

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 247327 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **447990**

(22) Data zgłoszenia: **2024.03.13**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2024.09.02 BUP 36/2024**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2025.06.16 WUP 24/2025**

(51) MKP:

B01D 53/62 (2006.01)

B01D 61/46 (2006.01)

C02F 1/469 (2023.01)

(73) Uprawniony z patentu:
POLITECHNIKA WARSZAWSKA, Warszawa, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:
JAROSŁAW MILEWSKI, Podkowa Leśna, PL
OLAF DYBIŃSKI, Warszawa, PL
ALIAKSANDR MARTSINCHYK, Warszawa, PL
ARKADIUSZ SZCZĘŚNIAK, Kobylka, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Oliwia Czarnocka, Warszawa, PL

(54) Tytuł:

Sposób i układ do separacji CO₂ z wody morskiej za pomocą węglanowego elektrolizera

PL 247327 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób i układ separacji CO₂ z wody morskiej za pomocą węglanowego elektrolizera.

Obecnie rozważane są różne źródła CO₂ do syntezy innych związków chemicznych np. paliw syntetycznych, do których należą źródła pochodzenia przemysłowego, w tym elektrownie, cementownie, huty, biomasa, jak również pochodzenia naturalnego: powietrze i woda. Literatura tematu zawiera wiele różnych metod separacji CO₂ z powietrza oraz wody morskiej.

Stężenie CO₂ w atmosferze stale rośnie, a jego separacja ze źródła gazu mieszanego mierzy się z faktem, że objętość gazu, który musi zostać przetworzony skaluje się odwrotnie proporcjonalnie do stężenia CO₂ w gazie mieszanym, dlatego też wydobycie CO₂ z atmosfery stanowi niezwykle kosztowne wyzwanie. Jednak ze względu na fakt, że atmosferyczny CO₂ rozpuszcza się w wodzie reagując z wodą morską tworząc kwas węglowy, który z kolei uwalnia jony wodorowe (H⁺) tworząc jony wodorowęglanowe (HCO₃⁻) i węglanowe (CO₃²⁻), co oznacza że większość całkowitego rozpuszczonego węgla w wodzie morskiej (DIC) ma postać jonów wodorowęglanowych, zaś ekstrakcja CO₂ z oceanicznego DIC umożliwia oddzielenie CO₂ od atmosfery bez konieczności przetwarzania dużych ilości powietrza, co może zwiększyć efektywność procesu.

Eisaman i wsp w publikacji [M. D. Eisaman, L. Alvarado, D. Larner, P. Wang, K. A. Littau, *Energy Environ. Sci.*, 2011, 4, 4031–4037] oraz opisie patentowym US9586181 B1 zauważają, że separacja CO₂ z DIC w wodzie morskiej za pomocą procesu wymiany jonowej jest utrudniona przez powolne tempo ekstrakcji oparte na membranach oraz słabą selektywność jonów zawierających CO₂. Z uwagi na potrzebę wody morskiej o niskiej przewodności i twardości w przypadku procesu wymiany jonowej, autorzy publikacji proponują zastosowanie systemu bipolarnej elektrodializy membranowej BPMED w separacji CO₂, gdzie woda morską jest pompowana przez system, który wytwarza dwa strumienie wyjściowe zakwaszonej i zalkalizowanej wody morskiej. W zakwaszonym strumieniu wodorowęglan HCO₃ i jony CO₃ w wejściowej wodzie morskiej są przekształcane w rozpuszczony gaz CO₂, przy czym pozbawiony CO₂ zakwaszony roztwór jest następnie łączony z roztworem zasadowym w celu wytworzenia roztworu o neutralnym pH, który może zostać uwolniony z powrotem do oceanu. W dalszych publikacjach naukowych Eisaman i wsp [M. D. Eisaman, K. Parajuly, A. Tuganov, C. Eidershaw, N. Chang, K. A. Littau, *Energy Environ. Sci.*, 2012, 5, 7346–7352] ujawniają szczegółowy projekt, konstrukcję i wydajność prototypu systemu BPMED, w którym CO₂ może być ekstrahowany z DIC w wodzie morskiej przy elektrochemicznym zużyciu energii na poziomie 242 kJ/mol (CO₂), przy czym produkcja 100 000 galonów paliwa lotniczego dziennie wymaga wydobycia 443 900 m³/dzień CO₂ co z kolei wymaga 56 MW energii elektrycznej dziennie.

Istnieje zatem potrzeba opracowania sposobu separacji CO₂, który byłby bardziej zrównoważony ekologicznie niż dostępne w stanie techniki metody.

Proponowane rozwiązanie polega na usprawnieniu pozyskiwania CO₂ z wody morskiej poprzez bezpośrednie wykorzystanie źródeł odnawialnych potencjalnie w produkcji paliw syntetycznych przy zastosowaniu węglanowego elektrolizera, który działa na zasadzie wykorzystania energii elektrycznej do transportu jonów węglanowych z jednej strony elektrolitu na drugą.

Zgodnie z wynalazkiem sposób pozyskania CO₂ z wody morskiej polega na tym, że do elektrolizera węglanowego jednocześnie wprowadza się pierwszym strumieniem wodę morską w stanie nadkrytycznym oraz drugim strumieniem CO₂ w stanie nadkrytycznym, następnie pod wpływem dostarczonej energii elektrycznej jony węglanowe (CO₃⁼) powstałe z połączenia CO₂ z jednym atomem tlenu odbieranym od wody, transportowane są z pierwszego strumienia do drugiego strumienia,

po czym woda morską z wodorem kierowane są trzecim strumieniem do skraplacza, gdzie woda morską jest skraplana i piątym strumieniem z mniejszą ilością CO₂ kierowana jest na zewnątrz skraplacza,

natomiast wodór w stanie gazowym w ósmym strumieniu wraz z mieszaniną gazów wytworzoną w elektrolizerze węglanowym zawierającą CO₂ z tlenem czwartym strumieniem kieruje się do komory spalania, w której tlen z czwartego strumienia z elektrolizera węglanowego reaguje z wodorem z ósmego strumienia tworząc CO₂, który szóstym strumieniem wylotowym kieruje się na zewnątrz komory spalania, zaś część CO₂ z parą wodną w stanie ciekłym strumieniem jest sprężana za pomocą sprężarki i kierowana do elektrolizera węglanowego tworząc drugi strumień CO₂ w stanie nadkrytycznym.

Układ pozyskania CO₂ z wody morskiej za pomocą węglanowego elektrolizera według wynalazku zawiera elektrolizer z pierwszym wejściem wody morskiej połączony ze skraplaczem, którego pierwsze wyjście skierowane jest na zewnątrz układu a drugie wyjście podłączone jest do komory spalania, której pierwsze wyjście skierowane jest na zewnątrz układu a drugie wyjście połączone jest ze sprężarką, jednocześnie wyjście sprężarki podłączone jest do drugiego wejścia elektrolizera, ponadto drugie wyjście elektrolizera połączone jest z drugim wejściem komory spalania.

Zaletą sposobu według wynalazku jest zapewnienie sposobu pozyskiwania CO₂ z innych źródeł niż pochodzenia przemysłowego za pomocą urządzeń elektrochemicznych, zapobiegając przy tym skomplikowanym procesom separacji CO₂ z powietrza, w którym stężenie CO₂ jest 140 razy mniejsze niż w wodzie morskiej. Dodatkowo sposób według wynalazku pozwoli na rozwój technologii elektrochemicznych do syntezy paliw sztucznych, gdyż sposób może być użyty w zastosowaniach przemysłowych.

Przedmiot wynalazku jest uwidoczniony w przykładzie wykonania na rysunku Fig. 1, który przedstawia układ pozyskania CO₂ z wody morskiej za pomocą węglanowego elektrolizera I.

Układ pozyskania CO₂ z wody morskiej za pomocą węglanowego elektrolizera zawiera elektrolizer I z pierwszym wejściem 1 wody morskiej połączony ze skraplaczem II, którego pierwsze wyjście 5 skierowane jest na zewnątrz układu a drugie wyjście 8 podłączone jest do komory spalania III, której pierwsze wyjście 6 skierowane jest na zewnątrz układu a drugie wyjście 7 połączone jest ze sprężarką IV, jednocześnie wyjście sprężarki IV podłączone jest do drugiego wejścia 2 elektrolizera I, ponadto drugie wyjście 4 elektrolizera I połączone jest z drugim wejściem komory spalania III.

Przykładowa realizacja sposobu według wynalazku polega na pozyskaniu CO₂ z wody morskiej, w którym do elektrolizera węglanowego I jednocześnie wprowadza się pierwszym strumieniem 1 wodę morską w stanie nadkrytycznym oraz drugim strumieniem 2 CO₂ w stanie nadkrytycznym, gdzie pod wpływem energii elektrycznej następuje transport jonów węglanowych (CO₃⁻) z pierwszego strumienia 1 do drugiego strumienia 2. Jon węglanowy powstaje poprzez połączenie CO₂ z jednym atomem tlenu, który jest odbierany od wody, co generuje wodór w trzecim strumieniu 3, który trafia do skraplacza II, gdzie woda morska jest skraplana i piątym strumieniem 5 z śladową ilością CO₂ kierowana jest na zewnątrz skraplacza do swojego źródła, a wodór w stanie gazowym w ósmym strumieniu 8 kierowany jest do komory spalania III. Jony węglanowe w elektrolizerze węglanowym I rekombinują do dwutlenku węgla oraz tlenu, które w czwartym strumieniu 4 kierowane są do komory spalania III. Tlen z czwartego strumienia 4 następnie reaguje z wodorem dostarczonym z separatora II ósmym strumieniem 8 w komorze spalania III tworząc CO₂, który szóstym strumieniem wylotowym 6 kieruje się na zewnątrz komory spalania III, zaś część CO₂ z parą wodną w stanie ciekłym strumieniem 7 jest sprężana za pomocą sprężarki IV i kierowana do elektrolizera węglanowego I tworząc drugi strumień 2 CO₂ w stanie nadkrytycznym.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób pozyskania CO₂ z wody morskiej za pomocą węglanowego elektrolizera **znamienny tym**, że do elektrolizera węglanowego (I) jednocześnie wprowadza się pierwszym strumieniem (1) wodę morską w stanie nadkrytycznym oraz drugim strumieniem (2) CO₂ w stanie nadkrytycznym, następnie pod wpływem dostarczonej energii elektrycznej jony węglanowe (CO₃⁼) powstałe z połączenia CO₂ z jednym atomem tlenu odbieranym od wody, transportowane są z pierwszego strumienia (1) do drugiego strumienia (2), po czym woda morska z wodorem kierowane są trzecim strumieniem (3) do skraplacza (II), gdzie woda morska jest skraplana i piątym strumieniem (5) z mniejszą ilością CO₂ kierowana jest na zewnątrz skraplacza (II), natomiast wodór w stanie gazowym w ósmym strumieniu (8) wraz z mieszaniną gazów wytworzoną w elektrolizerze węglanowym (I) zawierającą CO₂ z tlenem czwartym strumieniem (4) kieruje się do komory spalania (III), w której tlen z czwartego strumienia (4) z elektrolizera węglanowego (I) reaguje z wodorem z ósmego strumienia (8) tworząc CO₂, który szóstym strumieniem wylotowym (6) kieruje się na zewnątrz komory spalania (III), zaś część CO₂ z parą wodną w stanie ciekłym strumieniem (7) jest sprężana za pomocą sprężarki (IV) i kierowana do elektrolizera węglanowego (I) tworząc drugi strumień (2) CO₂ w stanie nadkrytycznym.

2. Układ pozyskania CO₂ z wody morskiej za pomocą węglanowego elektrolizera **znamienny tym**, że zawiera elektrolizer (I) z pierwszym wejściem (1) wody morskiej połączony ze skraplaczem (II), którego pierwsze wyjście (5) skierowane jest na zewnątrz układu a drugie wyjście (8) podłączone jest do komory spalania (III), której pierwsze wyjście (6) skierowane jest na zewnątrz układu a drugie wyjście (7) połączone jest ze sprężarką (IV), jednocześnie wyjście sprężarki (IV) podłączone jest do drugiego wejścia (2) elektrolizera (I), ponadto drugie wyjście (4) elektrolizera (I) połączone jest z drugim wejściem komory spalania (III).

Rysunek

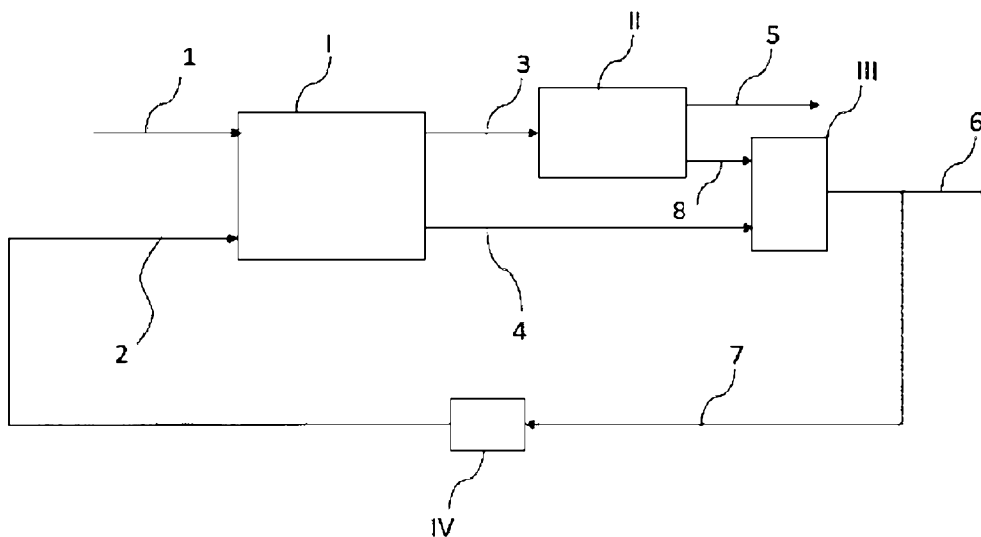


Fig. 1