

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **221086**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **396203**

(51) Int.Cl.
B01D 63/08 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **05.09.2011**

(54) **Laboratoryjny moduł ciśnieniowy do separacji membranowej w przepływie krzyżowym**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
18.03.2013 BUP 06/13

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
29.02.2016 WUP 02/16

(73) Uprawniony z patentu:
POLITECHNIKA ŚLĄSKA, Gliwice, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
MARIAN TUREK, Gliwice, PL
MARZENA CHORAŻEWSKA, Gliwice, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Urszula Ziółkowska

PL 221086 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest laboratoryjny moduł ciśnieniowy do separacji membranowej w przepływie krzyżowym, stosowany do ultrafiltracji, nanofiltracji i odwróconej osmozy.

Dotychczas znane są laboratoryjne moduły ciśnieniowe do separacji membranowej pracujące w przepływie jednokierunkowym, w których stosuje się mieszadła magnetyczne w celu wymieszania nadawy i zmniejszenia grubości warstwy polaryzacyjnej. Przykładem mogą być moduły ciśnieniowe typu HP4750 Stirred Cell oraz HP4750X Stirred Cell, wytwarzane przez firmę Sterlitech.

Znane są także laboratoryjne moduły ciśnieniowe pracujące w przepływie krzyżowym typu Sepa CF II wytwarzane przez firmę GE Osmonics Inc., USA, oraz moduł typu Rayflow X100 produkcji firmy Novasep, FR.

Znane moduły pracujące w przepływie krzyżowym mają budowę kanapkową i posiadają płaską dwudzielną obudowę zaopatrzoną w elementy ustalające w postaci kołków, której jedna część zaopatrzona jest w króciec doprowadzenia nadawy i króciec odprowadzenia retentatu, a druga część zaopatrzona jest w króciec odprowadzenia permeatu. Pomiedzy górną i dolną częścią obudowy znajduje się obwodowe uszczelnienie w postaci pierścienia profilowego oraz pojedyncza membrana oddzielona od obudowy przekładkami dystansującymi, dzieląca przestrzeń urządzenia na komorę permeatu oraz komorę retentatu. W znanym urządzeniu nadawa wprowadzana jest poprzez króciec i kanał zasilający, umieszczone w dolnej części obudowy do komory, w której styka się jednostronnie z membraną w przepływie krzyżowym, a następnie odprowadzana jest w postaci retentatu poprzez umieszczony w dolnej części oddzielny kanał wylotowy i króciec wylotowy retentatu.

Znana jest również budowa modułu ciśnieniowego spiralnie zwijanego stosowanego dla celów separacji głównie w warunkach przemysłowych. Moduł spiralnie zwijany posiada rdzeń w postaci perforowanej rury odprowadzającej permeat, na który nawinięta jest spiralnie membrana, której zwoje są obustronnie rozdzielone zwiniętymi spiralnie przekładkami dystansującymi. Zwinięty spiralnie pakiet tego modułu zamocowany jest w cylindrycznej, szczelnej obudowie, zamkniętej z obu stron dennicami, zaopatrzonymi w otwory przelotowe, przez które przechodzi rdzeń rurowy, i wyposażonej w króciec zasilający nadawy oraz króciec odprowadzający permeatu i retentatu. Takie ułożenie warstw wewnątrz obudowy modułu ciśnieniowego dzieli przestrzeń wewnątrz obudowy na spiralnie zwinięte komory. W module spiralnie zwijanym nadawa płynie równoległe do centralnej rury odprowadzającej permeat, osiowo, komorą wyznaczoną przez dwie membrany, z których każda sąsiaduje z komorami permeatu, zaś permeat płynie przez membranę w kierunku prostopadłym do rury centralnej.

Moduły laboratoryjne pracujące w przepływie krzyżowym stosowane są powszechnie w badaniach, w których istotne jest odtworzenie warunków hydrodynamicznych panujących w spiralnie zwijanym modułach przemysłowych. Jednakże w modułach spiralnie zwijanych nadawa, jak to stwierdzono powyżej, przepływa komorą wyznaczoną przez dwie membrany, z których każda sąsiaduje z komorami permeatu. Dotychczasowe rozwiązanie, stosowane w wyżej wymienionych modułach laboratoryjnych, nie odtwarza więc w pełni warunków panujących w module spiralnie zwijanym, gdyż komora nadawy/retentatu sąsiaduje w nich z jedną tylko komorą permeatu a nie z dwiema, jak to ma miejsce w module spiralnie zwijanym.

W celu ujednoczenia nazewnictwa i zdefiniowania podstawowych pojęć poniżej podano objaśnienia użytych określeń stosowanych w technice separacji, a odnoszących się do dziedziny wynalazku.

Pod pojęciem membrany rozumie się fazę rozdzielającą dwie inne fazy, działającą w transporcie materii jako przegroda pasywna lub aktywna.

Pod pojęciem przekładki dystansującej rozumie się warstwę przepuszczalnego materiału, ustalającego położenie membrany w trakcie procesu separacji ciśnieniowej, przy czym materiał przekładki powinien wykazywać małe opory przepływu.

Nadawa oznacza roztwór zasilający, poddawany procesowi separacji.

Permeat oznacza roztwór, który przeniknął przez membranę.

Retentat oznacza część roztworu zasilającego (nadawy), który nie przeniknął przez membranę.

Pod pojęciem przepływu jednokierunkowego rozumie się przepływ, w którym roztwór zasilający zwany nadawą i permeat przepływają przez membranę w kierunku prostopadłym do powierzchni membrany, jak w klasycznej filtracji.

Pod pojęciem przepływu krzyżowego (zwanego również przepływem skrośnym lub tangencjalnym) rozumie się przepływ, w którym permeat przepływa przez membranę w kierunku prostopadłym do nadawy, natomiast płynąca wzdłuż membrany nadawa odbierana jest z modułu jako retentat.

Laboratoryjny moduł ciśnieniowy do separacji membranowej w przepływie krzyżowym według wynalazku posiada budowę kanapkową i ma dwudzielną obudowę, zbudowaną z dwóch nałożonych na siebie płyt wyposażonych w środki ustalające, pomiędzy którymi umieszczone są dwie membrany oddzielone od siebie obwodową płaską uszczelką centralną posiadającą wewnętrzny profilowany otwór wypełniony przekładką dystansującą tworzący wraz z membranami centralną komorę nadawy, przy czym membrany oddzielone są od płyt obudowy płaskimi uszczelkami posiadającymi wewnętrzne otwory wypełnione przekładką dystansującą permeatu.

W korzystnym przykładzie wykonania każda z płyt obudowy posiada odprowadzenie permeatu, natomiast jedna płyta obudowy posiada doprowadzenie nadawy, a druga płyta obudowy posiada odprowadzenie retentatu. Każdy z pakietów zawierających membranę i uszczelkę oddzielającą posiada z jednej strony otwory przelotowe, które pokrywają się z profilowanym otworem uszczelki centralnej, przy czym otwór uszczelki centralnej i otwór jednego pakietu obejmującego membranę i uszczelkę oddzielającą nakłada się na wylot wewnętrznego kanału doprowadzenia nadawy, a otwór drugiego pakietu obejmującego membranę i uszczelkę oddzielającą nakłada się na wlot kanału odprowadzenia retentatu.

W celu równomiernego odprowadzania permeatu przynajmniej jedna z płyt obudowy posiada od strony wewnętrznej na swej szerokości szereg otworów odpływowych mieszczących się w obrysie otworu uszczelki oddzielającej, które połączone są wewnętrznym kanałem odprowadzenia permeatu.

W innym przykładzie wykonania wynalazku każda z płyt obudowy posiada od strony wewnętrznej otwór odpływowy, mieszczący się w obrysie otworu uszczelki oddzielającej, lecz poza obrysem otworu uszczelki, nakładający się na wylot wewnętrznego kanału odprowadzenia permeatu.

W korzystnym przykładzie wykonania płyta obudowy posiada gniazdo, w którym umieszczona jest przekładka dystansująca permeatu.

W celu modelowania przepływu w szerokim zakresie kształt otworu uszczelki centralnej, tworzącego komorę nadawy i wywierającego wpływ na proces separacji poprzez, między innymi, wyznaczanie powierzchni separacji, długość drogi przepływu nadawy i jej styku z powierzchnią membrany, może przybierać różną postać. Korzystnie, gdy otwór uszczelki centralnej ma formę esowatą lub formę meandra.

W konstrukcji modułu według wynalazku występuje jedna, centralna komora nadawy oraz dwie komory permeatu.

W module według wynalazku roztwory nadawy/retentatu oraz permeatu są prowadzone jak w przemysłowych modułach spiralnie zwijanych, to znaczy nadawa przepływa komorą wyznaczoną przez dwie membrany, z których każda sąsiaduje z komorami permeatu, co pozwala na zasymulowanie warunków hydrodynamicznych panujących w modułach przemysłowych. Rozwiązanie według wynalazku, na określonej efektywnej długości membrany, zapewnia uzyskanie konwersji nadawy takiej jak w modułach spiralnie zwijanych, podczas gdy w dotychczasowych rozwiązaniach konwersja jest, w przybliżeniu, dwukrotnie mniejsza. W module według wynalazku w łatwy sposób można wymieniać membrany, przekładki dystansujące permeatu oraz przekładkę dystansującą nadawy/retentatu, co sprawia, że jest on szczególnie użyteczny przy testowaniu wspomnianych elementów.

Moduł według wynalazku może być stosowany do zatężania roztworów, separacji i zagęszczania protein, klarowania wina, zatężania soków owocowych, usuwania barwników ze ścieków, rozdzielania emulsji olejowo-wodnych i w wielu innych procesach technicznych.

Przedmiot wynalazku przedstawiony jest na załączonym rysunku, którego

fig. 1 ukazuje w zestawieniu wszystkie elementy modułu oddzielone od siebie,

fig. 2 widok płyty obudowy od wewnątrz,

fig. 3 ukazuje uszczelkę centralną w widoku z góry w różnych przykładach wykonania otworu a), b), c), d).

fig. 4 ukazuje przepływ nadawy, permeatu i retentatu przez elementy modułu według wynalazku.

fig. 5 ukazuje przykład wykonania wynalazku, w którym każda z płyt obudowy posiada od strony wewnętrznej otwór odpływowy, mieszczący się w obrysie otworu uszczelki oddzielającej, lecz poza obrysem otworu uszczelki, nakładający się na wylot wewnętrznego kanału odprowadzenia permeatu.

Laboratoryjny moduł ciśnieniowy do separacji membranowej w przepływie krzyżowym według wynalazku, posiada dwudzielną obudowę, zbudowaną z dwóch płyt: górnej płyty obudowy **1** i dolnej płyty obudowy **2**, pomiędzy którymi znajdują się dwie membrany **3** oddzielone od siebie obwodową płaską uszczelką centralną **4**, posiadającą wewnętrzny profilowany otwór wypełniony przekładką

dystansującą **5**, tworzący wraz z membranami **3** centralną komorę nadawy, oraz oddzielone od płyt obudowy **1**, **2** płaskimi uszczelkami oddzielającymi **6** posiadającymi wewnętrzne otwory wypełnione warstwą przekładki dystansującej **7** permeatu. Każda z płyt obudowy **1**, **2** posiada odprowadzenie permeatu w postaci wewnętrznego kanału i zewnętrznego króćca **8**, natomiast górna płyta obudowy **1** posiada doprowadzenie nadawy w postaci zewnętrznego króćca **9** i wewnętrznego kanału, a dolna płyta obudowy **2** posiada odprowadzenie retentatu w postaci wewnętrznego kanału i zewnętrznego króćca **10**. Każdy z pakietów zawierających membranę **3** i uszczelkę oddzielającą **6** posiada z jednej strony otwory przelotowe **11**, które pokrywają się z profilowanym otworem wypełnionym warstwą przekładki dystansującej **5**, przy czym otwór uszczelki centralnej **4** i otwór jednego pakietu obejmującego membranę **3** i uszczelkę oddzielającą **6** nakłada się na wlot wewnętrznego kanału doprowadzenia nadawy, a otwór drugiego pakietu obejmującego membranę **3** i uszczelkę oddzielającą **6** nakłada się na wylot kanału odprowadzenia retentatu. Każda z płyt obudowy **1**, **2** posiada od strony wewnętrznej na swej szerokości szereg otworów odpływowych **12** mieszczących się w obrysie otworu uszczelki oddzielającej **6**, które połączone są wewnętrznym kanałem odprowadzenia permeatu.

W innym przykładzie wykonania wynalazku każda z płyt obudowy **1**, **2** posiada od strony wewnętrznej otwór odpływowy **12** mieszczący się w obrysie otworu uszczelki oddzielającej **6**, lecz poza obrysem otworu uszczelki **4**, nakładający się na wylot wewnętrznego kanału odprowadzenia permeatu.

Otwór uszczelki centralnej **4** ma w przykładach wykonania wynalazku formę prostokątnego, wąskiego wycięcia, jak to pokazano na fig. 3 a), lub stanowi wycięcie zygzakowate, jak to pokazano na fig. 3 b), lub ma formę esowatą, jak to pokazano na fig. 3 c), albo postać mniej lub bardziej rozwiniętego meandra, jak to pokazano na fig. 3 d).

W module według wynalazku dwa arkusze membrany **3** z umieszczoną pomiędzy nimi uszczelką centralną **4**, w której otworze umieszczona jest przekładka dystansująca **5** tworzą komorę nadawy/retentatu. Komora nadawy/retentatu znajduje się między dwiema komorami permeatu. Komora permeatu to przestrzeń wyznaczona przez płytę obudowy modułu **1**, **2**, uszczelkę oddzielającą **6** oraz membranę **3**; wypełniona ona jest przekładką dystansującą **7** permeatu.

W celu wykonania badania separacji przy pomocy modułu według wynalazku moduł umieszcza się pod prasą i ściska z odpowiednią siłą. Siła nacisku zależy od ciśnienia pod jakim będą prowadzone badania.

Przepływ roztworów w module przedstawiono na fig. 4 rysunku. Nadawa wprowadzana jest przez króciec wlotowy **9** do komory nadawy/retentatu. Część nadawy, która nie przeniknie przez membranę **3**, opuszcza komorę jako retentat. Retentat odprowadzany jest przez króciec wylotowy **10**. Część nadawy, która przeniknęła przez membranę (permeat) przepływa do komór permeatu znajdujących się powyżej i poniżej komory nadawy/retentatu. Przekładka dystansująca **7** permeatu kieruje permeat do otworów odpływowych **12**, a dalej permeat odprowadzany jest z modułu króćcami **8**. Zarówno nadawa jak i retentat nie mieszają się z permeatem dzięki uszczelce oddzielającej **6**. Uszczelka oddzielająca **6** odgrywa kluczową rolę w konstrukcji modułu według wynalazku, gdyż dzięki niej moduł ten może pracować w konfiguracji komora permeatu/komora retentatu/komora permeatu.

Zastrzeżenia patentowe

1. Laboratoryjny moduł ciśnieniowy do separacji membranowej w przepływie krzyżowym, posiadający budowę kanapkową i zawierający dwudzielną obudowę, zbudowaną z dwóch nałożonych na siebie płyt, wyposażonych w środki ustalające i w króćce doprowadzające i odprowadzające oraz wewnętrzne kanały przepływowe i zaopatrzonych w przyległe do nich uszczelnienia obwodowe, pomiędzy którymi umieszczona jest membrana i przekładka dystansująca, **znamienny tym**, że posiada dwie membrany (**3**) oddzielone od siebie obwodową płaską uszczelką centralną (**4**), posiadającą wewnętrzny profilowany otwór wypełniony przekładką dystansującą (**5**), tworzący wraz z membranami (**3**) centralną komorę nadawy, oraz oddzielone od płyt obudowy (**1**, **2**) płaskimi uszczelkami oddzielającymi (**6**), posiadającymi wewnętrzne otwory wypełnione przekładką dystansującą (**7**) permeatu.

2. Laboratoryjny moduł według zastrz. 1, **znamienny tym**, że każda z płyt (**1**, **2**) obudowy posiada odprowadzenie permeatu w postaci wewnętrznego kanału i zewnętrznego króćca (**8**), natomiast jedna płyta obudowy (**1**) posiada doprowadzenie nadawy w postaci zewnętrznego króćca (**9**) i wewnętrznego kanału, a druga płyta obudowy (**2**) posiada odprowadzenie retentatu w postaci wewnętrznego

kanalu i zewnętrznego króćca (10), przy czym uszczelka centralna (4) posiada profilowany otwór, a każdy z pakietów zawierających membranę (3) i uszczelkę oddzielającą (6) posiada z jednej strony otwory przelotowe, które pokrywają się z otworem profilowanym uszczelki centralnej (4), przy czym otwór uszczelki centralnej (4) i otwór jednego pakietu obejmującego membranę (3) i uszczelkę oddzielającą (6) nałożony jest na wylot wewnętrznego kanału doprowadzenia nadawy, a otwór drugiego pakietu obejmującego membranę (3) i uszczelkę oddzielającą (6) nałożony jest na wlot kanału odprowadzenia retentatu.

3. Laboratoryjny moduł według zastrz. 1 albo zastrz. 2, **znamienny tym**, że każda z płyt obudowy (1, 2) posiada odprowadzenie permeatu w postaci wewnętrznego kanału i zewnętrznego króćca (8), a jedna z płyt obudowy posiada doprowadzenie nadawy w postaci zewnętrznego króćca (9) i wewnętrznego kanału, i odprowadzenie retentatu w postaci wewnętrznego kanału i zewnętrznego króćca (10), przy czym uszczelka centralna (4) posiada profilowany otwór, a jeden pakiet zawierający membranę (3) i uszczelkę oddzielającą (6) posiada z dwóch stron otwory przelotowe, które pokrywają się z otworem profilowanym uszczelki centralnej (4), przy czym otwór uszczelki centralnej (4) i otwory tego pakietu obejmującego membranę (3) i uszczelkę oddzielającą (6) nakładają się na wylot wewnętrznego kanału doprowadzenia nadawy i wlot kanału odprowadzenia retentatu.

4. Laboratoryjny moduł według zastrz. 1 albo zastrz. 2, albo zastrz. 3, **znamienny tym**, że każda z płyt obudowy (1, 2) posiada od strony wewnętrznej otwór odpływowy (12) mieszczący się w obrysie otworu uszczelki oddzielającej (6), lecz poza obrysem otworu uszczelki (4), nakładający się na wylot wewnętrznego kanału odprowadzenia permeatu.

5. Laboratoryjny moduł ciśnieniowy według zastrz. 1 albo zastrz. 2, albo zastrz. 3, **znamienny tym**, że każda z płyt obudowy (1, 2) posiada od strony wewnętrznej na swej szerokości szereg otworów odpływowych (12) mieszczących się w obrysie otworu uszczelki oddzielającej (6), które połączone są wewnętrznym kanałem odprowadzenia permeatu.

6. Laboratoryjny moduł ciśnieniowy według zastrz. 1 albo zastrz. 2, albo zastrz. 3, albo zastrz. 4, albo zastrz. 5, **znamienny tym**, że otwór uszczelki centralnej (4) przyjmuje różny kształt, korzystnie formę esowatą lub formę meandru.

7. Laboratoryjny moduł ciśnieniowy według zastrz. 1 albo zastrz. 2, albo zastrz. 3, albo zastrz. 4, albo zastrz. 5, albo zastrz. 6, **znamienny tym**, że płyta obudowy (1, 2) ma gniazdo, w którym umieszczona jest przekładka dystansująca (6) permeatu.

Rysunki

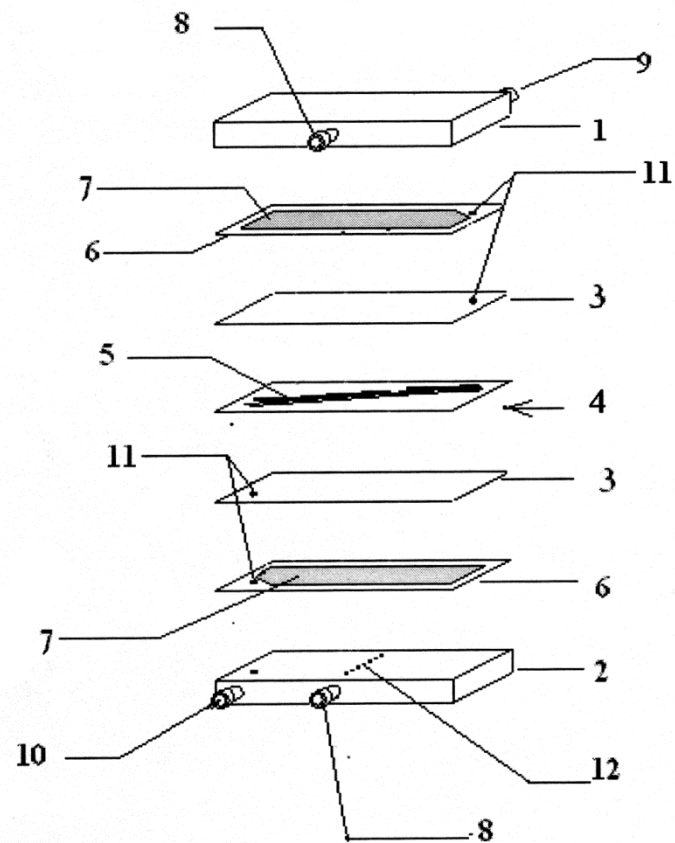


Fig. 1

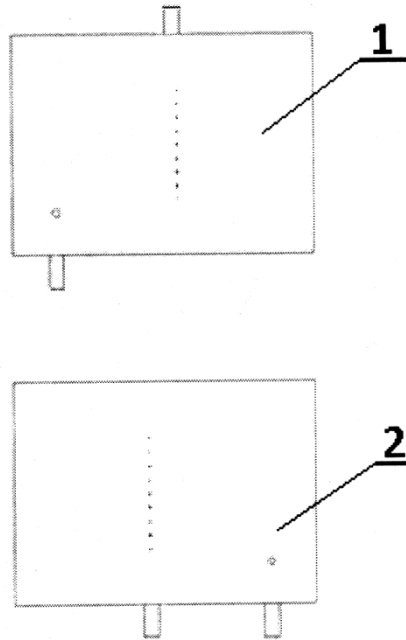
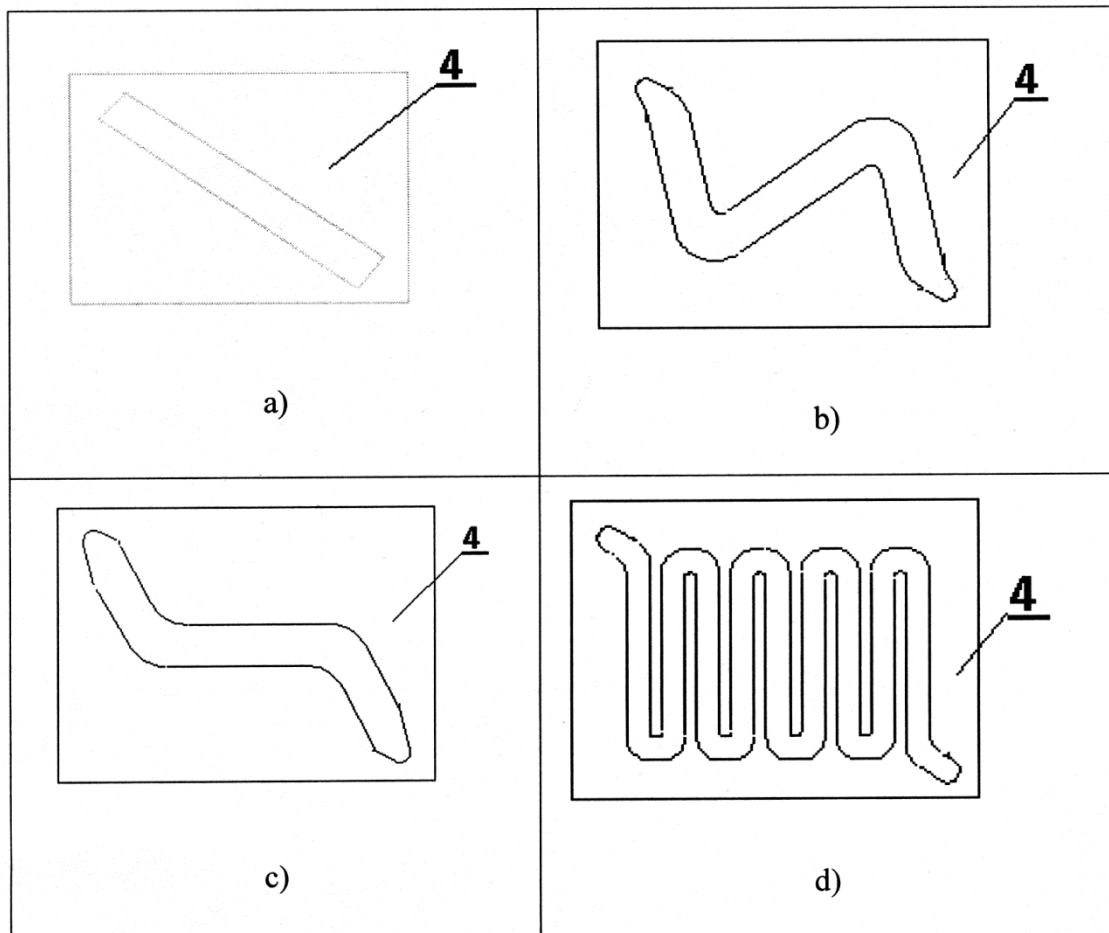


Fig. 2

**Fig. 3**

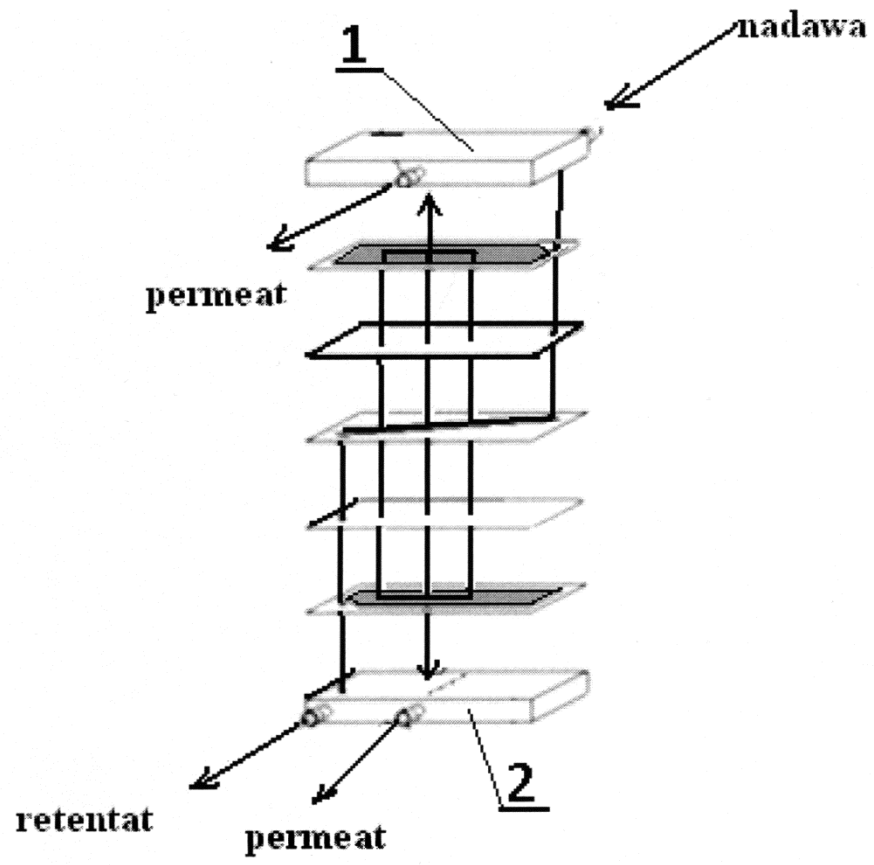


Fig. 4

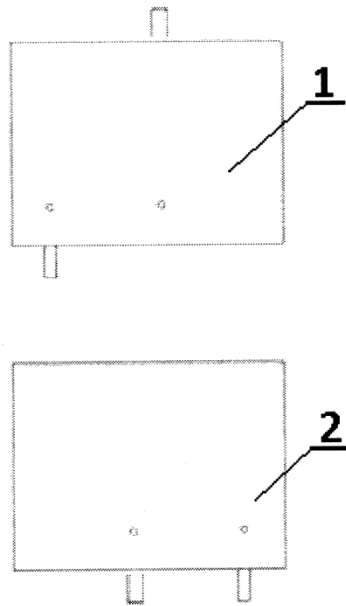


Fig. 5