i kontaktują odpowiednio z katodą 12 i anodą 10, zaś w górnych i rozszerzonych częściach kołków 13, 14 są wykonane gniazda na wtyk laboratoryjny, a pod tymi częściami kołków 13, 14 są umieszczone dolne końce sprężystych styków 15, 16, odgiętych ku górze i mogących obracać się wokół kołków. W górnej części bocznej ścianki cylindrycznego naczynia 1, na wysokości tarczy 8, jest wykonany nagwintowany otwór, w który jest wkręcony wkręt 17 radełkowany i po całkowitym wkręceniu w otwór ten wkręt jest dociskany do bocznej powierzchni tarczy 8. Cylindryczne naczynie 1 jest napełnione wodnym roztworem kwasu siarkowego 18 $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ o stężeniu 33% i górny poziom tego roztworu znajduje się poniżej dolnej powierzchni magnezu trwałego 9. Oprócz tego cylindryczne naczynie 1, podstawa 2, wspornik 3 wierzchołek ostrza 4, łożysko oporowe 5, pręt 6, tarcza 8, magnez trwały 9, anoda 10 i katoda 11 są współosiowe. Połączenia sklepane podstawy 2 z dnem cylindrycznego naczynia 1 oraz magnezu trwałego 9 z tarczą 8 są wykonane klejem silikonowym. Osadzenia wspornika 3 w podstawie 2, łożyska oporowego 5 w tarczy 8, anody 10 na magnezie trwałym 9 oraz tulejki izolacyjnej 11 i katody 12 w otworze magnezu trwałego 9 i cylindrycznych kołków 13, 14 w tarczy 8 są wykonane na wcisk. Ponadto podstawa 2, tarcza 8 i tulejka izolacyjna 11 są wykonane z tekstolitu. Wspornik 3, łożysko oporowe 5, pręt 6, wskaźnik kierunku obrotu 7 i wkręt 17 są wykonane ze stali austenitycznej, przy czym część wspornika 3 zanurzona w elektrolicie 18 jest pokryta ochronną warstwą

parafiny. Cylindryczne kołki 14 i 15 są wykonane z mosiądzu z kolei styki 15 i 16 są wykonane z brązu berylowego.

Zasada działania silnika magnetohydrodynamicznego polega na tym, że anoda 10 wykonana z ołowiu i katoda 12 wykonana też z ołowiu i pokryta tlenkiem ołowiu, zanurzone w elektrolicie, to jest wodnym roztworze kwasu siarkowego 18, tworzą elektrody akumulatora ołowiowego. Między tymi elektrodami jest wytwarzana siła elektromotoryczna, wynosząca ok. 2 V. Jeżeli sprężyste styki 15 i 16 są połączone ze sobą, to przez elektrolit zawarty między elektrodami 10 i 12 przepływa prąd elektryczny o natężeniu I w kierunku radialnym. Ponieważ elektrolit 18 znajduje się w polu magnetycznym, wytwarzanym przez magnes trwały 9 i indukcja magnetyczna tego pola B jest skierowana prostopadle do kierunku przepływu prądu I , to na elektrolit 18 działa siła elektrodynamiczna F skierowana stycznie do elektrod 10 i 12 i wprawia ten elektrolit w ruch obrotowy. Jeżeli ponadto wkręt 17 jest wykręcony i nie dociska do brzegu tarczy 8, to w wyniku działania siły reakcji, elektrody 10 i 12 wraz z tarczą 8, łożyskiem oporowym 5, magnesem trwałym 9, tulejką izolacyjną 11, cylindrycznymi kołkami 13, 14 i sprężystymi stykami 15, 16 obracają się w przeciwnym kierunku. Po pewnym czasie, skutkiem zachodzących reakcji chemicznych, obie elektrody 10, 12 pokrywają się siarczanem ołowiu $PbSO_4$, przez co siła elektromotoryczna oraz natężenie prądu I maleją i silnik przestaje działać. Wtedy rozłącza się sprężyste styki 15, 16, przez obrócenie jednego z nich, np. 15 do pozycji 19 i wkręca wkręt 17, tak żeby został dociśnięty do brzegu tarczy 8, powodując jej unieruchomienie. Następnie przyłącza się zewnętrzne źródło prądu stałego za pomocą wtyków laboratoryjnych do gniazd w kołkach 13 i 14, łącząc plus źródła z anodą 10 i minus z katodą 12. To powoduje reakcje chemiczne, przywracające elektrody 10 i 12 do stanu początkowego. Po odłączeniu zewnętrznego źródła prądu, wykręceniu wkrętu 17, tak żeby nie dociskał do brzegu tarczy 8 i złączeniu sprężystych styków 15 i 16 ze sobą, silnik jest gotowy do ponownego użytku w poprzednio opisany sposób. Zastosowanie magnesu trwałego 9, wykonanego korzystnie ze spieku żelazo-neodym-bor, umożliwia wytworzenie pola magnetycznego o dużej wartości indukcji B i osiągnięcie większej mocy silnika. Ochronna warstwa niklu zabezpiecza magnes przed utlenianiem się w powietrzu, natomiast warstwa parafiny na części wspornika 3 zanurzonej w elektrolicie 18 chroni wspornik przed działaniem żrącym elektrolitu i zapobiega przepływowi prądów błądzących. Zastosowanie elektrolitu 18 o stężeniu 33% pozwala zminimalizować jego rezystywność i również zwiększyć moc silnika. Wykonanie naczynia 1 z materiału przezroczystego, korzystnie z polimetakrylanu metylu, umożliwia bezpośrednią obserwację zachowania się elektrolitu 18 i zapewnia jego odpowiednią odporność chemiczną i mechaniczną. Wykonanie cylindrycznych kołków 13, 14 oraz sprężystych styków z 15, 16 z materiału o małej rezystywności, korzystnie z mosiądzu i brązu berylowego, umożliwia dobry kontakt tych elementów. Ponadto wykonanie wszystkich elementów silnika, oprócz magnesu trwałego 9, z materiałów nieferromagnetycznych – w tym ze stali austenitycznej i tekstolitu, mosiądzu i brązu berylowego, zapobiega zbędnemu namagnesowaniu tych elementów, które utrudniłoby pracę silnika.

Zastrzeżenia patentowe

1. Silnik magnetohydrodynamiczny mający cylindryczne, przezroczyste, otwarte od góry naczynie, wykonane z materiału kwasoodpornego i przezroczystego, korzystnie z polimetakrylanu metylu, **znamienny tym**, że do dna naczynia (1) jest przyklejona podstawa (2) w kształcie koła z umieszczonym centralnie otworem, w którym jest osadzony wspornik (3) w kształcie pręta, przechodzącego pionowo i zakończonego w górnej części stożkowym ostrzem (4), a nad ostrzem (4) znajduje się łożysko oporowe w kształcie krążka (5), mającego od dołu stożkowe zagłębienie, którego wierzchołek opiera się na ostrzu (4), zaś od góry łożysko oporowe (5) ma cylindryczne zagłębienie, a w nim jest osadzony dolny koniec pręta (6) z poziomą szczeliną w górnej części pręta i przechodzącym przez nią wskaźnikiem obrotu (7) w kształcie strzałki skierowanej poziomo, a ponadto łożysko oporowe (5) jest osadzone w otworze poziomej tarczy (8), do której został przyklejony od dołu magnes trwały (9) w kształcie pierścienia, namagnesowany w kierunku jego osi podłużnej, natomiast na zewnętrznej, cylindrycznej powierzchni magnesu trwałego (9) jest osadzona anoda (10) w kształcie cienkościennej cylindra wykonanego z blachy ołowianej, zaś w otworze magnesu trwałego (9) jest osadzona tulejka izolacyjna (11), a w niej jest osadzona katoda (12) w kształcie cienkościennej cylindra wykonanego z blachy ołowianej, pokrytej tlenkiem ołowiu PbO_2 , a ponadto w tarczy (8) są osadzone dwa cylindryczne kołki (13), (14), których dolne części przechodzą przez tarczę (8)

na wylot i kontaktują odpowiednio z katodą (12) i anodą (10), zaś w górnych i rozszerzonych częściach kołków (13), (14) są wykonane gniazda na wtyk laboratoryjny, a pod tymi częściami kołków (13), (14) są umieszczone dolne końce sprężystych styków (15), (16), odgiętych ku górze i mogących obracać się wokół kołków, a oprócz tego w górnej części bocznej ścianki cylindrycznego naczynia (1), na wysokości tarczy (8), jest wykonany nagwintowany otwór, w który jest wkręcony wkręt (17) radełkowany i po całkowitym wkręceniu w otwór ten wkręt jest dociskany do bocznej powierzchni tarczy (8), a ponadto cylindryczne naczynie (1) jest napełnione wodnym roztworem kwasu siarkowego (18) $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ o stężeniu 33% i górny poziom tego roztworu znajduje się poniżej dolnej powierzchni magnesu trwałego (9), a oprócz tego cylindryczne naczynie (1), podstawa (2), wspornik (3) wierzchołek ostrza (4), łożysko oporowe (5), pręt (6), tarcza (8), magnes trwały (9), anoda (10) i katoda (11) są współosiowe, poza tym połączenia sklejaie podstawy (2) z dnem cylindrycznego naczynia (1) oraz magnesu trwałego (9) z tarczą (8) są wykonane klejem silikonowym, natomiast osadzenia wspornika (3) w podstawie (2), łożyska oporowego (5) w tarczy (8), anody (10) na magnecie trwałym (9) oraz tulejki izolacyjnej (11) i katody (12) w otworze magnesu trwałego (9) i cylindrycznych kołków (13), (14) w tarczy (8) są wykonane na wcisk, a ponadto podstawa (2), tarcza (8) i tulejka izolacyjna (11) są wykonane z materiału elektroizolacyjnego i nieferromagnetycznego, natomiast wspornik (3), łożysko oporowe (5), pręt (6), wskaźnik kierunku obrotu (7) i wkręt (17) są wykonane z metalu nieferromagnetycznego, przy czym część wspornika (3) zanurzona w elektrolicie (18) jest pokryta ochronną warstwą parafiny, zaś cylindryczne kołki (14) i (15) są wykonane z metalu nieferromagnetycznego o małej rezystywności z kolei styki (15) i (16) są wykonane z metalu sprężystego i nieferromagnetycznego o małej rezystywności.

2. Silnik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że magnes trwały (9) w kształcie pierścienia jest wykonany korzystnie ze spieku żelazo-neodym-bor oraz pokryty warstwą ochronną niklu.
3. Silnik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że podstawa (2), tarcza (8) i tulejka izolacyjna (11) są wykonane z tekstolitu.
4. Silnik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wspornik (3), łożysko oporowe (5), pręt (6), wskaźnik kierunku obrotu (7) i wkręt (17) są wykonane ze stali austenitycznej.
5. Silnik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że cylindryczne kołki (14) i (15) są wykonane z mosiądzu.
6. Silnik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że styki (15) i (16) są wykonane z brązu berylowego.

Rysunki

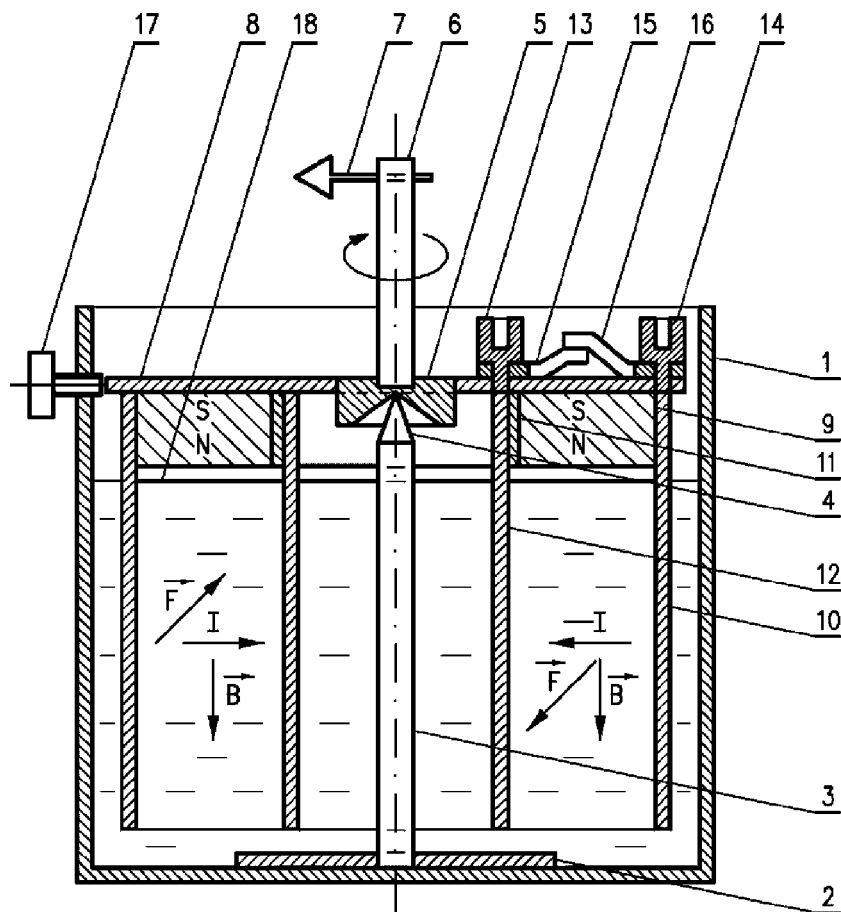
A-A

Fig.1

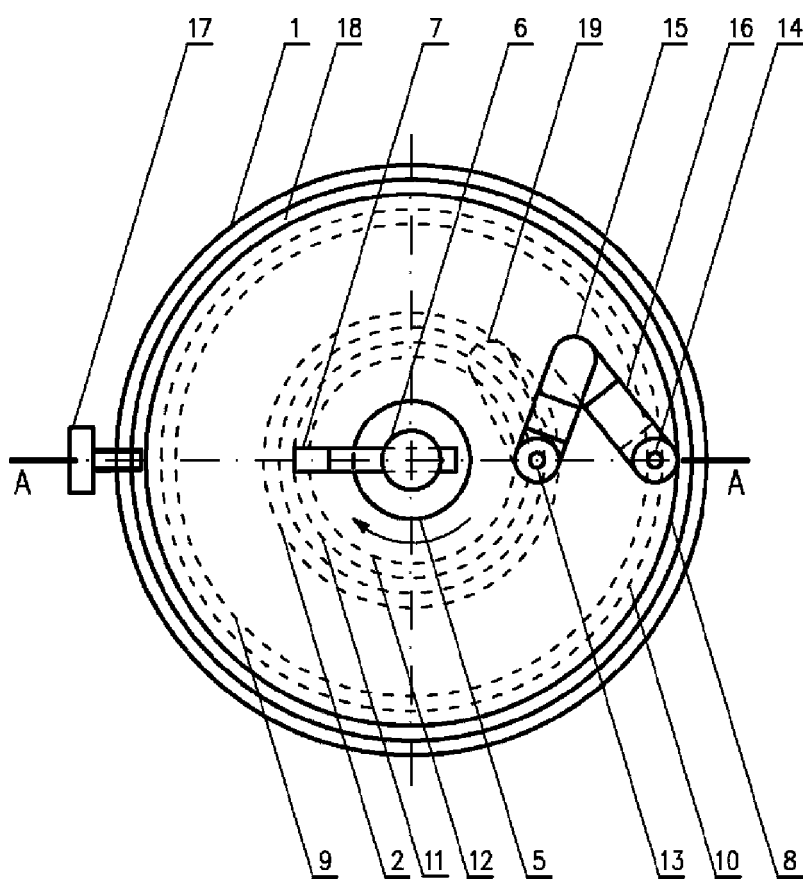


Fig.2

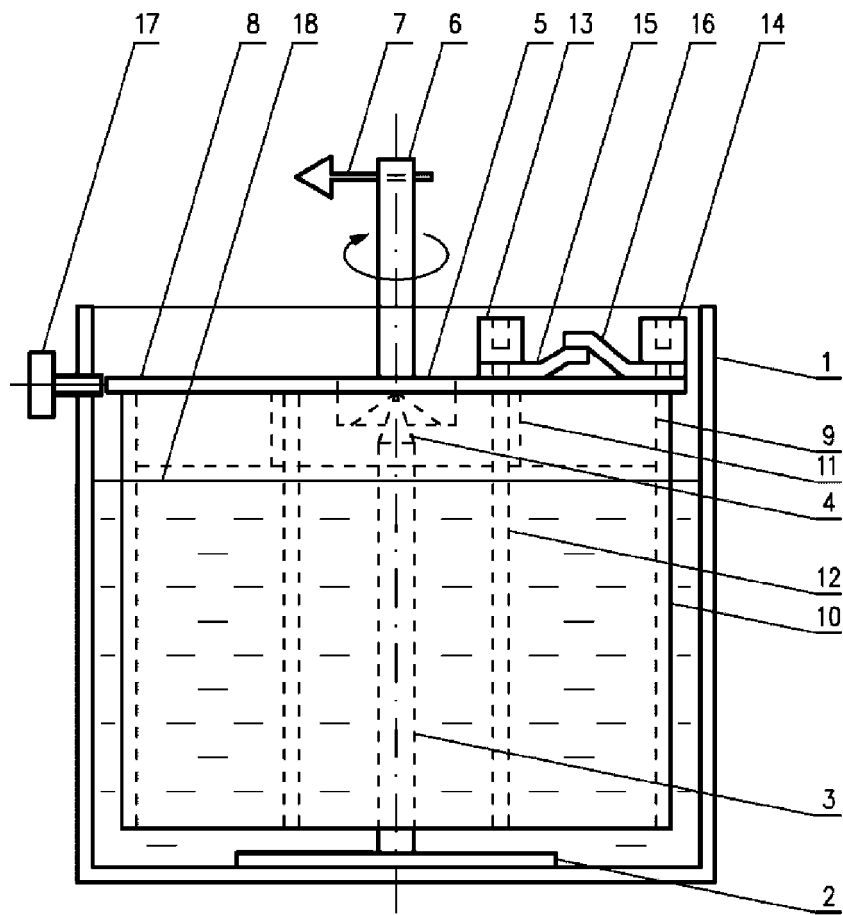


Fig.3