

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **220309**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **401300**

(22) Data zgłoszenia: **20.10.2012**

(51) Int.Cl.

H01M 8/24 (2006.01)

H01M 4/86 (2006.01)

H01M 8/12 (2006.01)

(54)

Bateria ogniw paliwowych

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

28.04.2014 BUP 09/14

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

30.10.2015 WUP 10/15

(73) Uprawniony z patentu:

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE,
Kraków, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**ZBIGNIEW MAGOŃSKI, Kraków, PL
BARBARA DZIURDZIA, Kraków, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Alina Magońska

PL 220309 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest bateria ogniw paliwowych średniej mocy, która może być wykorzystana jako autonomiczny generator prądu elektrycznego lub stanowić uzupełnienie systemu zasilania dla indywidualnego gospodarstwa domowego.

Wysokotemperaturowe ogniwa paliwowe umożliwiają uzyskanie wysokich sprawności w procesie przetwarzania energii chemicznej na energię elektryczną. Zaletą tych konwerterów jest cicha praca bez wibracji mechanicznych oraz bardzo korzystny stosunek ciężaru urządzenia i jego gabarytów do wartości generowanej mocy elektrycznej. Przewiduje się, że konwertery elektrochemiczne stanowić będą komplementarne wyposażenie generatorów prądu pozyskujących energię z odnawialnych źródeł energii, takich jak: ogniwa słoneczne lub elektrownie wiatrowe, które nie są w stanie zagwarantować ciągłej dostawy energii w pełnym cyklu dobowym.

Typowe wysokotemperaturowe ogniwo paliwowe zawiera elektrolit stały, zazwyczaj wykonany na bazie ceramiki cyrkonowej, stabilizowanej itrem. Po obu przeciwnych stronach cienkiej warstwy elektrolitu umiejscowione są, transparentne dla gazów, elektrody: anoda i katoda. W wysokiej temperaturze ceramika cyrkonowa wykazuje silne przewodnictwo jonowe. Wskutek różnicy parcjalnych ciśnień tlenu po obu stronach elektrolitu następuje jego polaryzacja, ponieważ przez warstwę ceramiki cyrkonowej mogą przemieszczać się tylko jony tlenu, które powstają w warstwie katody wskutek rozkładu tlenu cząsteczkowego i pobrania z katody wolnych elektronów. Zatem, katoda zostanie spolaryzowana dodatnio, natomiast po stronie anody na skutek reakcji jonów tlenu z paliwem, czyli wodorem lub tlenkiem węgla, uwolnione zostaną wolne elektrony, co w konsekwencji spowoduje jej polaryzację ujemną. Dołączenie do elektrod zewnętrznego obwodu elektrycznego spowoduje przepływ prądu elektrycznego, który zrównoważy wewnętrzny prąd jonowy.

Z polskiego opisu patentowego nr 213349 znane jest ogniwo paliwowe, które ma płaskie warstwowe podłoże ceramiczne, którego rdzeń stanowi centralna ceramiczna płytko o dużej gęstości i sztywności, która trwale połączona jest z porowatymi warstwami cementowymi, w których to warstwach wykonane zostały kanały rozpraszające. Tak wykonane ceramiczne podłoże ma, po obu stronach na części powierzchni, nałożone i trwale zespolone z podłożem ceramiczne warstwy elektrolitu stałego, które z kolei na części swej powierzchni pokryte są warstwami elektrodowymi, które z kolei na części swej powierzchni pokryte są warstwami kontaktowymi. Wymieniony opis przedstawia również przykładowy układ aplikacji ogniwa do realizacji konwertera energii elektrochemicznej na energię elektryczną, w którym baterię ogniw paliwowych osłania piankowa ceramiczna izolacja termiczna.

Z amerykańskich opisów patentowych nr US 4,276,355 i US 7,531,053 znane są płytkowe konstrukcje konwerterów energii chemicznej na energię elektryczną, które zawierają wiele połączonych elektrycznie ogniw paliwowych. Ogniwa paliwowe ułożone są w stosie, przy czym każda ceramiczna struktura ogniwa umiejscowiona jest pomiędzy dwiema płytkami. Każda z płytek stanowi separator pomiędzy kolejnymi ceramicznymi strukturami i ma wykonane po obu stronach otwarte podłużne kanały przeznaczone do przesyłu paliwa i powietrza, przy czym kanały do przesyłu paliwa ustawione są względem kanałów do przesyłu powietrza ortogonalnie. Separatory przedstawione w opisie US 7,531,053 wykonane są ze stali nierdzewnej o termicznym współczynniku rozszerzalności liniowej zbliżonym do termicznego współczynnika rozszerzalności liniowej elektrolitu.

Zaletą konwerterów płytkowych jest stosunkowo duża wartość mocy elektrycznej generowanej w małej objętości, co sprawia, że możliwe jest zastosowanie izolowanej komory o małych gabarytach, a w konsekwencji przekłada się na relatywnie małe straty ciepła, ponieważ ilość ciepła rozproszonego jest proporcjonalna do powierzchni komory. Jednakże zwarta konstrukcja baterii ogniw uniemożliwia szybkie rozgrzewanie i schładzanie ogniwa. Ten parametr jest szczególnie krytyczny w urządzeniach średniej i dużej mocy, ponieważ wymagany bezpieczny czas rozgrzewania może dochodzić do 24 godzin. Tak długi czas uruchamiania baterii ogniw sprawia, że nie mogą one być stosowane jako urządzenia awaryjne lub urządzenia uzupełniające niedobór energii w godzinach szczytowego poboru energii elektrycznej.

Zaproponowana nowa konstrukcja baterii ogniw według wynalazku umożliwia znaczne skrócenie procesu uruchamiania i tym samym może się okazać przydatna zwłaszcza dla zastosowań, w których niezbędna jest szybka reakcja na niedobór energii elektrycznej.

Istotą wynalazku jest bateria ogniw paliwowych, w której każde ogniwo dwustronne ma centralny kolektor prądu anodowego, który po obu stronach ma wykonane kanały rozpraszające paliwo oraz kanały operacyjne, które są trwale połączone z laminatem składającym się z operacyjnej warstwy

anodowej oraz warstwy elektrolitu stałego. Centralny kolektor prądu anodowego jest zbudowany z tego samego materiału cermetowego co operacyjna warstwa anodowa. Ogniwa dwustronne są połączone ze sobą za pośrednictwem elastycznych separatorów i ściągnięte razem za pomocą prętów ściągających i umiejscowione wewnątrz izolowanej termicznie komory. Ponadto, wewnątrz komory umiejscowiono także urządzenia służące do kontroli temperatury, takie jak nagrzewnice, absorbery ciepła oraz urządzenie wymuszające cyrkulację powietrza.

Korzystnie, centralny kolektor prądu anodowego zawiera wbudowane metalowe struktury przewodzące, przy czym metalowe struktury przewodzące korzystnie mogą być zrealizowane na bazie niklu.

Docisk ogniów dwustronnych do elastycznych separatorów zapewniają pręty ściągające, których zewnętrzne powierzchnie, korzystnie są pokryte izolatorem ceramicznym. Ponadto, dociskowe połączenie ogniów dwustronnych do elastycznych separatorów uszczelniono za pośrednictwem podkładek uszczelniających, korzystnie wykonanych z miki.

Nagrzewnice baterii usytuowane są równolegle do stosu ogniów dwustronnych oraz są usytuowane prostopadłe do kierunku strumienia gazów cyrkulujących wewnątrz izolowanej termicznie komory. Również absorbery ciepła usytuowane są równolegle do stosu ogniów dwustronnych oraz są usytuowane prostopadłe do kierunku strumienia gazów cyrkulujących wewnątrz izolowanej termicznie komory.

Bateria ma urządzenie wymuszające cyrkulację powietrza wewnątrz izolowanej termicznie komory, które stanowi wirnik odśrodkowy.

W wersji alternatywnej bateria ma urządzenie wymuszające cyrkulację gazów wewnątrz izolowanej termicznie komory, które stanowi liniowy dystrybutor strumieni utleniacza, a czynnikiem wymuszającym cyrkulację są rozprowadzone za pośrednictwem dystrybutora oraz ukształtowane za pośrednictwem dysz strumienie świeżego utleniacza.

Ogniwa dwustronne w baterii połączono elektrycznie za pomocą taśmy metalowej.

Przedmiot wynalazku w przykładzie wykonania ujawniono na rysunku, na którym Fig. 1 przedstawia budowę struktury ceramicznej ogniwa, Fig. 2 przedstawia sposób łączenia ogniów w baterię, Fig. 3A i Fig. 4, przedstawiają przykładowe wykonanie elektrochemicznego konwertera energii, natomiast Fig. 3B przedstawia wykonanie alternatywne, w którym zastosowano liniowy dystrybutor strumieni utleniacza jako pompę strumieniową wymuszającą cyrkulację powietrza wewnątrz izolowanej termicznie komory.

Płaskie ogniwo dwustronne DFC stanowiące podstawowy element baterii, przedstawione na Fig. 1, ma centralny kolektor prądu anodowego 1, który wyposażony jest w centralny rdzeń anody o dużej przewodności elektrycznej, korzystnie zawierający wbudowane struktury metaliczne 2 na bazie niklu. Centralny kolektor prądu anodowego 1, ma obu stronach wykonane są kanały rozprowadzające 3 i kanały operacyjne 4 doprowadzające paliwo do operacyjnej warstwy anodowej 5. Operacyjne warstwy anodowe 5 wykonane są z porowatego materiału ceramicznego zawierającego ceramikę cyrkonową oraz nikiel. Warstwy te mają strukturę ceramiczną zbliżoną do materiału z którego zbudowano centralny kolektor prądu anodowego i są z nim trwale połączone.

Operacyjne warstwy anodowe 5 przed połączeniem z centralnym kolektorem prądu anodowego 1 zostały w procesie laminacji zespolone z warstwami elektrolitu stałego 7. Po procesie obróbki termicznej centralnego kolektora prądu anodowego oraz laminatu zawierającego operacyjną warstwę anodową 5 i elektrolit 7 nałożono po obu stronach warstwy katodowe 8, na które z kolei nałożono katodowe warstwy przewodzące 10 stanowiące elektrody zbierające prąd po stronie katody. Płaskie ogniwo dwustronne DFC stanowi kompletny autonomiczny konwerter energii i jest wyposażone we własne wejście i wyjście, odpowiednio, dla wprowadzania paliwa 6A i odprowadzania produktów spalania 6B, ponadto jest wyposażone w elektryczne pola kontaktowe 9A, 9K umożliwiające dołączenie odbiornika energii elektrycznej. Pierwsze pole kontaktowe 9A posiada elektryczne połączenie, poprzez centralny kolektor prądu anodowego 1, z operacyjnymi warstwami anodowymi 5. Drugie pole kontaktowe 9K posiada elektryczne połączenie, poprzez warstwę przewodzącą 10, z warstwą katodową 8. Katodowa warstwa przewodząca 10 stanowi kolektor prądu dla katody 8. Jej zadaniem jest głównie zminimalizowanie rezystancji elektrycznej pomiędzy katodą 8 i polem kontaktowym katody 9K przy jednoczesnym umożliwieniu swobodnego przepływu utleniacza poprzez warstwę. Katodowa warstwa przewodząca 10 korzystnie może być wykonana z przepuszczalnego dla gazów porowatego srebra lub posiadać strukturę oczkową.

W normalnych warunkach eksploatacji płaskie ogniwo dwustronne DFC jest w całości zanurzone w atmosferze utleniacza. Ten fakt sprawia, że konieczne jest szczelne zabezpieczenie przed bezpośrednim dopływem utleniacza do kolektora prądu 1, ponieważ prowadzi to do jego degradacji. W tym celu niemal cała zewnętrzna powierzchnia kolektora prądu 1 pokryta jest warstwą elektrolitu

stałego 7, natomiast pozostałe obszary zewnętrznej powierzchni, z wyjątkiem obszaru pod polem kontaktowym anody 9A, pokryto ceramiczną kompozycją uszczelniającą 16.

Fig. 2 wyjaśnia sposób łączenia ogni w stos. W celu zapewnienia dostępu powietrza do katod ogni poszczególne ogniwa dwustronne DFC są od siebie odseparowane za pośrednictwem separatorów elastycznych 11. Zadaniem separatorów elastycznych 11 jest także doprowadzenie paliwa do kolejnych sąsiednich ogni dwustronnych DFC. Separatory elastyczne 11 pełnią również funkcje elementów kompensujących nieuchronny brak równoległości pomiędzy płaszczyznami sąsiednich ogni dwustronnych DFC. Separatory elastyczne wspomagane są za pośrednictwem podkładek uszczelniających 18, zadaniem których jest zapewnienie szczelności połączeń. Ogniwa dwustronne DFC, w każdym stosie połączono elektrycznie szeregowo za pośrednictwem taśmy metalowej 20. Wszystkie separatory elastyczne 11 i podkładki uszczelniające 18, umieszczone wzdłuż jednej osi są ściskane za pośrednictwem prętów ściąających 17.

Specyficzna konstrukcja ogniwa dwustronnego stawia szczególne wymagania materiałowe odnośnie przewodności elektrycznej dla kolektorów prądowych, ponieważ kontakty elektryczne pojedynczego ogniwa umiejscowione są w przeciwległych narożach ceramicznej struktury. Skutkuje to wydłużeniem ścieżek prądowych zarówno po stronie anody, jak również po stronie katody. Po stronie anody, funkcję elektrody zbierającej prąd pełni centralny kolektor prądu anodowego 1, a jego przewodność elektryczna ma istotne znaczenie dla efektywności ogniwa. W celu poprawy przewodności elektrycznej w strukturę ceramiczną kolektora prądu anodowego wbudowano metalowe struktury przewodzące 2. Po stronie katody poprawę przewodności uzyskano poprzez zastosowanie katodowych warstw przewodzących 10 na bazie srebra.

Konstrukcja baterii ogni według wynalazku, w której główne robocze powierzchnie sąsiednich ogni są od siebie odseparowane i posiadają na przeważającej części powierzchni fizyczny kontakt. Jedynie z opływającym je strumieniem utleniacza, umożliwia szybkie i bezpieczne rozgrzewanie baterii przy zastosowaniu cyrkulacji gazów opływających baterię. Dzięki temu zminimalizowane zostały naprężenia mechaniczne powstające na skutek nierównomiernego ogrzewania ogni, ponieważ sąsiednie ogniwa kontaktują się ze sobą tylko za pośrednictwem metalowych separatorów, które wykazują w pewnym zakresie elastyczność. Dodatkowo, zastosowanie urządzenia wymuszającego cyrkulację utleniacza 15A lub 15B wewnątrz izolowanej termicznie komory 12 umożliwia poprawę skuteczności wymiany ciepła pomiędzy ogrzewaczami a baterią ogni. Urządzenie to jest szczególnie pomocne zwłaszcza w fazie rozgrzewania baterii, kiedy konieczne jest zapewnienie zbliżonej temperatury poszczególnych ogni dwustronnych przy dużych szybkościach narastania temperatury. W urządzeniu według wynalazku możliwe jest zastosowanie jednego z dwóch wykonania cyrkulatora gazów w izolowanej termicznie komorze 12. Pierwsze wykonanie cyrkulatora zrealizowano w oparciu o wirnik odśrodkowy 15A. Fig. 3A, Fig. 4. W wykonaniu drugim, Fig. 3B wykorzystano efekt Coandy, w którym cyrkulację gazów wewnątrz izolowanej termicznie komory 12 wymusza liniowy dystrybutor strumienia świeżego utleniacza 15B.

Te okoliczności sprawiają, że możliwe jest wielokrotne skrócenie procesu aktywacji baterii w stosunku do czasu rozruchu typowych baterii, w których z uwagi na zablokowaną strukturę szybkie rozgrzewanie skutkuje powstawaniem nieuchronnych naprężeń.

W procesie rozruchu baterii dodatkowe ciepło niezbędne dostarczane jest za pośrednictwem cylindrycznych nagrzewnic 13 usytuowanych równolegle do stosu ogni. Wirujący wewnątrz izolowanej termicznie komory 12 cyrkulujący strumień gazów przekazuje ciepło do baterii. Po ogrzaniu do temperatury ok. 700°C pracująca bateria ogni wydziela dostateczną ilość ciepła niezbędną do utrzymania optymalnych bezpiecznych warunków pracy. W czasie normalnej eksploatacji utrzymywana jest stała wartość temperatury 800°C, a nadwyżka ciepła, po wcześniejszym wyłączeniu nagrzewnic 13, odprowadzana jest za pośrednictwem usytuowanych wewnątrz izolowanej termicznie komory 12 absorberów ciepła 14, które następnie może być wykorzystane przez inne urządzenia, np. ogrzewacze wody. Cyrkulujący strumień gazów opływających absorbery ciepła 14 umożliwia skuteczne przekazanie ciepła i utrzymanie równomiernej temperatury poszczególnych ogni baterii.

Nagrzewnice 13 baterii ogni usytuowane są równolegle do stosu ogni oraz są usytuowane prostopadle do strumienia gazów cyrkulujących wewnątrz izolowanej termicznie komory 12. Zastosowane nagrzewnice 13 mają postać wydłużonych metalowych cylindrów, przez które przepuszcza się strumienie rozgrzanych spalin gazowych. W alternatywnej wersji możliwe jest zastosowanie nagrzewnic elektrycznych. Absorbery ciepła 14 usytuowane są równolegle do stosu ogni oraz są usytuowane prostopadle do strumienia gazów cyrkulujących wewnątrz komory. Absorbery ciepła 14 mają korzyst-

nie kształt odwróconych „U” rurek, przez które przeprowadza się medium chłodzące i za jego pośrednictwem przekazuje się ciepło do wymienników ciepła połączonych z odbiornikami ciepła.

Proces uruchamiania baterii rozpoczyna się od wprowadzenia poprzez dystrybutor 21, przewody paliwowe 22 oraz przyłącza 19 wodoru do stosów ogni dwustronnych DFC. Następnie wodór poprzez kanały rozprowadzające 3 i kanały funkcjonalne 4 poszczególnych ogni doprowadzany jest do kolektora 23, skąd następnie za pośrednictwem przewodu wydechowego 24 jest wyprowadzany. Podczas początkowej niskotemperaturowej fazy rozgrzewania z uwagi na brak katalitycznego procesu spalania, uwalniany wodór spalany jest płomieniowo, natomiast w warunkach normalnej eksploatacji baterii płomieniowo spalane są resztki wodoru znajdujące się w gazach wylotowych. Stosy ogni rozgrzewa się za pośrednictwem trzech metalowych cylindrycznych nagrzewnic 13, przez których wewnętrzne otwory przepuszcza się gorące spaliny trzech niezależnych palników gazowych. Jednocześnie podczas procesu rozgrzewania za pośrednictwem urządzenia wymuszającego cyrkulację powietrza 15A lub 15B utrzymuje się zbliżoną wartość temperatury dla wszystkich ogni dwustronnych DFC. Po rozgrzaniu stosów ogni do ok. 700°C wyłącza się palniki gazowe i jednocześnie uruchamia się absorbery ciepła 14 wymuszając przez nie przepływ medium chłodzącego. Intensywność przepływu medium chłodzącego jest kontrolowana w taki sposób, aby utrzymać wewnątrz izolowanej termicznie komory 12 niezmienną wartość temperatury 800°C. Aczkolwiek bateria ogni umożliwia uzyskanie wyższej wydajności prądowej przy wyższych temperaturach pracy (np. 900°C) kompromisowa wartość 800°C została ustalona dla zachowania marginesu bezpieczeństwa przed przetopieniem elementów wykonanych na bazie srebra, takich jak: taśma 20, porowata katodowa warstwa przewodząca 10 oraz pola kontaktowe anody 9A i katody 9B.

Podstawowym elementem baterii jest ogniwo dwustronne, którego proces wytwarzania przedstawiono poniżej.

Przykład wykonania I

1. Wykonanie centralnego kolektora prądu anodowego,
 - a. Laminacja 6 warstw folii anodowej (ESL42421), $T = 80^{\circ}\text{C}$, $P = 500\text{ Atm}$.
 - b. Wykonanie kanałów operacyjnych,
2. Laminacja operacyjnych warstw anodowych (ESL 42421) i elektrolitu ZrO_2 , (42400),
3. Złożenie laminatów,
4. Suszenie, 370°C ,
5. Obróbka termiczna złożonych laminatów, 1550°C ,
6. Nadruk warstw katodowych, LSCF, (ESL4421),
7. Obróbka termiczna warstw katodowych, 1100°C ,
8. Nadruk warstw kontaktowych i przewodzących,
9. Nałożenie kompozycji uszczelniającej krawędzie, (ESL4916)
10. Obróbka termiczna warstw kontaktowych i kompozycji uszczelniającej 900°C ,
11. Wykonanie otworów wejściowych,
12. Redukcja centralnej struktury anodowej w atmosferze wodoru; 800°C .

Przykład wykonania II

1. Wykonanie centralnego kolektora prądu anodowego
 - Laminacja 4 warstw folii anodowej i trzech warstw siatki niklowej (ESL42421), $T = 80^{\circ}\text{C}$, $P = 500\text{ Atm}$.
 - Suszenie, i obróbka termiczna; 370°C , 1600°C ,
 - Laminacja po obu stronach warstw folii anodowej (ESL42421),
 - Suszenie, i obróbka termiczna: 370°C , 1300°C ,
 - Wykonanie kanałów operacyjnych,
2. Laminacja operacyjnych warstw anodowych (ESL 42421) i elektrolitu ZrO_2 , (42400),
3. Złożenie laminatów,
4. Suszenie, 370°C ,
5. Obróbka termiczna złożonych laminatów, 1600°C ,
6. Nadruk warstw katodowych, LSCF, (ESL4421),
7. Obróbka termiczna warstw katodowych, 1100°C ,
8. Nadruk warstw kontaktowych i przewodzących,
9. Nałożenie kompozycji uszczelniającej krawędzie (ESL4916),
10. Obróbka termiczna warstw kontaktowych i kompozycji uszczelniającej 900°C ,
11. Wykonanie otworów wejściowych,
12. Redukcja centralnej struktury anodowej w atmosferze wodoru; 800°C .

Zastrzeżenia patentowe

1. Bateria ogniw paliwowych zawierająca, co najmniej jeden stos połączonych ze sobą płaskich ogniw dwustronnych ogniw paliwowych umieszczonych wewnątrz termicznie izolowanej komory (12), gdzie każde ogniwo dwustronne (DFC) wykonane jest w postaci ceramicznej płytki, która ma własne przyłącza dla dostawy i odprowadzania płynów oraz odprowadzania energii elektrycznej i gdzie warstwy katodowe (8) są nałożone na zewnętrznej powierzchni płytki ceramicznej, które następnie są pokryte katodowymi warstwami przewodzącymi (10), **znamienna tym**, że każde ogniwo dwustronne (DFC) ma centralny kolektor prądu anodowego (1), który po obu stronach ma wykonane kanały rozprowadzające (3) paliwo oraz kanały operacyjne (4), które są trwale połączone z laminatem składającym się z operacyjnej warstwy anodowej (5) oraz warstwy elektrolitu stałego (7), przy czym centralny kolektor prądu anodowego (1) jest zbudowany z tego samego materiału cermetowego co operacyjna warstwa anodowa (5), ponadto ogniwa dwustronne (DFC) są połączone ze sobą za pośrednictwem elastycznych separatorów (11) i ściągnięte razem za pomocą prętów ściągających (17), oprócz tego, wewnątrz izolowanej termicznie komory (12) umiejscowiono urządzenia służące do kontroli temperatury, takie jak nagrzewnice (13), absorbery ciepła (14) oraz urządzenie wymuszające cyrkulację powietrza (15A) lub (15B).

2. Bateria ogniw według zastrz. 1, **znamienna tym**, że centralny kolektor prądu anodowego (1), zawiera wbudowane metalowe struktury przewodzące (2).

3. Bateria ogniw według zastrz. 1, 2, **znamienna tym**, że wbudowane w centralny kolektor prądu anodowego (1), metalowe struktury przewodzące (2) zrealizowane zostały na bazie niklu.

4. Bateria ogniw według zastrz. 1 **znamienna tym**, że docisk ogniw dwustronnych (DFC) do elastycznych separatorów (11) zapewniają pręty ściągające (17), których zewnętrzne powierzchnie, korzystnie są pokryte izolatorem ceramicznym.

5. Bateria ogniw według zastrz. 1, **znamienna tym**, że dociskowe połączenie ogniw dwustronnych (DFC) do elastycznych separatorów (11) uszczelniono za pośrednictwem podkładek uszczelniających (18), korzystnie wykonanych z miki.

6. Bateria ogniw według zastrz. 1, **znamienna tym**, że nagrzewnice (13) usytuowane są równolegle do stosu ogniw dwustronnych oraz są usytuowane prostopadle do kierunku strumienia gazów cyrkulujących wewnątrz izolowanej termicznie komory (12).

7. Bateria ogniw według zastrz. 1, **znamienna tym**, że absorbery ciepła (14) usytuowane są równolegle do stosu ogniw dwustronnych oraz są usytuowane prostopadle do kierunku strumienia gazów cyrkulujących wewnątrz izolowanej termicznie komory (12).

8. Bateria ogniw według zastrz. 1, **znamienna tym**, że urządzenie wymuszające cyrkulację powietrza (15A) lub (15B) wewnątrz izolowanej termicznie komory (12) stanowi wirnik odśrodkowy (15A).

9. Bateria ogniw według zastrz. 1, **znamienna tym**, że urządzenie wymuszające cyrkulację gazów (15A) lub (15B) wewnątrz izolowanej termicznie komory (12) stanowi liniowy dystrybutor strumieni utleniacza (15B), w którym czynnikiem wymuszającym cyrkulację są rozprowadzone za pośrednictwem dystrybutora oraz ukształtowane za pośrednictwem dysz strumienie świeżego utleniacza.

10. Bateria ogniw według zastrz. 1, **znamienna tym**, że ogniwa dwustronne (DFC) połączono elektrycznie za pomocą taśmy metalowej (20).

Rysunki

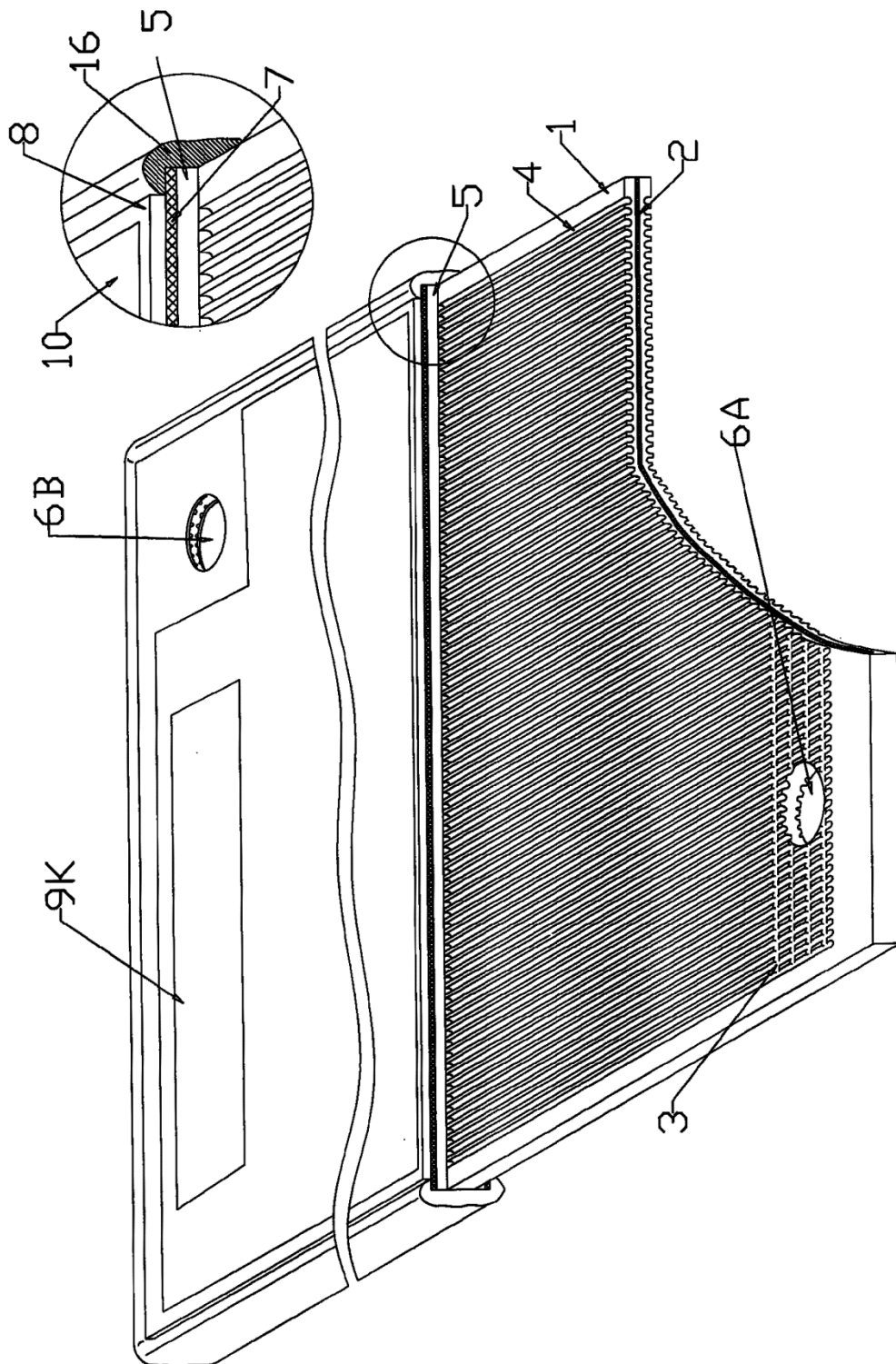


Fig-1

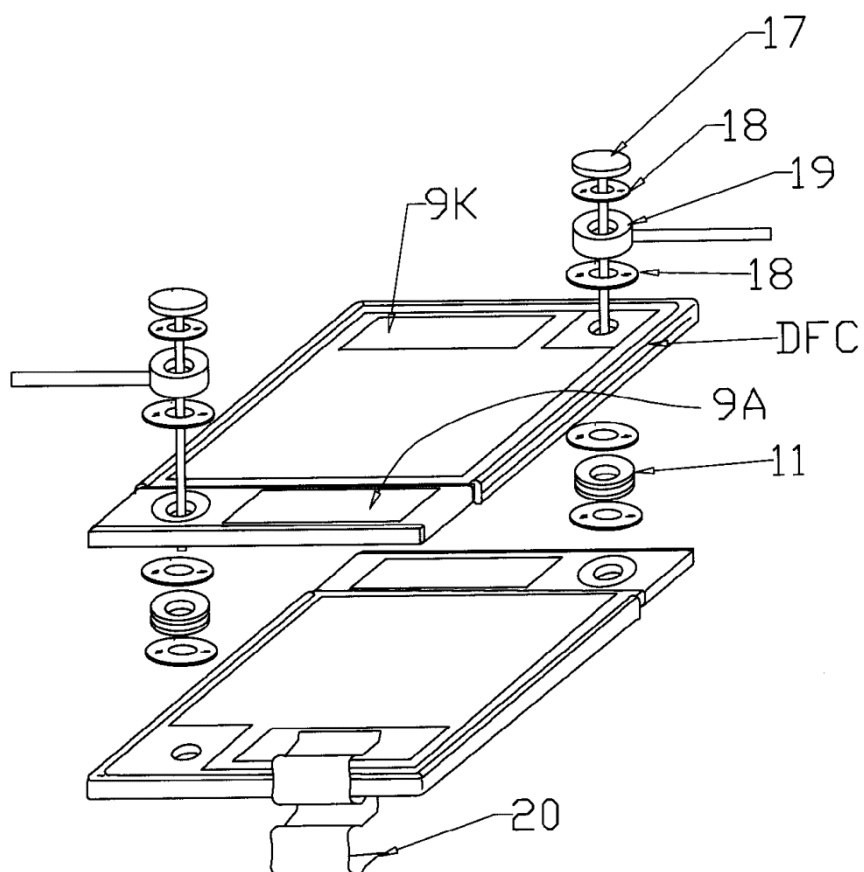


Fig. 2

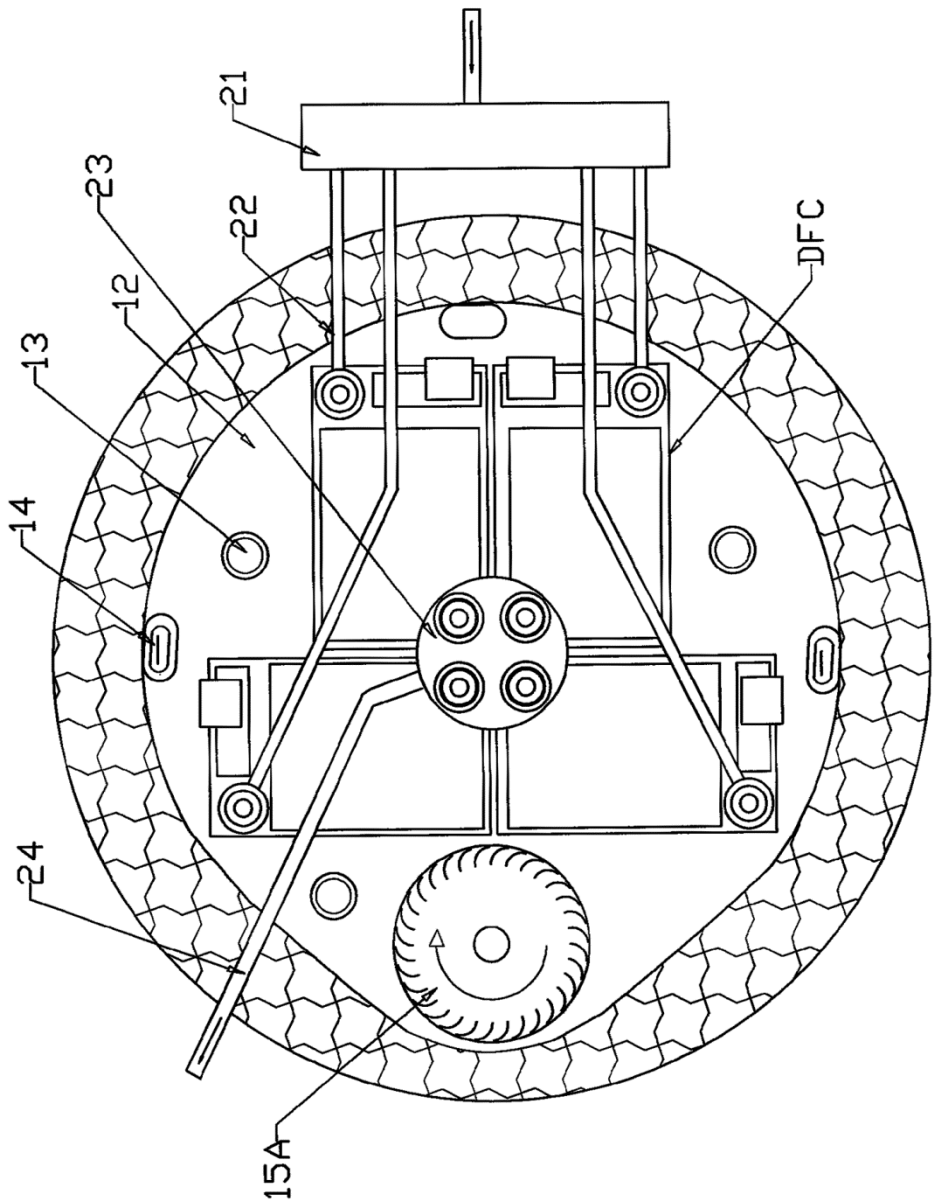


Fig. 3A

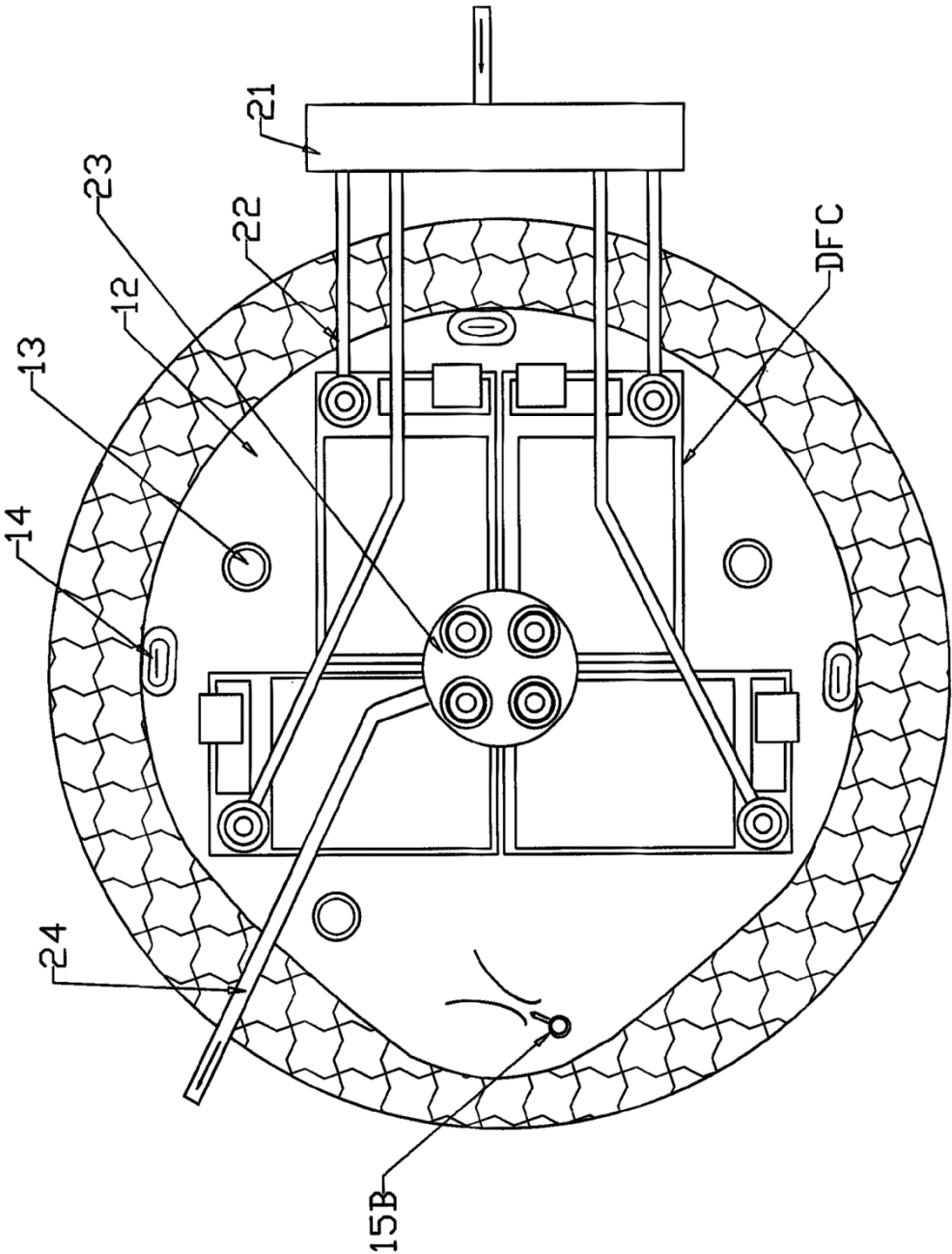


Fig. 3B

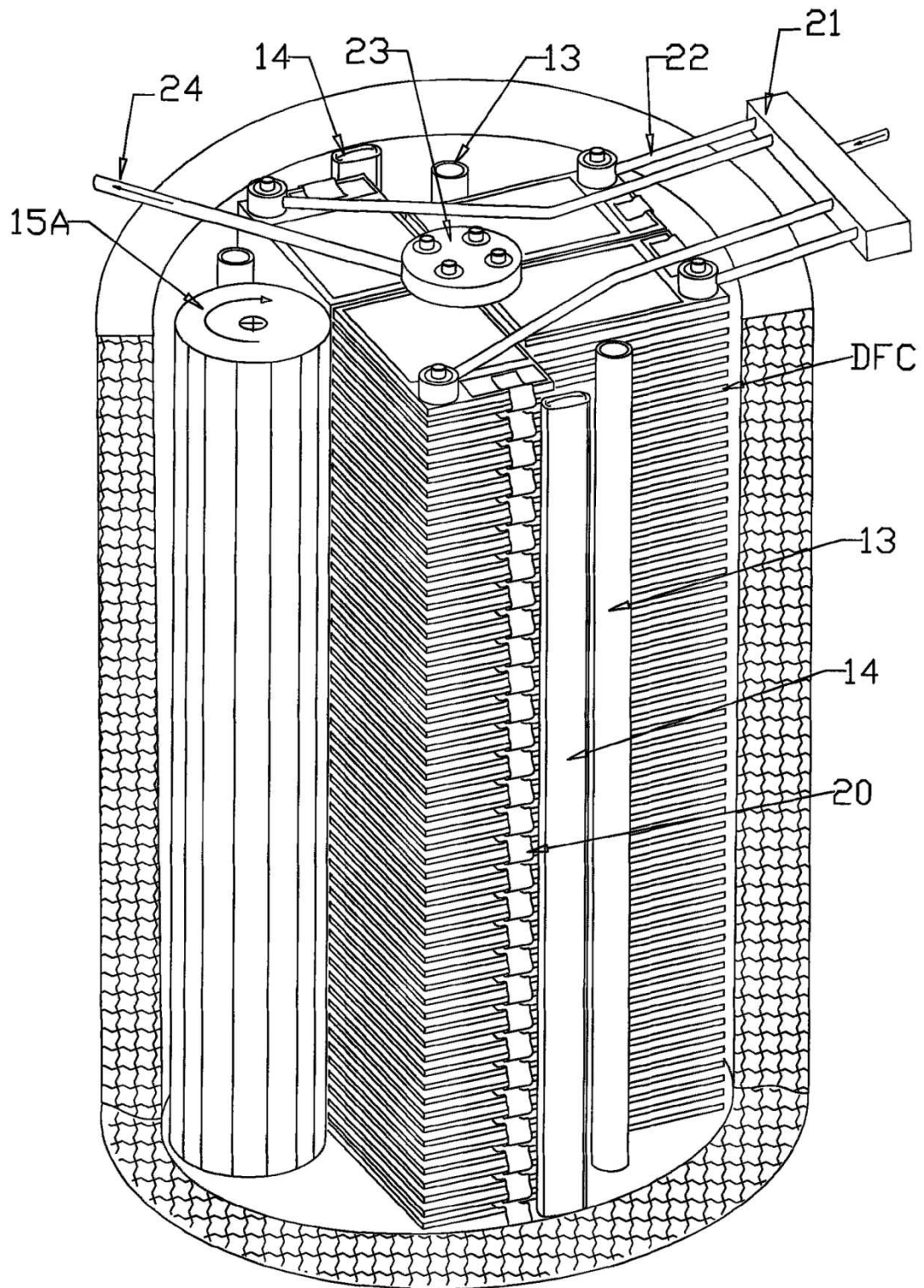


Fig. 4

