



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2024 00037

(22) Data de depozit: 08/08/2022

(30) Prioritate:

09/08/2021 US 63/231, 090

(41) Data publicării cererii:

30/12/2024 BOPI nr. 12/2024

(86) Cerere internațională PCT:

Nr. CA 2022/051208 08/08/2022

(87) Publicare internațională:

Nr. WO 2023/015380 16/02/2023

(71) Solicitant:

• LAURENTIS ENERGY PARTNERS INC.,
700 UNIVERSITY AVENUE(CA), TORONTO,
ONTARIO, M5G1X6, CA

(72) Inventatori:

• KWON PAUL, 889 BROCK ROAD
PICKERING, ONTARIO, L1W3J2, CA

(74) Mandatar:

CABINET M.OPROIU - CONSILIERE ÎN
PROPRIETATE INTELECTUALĂ S.R.L.,
STR.POPA SAVU NR.42, PARTER,
SECTOR 1, CP2-229, BUCUREȘTI

(54) METODĂ ȘI SISTEM DE SEPARARE A UNUI FLUX DE APĂ GREU TRITATĂ ÎNTR-UN FLUX DE APĂ GREU SĂRACĂ ÎN TRITIU ȘI UN FLUX DE APĂ GREU ÎMBOGĂȚITĂ CU TRITIU

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem, un aparat și la un procedeu de separare a unui flux de apă grea tritiată într-un flux de apă grea săracă în tritii și un flux de apă grea îmbogățită cu tritii. Procedeu de separare conform invenției constă în alimentarea apei grele tritiate ($\text{D}_2\text{O}/\text{D}_2\text{O}$) într-un punct de mijloc al unei coloane de schimb de izotopi care conține un catalizator solid hidrofob, pentru a facilita schimbul de deuteriu și tritii, în urma căruia se formează gazul DT/D_2 care curge în afara unei celule de electroliză prin primul capăt al coloanei de schimb de izotopi, concentrând conținutul de tritii din apa grea prin flux în contracurent pentru a produce o apă grea bogată în tritii sub punctul de alimentare și un deuteriu gazos sărac în tritii deasupra punctului de alimentare, apa grea bogată în tritii curgând în afara primului capăt al coloanei de schimb de izotopi și în celula de electroliză formând gazul DT/D_2 și un flux de apă grea îmbogățită cu tritii, iar deuteriul gazos sărac în tritii curge în afara celui de-al doilea capăt al coloanei de schimb de izotopi precum și într-o unitate de apă grea săracă în tritii în care mai curge suplimentar fie O_2 gazos fie apă ușoară, pentru a forma o apă grea săracă în tritii.

Revendicări: 21

Figuri: 4

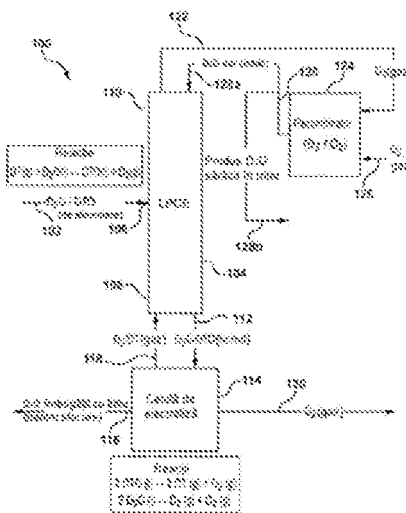


Fig. 2

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr.	a 2024 000 37
Data depozit	08-08-2022

TRIMITERE LA CERERE DE BREVET ASOCIATĂ

[0001] Această cerere revendică prioritatea cererii provizorii din Statele Unite ale Americii nr. 63/231.090 depusă la 9 august 2021, care este încorporată în prezenta în întregime prin referință.

DOMENIUL TEHNIC

[0002] Prezenta invenție se referă la un sistem, la o metodă și la un aparat de separare a unui flux de apă grea tritiată într-un flux de apă grea săracă în tritii și un flux de apă grea îmbogățită cu tritii.

STADIUL TEHNICII

[0003] În reactoare nucleare de tipul celor care utilizează apă grea ca agent de răcire și moderator, există o acumulare progresivă de apă grea tritiată (DTO) în D_2O deoarece acest DTO este produs continuu din captarea neutronilor în deuteriu. În prezent, îndepărtarea tritiului din apă este realizată prin diferite tehnici de separare a hidrogenului, de exemplu, distilarea apei, distilarea criogenică a hidrogenului, etc. care vor imobiliza tritiul.

[0004] Cu toate acestea, metodele și sistemele cunoscute pentru îndepărtarea tritiului din apa grea sunt deficitare. De exemplu, metodele și sistemele care utilizează schimb catalitic în fază de vapori (VPCE) și distilare criogenică nu sunt capabile să elimine tritiul din apa moderator, apă grea, la niveluri suficient de scăzute pentru a evita contaminarea mediului și, de asemenea, aceste metode și sisteme pot provoca o acumulare de ^{17}O care are ca rezultat acumularea de ^{14}C în moderatorul reactorului (ceea ce este nedorit pentru expunerea la locul de muncă a personalului). În consecință, este nevoie de metode și sisteme îmbunătățite de eliminare a tritiului din apa grea pentru a asigura niveluri suficient de scăzute care să evite contaminarea mediului și care să reducă acumularea de ^{17}O și acumularea de ^{14}C în moderatorul reactorului.

EXPUNEREA PE SCURT A INVENȚIEI:

[0005] Un exemplu de realizare a prezentei invenții este furnizarea unui sistem, a unui aparat și a unui procedeu pentru îndepărtarea tritiului din apa grea până la niveluri cel puțin apropiate de cele ale mediului, care sunt practic lipsite de toate celelalte elemente radioactive. În unele aspecte, prezenta invenție se referă la un sistem, un aparat și un procedeu pentru utilizare cu o instalație CANDU (Canada Deuterium Uranium) cu o TRF (unitate de îndepărtare a tritiului) existentă pentru a detritia suplimentar apa grea și pentru a asigura o gestionare benefică a tritiului și a ^{14}C .

[0006] Un exemplu de realizare a prezentei invenții este furnizarea unui procedeu de separare a unui flux de apă grea tritiată într-un flux de apă grea săracă în tritiu și un flux de apă grea îmbogățită cu tritiu, procedeul cuprinzând:

- curgerea apei grele tritiate ($\text{DTO}/\text{D}_2\text{O}$) de alimentare către un punct de alimentare al unei coloane de schimb de izotopi, punctul de alimentare menționat fiind între un prim capăt de sub punctul de alimentare și un al doilea capăt de deasupra punctului de alimentare, coloana menționată conținând un catalizator solid hidrofoab configurat să promoveze schimbul de deuteriu și tritiu;
- curgerea unui gaz DT/D_2 în afara unei celule de electroliză și în primul capăt al coloanei;
- concentrarea, în coloană, a conținutului de tritiu din apa grea tritiată prin curgere în contracurent a gazului DT/D_2 de la primul capăt la cel de-al doilea capăt, pentru a produce o apă grea bogată în tritiu sub punctul de alimentare și un deuteriu gazos sărac în tritiu deasupra punctului de alimentare;
- curgerea apei grele bogate în tritiu în afara primului capăt al coloanei și în celula de electroliză;
- formarea, în celula de electroliză, a gazului DT/D_2 și a unui flux de apă grea îmbogățită cu tritiu;
- curgerea deuteriului gazos sărac în tritiu în afara celui de-al doilea capăt al coloanei și într-un recombinator D_2/O_2 ;
- curgerea unui gaz O_2 în recombinatorul D_2/O_2 ; și
- formarea unui flux de apă grea săracă în tritiu în recombinatorul D_2/O_2 .

[0007] Într-un aspect, procedeul cuprinde, în plus,

- refluxarea unei părți din fluxul de apă grea săracă în tritiu înapoi în cel de-al doilea capăt al coloanei.

[0008] Într-un aspect, procedeul cuprinde, în plus,

- devierea unei alte părți a fluxului de apă grea săracă în tritiiu către un loc îndepărtat. Într-un aspect, procedeul cuprinde curgerea fluxului de apă grea îmbogățită cu tritiiu înapoi la o sursă a fluxului de apă grea tritiată.

[0009] Într-un aspect, sursa fluxului de apă grea tritiată cuprinde o coloană de schimb catalitic în fază de vapori (VPCE) configurată să primească fluxul de apă grea îmbogățită cu tritiiu.

[0010] Într-un aspect, catalizatorul solid hidrofof este un catalizator solid hidrofof pe bază de platină.

[0011] Într-un aspect al procedeului, recombinatorul D_2/O_2 este un recombinator superior D_2/O_2 .

[0012] Într-un aspect al procedeului, punctul de alimentare este aproximativ la jumătatea distanței dintre primul capăt și cel de-al doilea capăt.

[0013] Într-un aspect, procedeul de formare, în celula de electroliză, produce oxigen gazos.

[0014] Într-un aspect, procedeul cuprinde, în plus, devierea oxigenului gazos produs departe de celula de electroliză.

[0015] Într-un aspect, oxigenul gazos produs cuprinde ^{17}O .

[0016] Într-un aspect, coloana de schimb de izotopi cuprinde o multitudine de coloane de schimb de izotopi.

[0017] Într-un aspect, multitudinea de coloane de schimb de izotopi cuprinde: un prim LPCE configurat să primească apă grea tritiată (DTO/D_2O) de alimentare și ca apa grea bogată în tritiiu să curgă în afara primului capăt al coloanei, un al doilea LPCE amplasat între primul LPCE și cel de-al doilea capăt și conectat fluid la primul LPCE, și un al treilea LPCE amplasat între cel de-al doilea LPCE și cel de-al doilea capăt și conectat fluid la cel de-al doilea LPCE și configurat ca deuteriul gazos sărac în tritiiu să curgă în recombinatorul D_2/O_2 și să primească partea din fluxul de apă grea săracă în tritiiu de la recombinatorul D_2/O_2 .

[0018] Un exemplu de realizare a prezentei invenții este furnizarea un procedeu de separare a unui flux de apă grea tritiată într-un flux de apă grea săracă în tritiiu și un flux de apă grea îmbogățită cu tritiiu, procedeul cuprinzând:

- curgerea apei grele tritiate (DTO/D_2O) de alimentare către un punct de alimentare al unei coloane de schimb de izotopi, punctul de alimentare menționat fiind între un prim capăt de sub punctul de alimentare și un al doilea

capăt de deasupra punctului de alimentare, coloana menționată conținând un catalizator solid hidrofob configurat să promoveze schimbul de deuteriu și tritii;

- curgerea unui gaz DT/D₂ în afara unei celule de electroliză și în primul capăt al coloanei;

- concentrarea, în coloană, a conținutului de tritii din apa grea tritiată prin curgere în contracurent a gazului DT/D₂ de la primul capăt la cel de-al doilea capăt, pentru a produce o apă grea bogată în tritii sub punctul de alimentare și un deuteriu gazos sărac în tritii deasupra punctului de alimentare;

- curgerea apei grele bogate în tritii în afara primului capăt al coloanei și în celula de electroliză;

- formarea, în celula de electroliză, a gazului DT/D₂ și a unui flux de apă grea îmbogățită cu tritii;

- curgerea deuteriului gazos sărac în tritii în afara celui de-al doilea capăt al coloanei și într-o coloană de schimb izotopic apă ușoară/apă grea;

- curgerea apei ușoare în coloana de schimb izotopic apă ușoară/apă grea; și

- formarea în coloana de schimb izotopic apă ușoară/apă grea, a unui flux de apă grea săracă în tritii.

[0019] Un exemplu de realizare a prezentei invenții este furnizarea unui procedeu de producere a unui flux de apă grea săracă în tritii, procedeul cuprinzând: furnizarea unei surse de apă grea tritiată; curgerea apei grele tritiate într-o coloană de schimb de izotopi; îmbogățirea cu tritii

concentrarea apei grele tritiate pentru a produce, în coloana de schimb de izotopi, un flux de apă grea îmbogățită cu tritii și un deuteriu gazos sărac în tritii; combinarea deuteriului gazos sărac în tritii cu oxigen gazos pentru a produce un flux de apă grea săracă în tritii.

[0020] Un exemplu de realizare a prezentei invenții este furnizarea unui sistem de producere a unui flux de apă grea săracă în tritii, care cuprinde:

- o sursă de apă grea tritiată (D₂O/D₂O);

- o coloană de schimb de izotopi care conține un catalizator solid hidrofob și este configurată să primească apă grea tritiată (D₂O/D₂O) de la sursă, coloana fiind configurată pentru a promova schimbul de deuteriu și tritii pentru a produce o apă grea bogată în tritii și un deuteriu gazos sărac în tritii;

- o celulă de electroliză configurată să producă un gaz DT/D₂ și ca gazul DT/D₂ să curgă în coloana de schimb de izotopi, și configurată să primească apa grea

bogată în tritiiu din coloana de schimb de izotopi și să producă un flux de apă grea îmbogățită cu tritiiu care să curgă înapoi la sursa de apă grea tritiată (DTO/D₂O); și

- o unitate de apă grea săracă în tritiiu configurată să primească deuteriul gazos sărac în tritiiu care să curgă din coloana de schimb de izotopi și să primească un gaz O₂ sau apă ușoară, pentru a forma fluxul de apă grea săracă în tritiiu.

SCURTĂ DESCRIERE A DESENELOR

[0021] Fig. 1 este o schemă a procesului tehnologic care ilustrează procesele combinate de îndepărtare a tritiului, în conformitate cu un exemplu de realizare a invenției;

[0022] Fig. 2 este o schemă a procesului tehnologic al unui procedeu de separare a apei grele tritiate într-un flux cu tritiiu redus și un flux îmbogățit cu tritiiu, în conformitate cu un exemplu de realizare a invenției; și

[0023] Fig. 3 este o schemă a procesului tehnologic al unui procedeu de separare a apei grele tritiate într-un flux cu tritiiu redus și un flux îmbogățit cu tritiiu, în conformitate cu un alt exemplu de realizare a invenției, care cuprinde o multitudine de coloane de schimb catalitic în fază lichidă (LPCE-uri), în conformitate cu un exemplu de realizare a invenției; și

[0024] Fig. 4 este o schemă a procesului tehnologic al unui procedeu de separare a apei grele tritiate într-un flux cu conținut redus de tritiiu și un flux îmbogățit cu tritiiu, în conformitate cu un alt exemplu de realizare a invenției, care cuprinde o multitudine de LPCE-uri și o coloană de schimb izotopic apă ușoară/apă grea, în conformitate cu un exemplu de realizare a invenției.

DESCRIERE DETALIATĂ

[0025] Mai jos se va face referire în detaliu la exemple de realizare a invenției exemplificatoare, exemple care sunt ilustrate în desenele anexate. Ori de câte ori este posibil, aceleași numere de referință folosite în desene se referă la piese identice sau asemănătoare.

[0026] Ilustrațiile din Figura 1 furnizează o vedere generală de ansamblu a unui sistem util pentru procedeul combinat de îndepărtare a tritiului din prezenta dezvoltare.

Procedeul de îndepărtare a tritiului 10 efectuat în instalația de îndepărtare a tritiului (TRF) 12 (sau similar) include diverse tronsoane, care includ o coloană de schimb catalitic în fază de vapori (VPCE) 14, o distilare criogenică (CD) 16, îmbogățire 18, imobilizare 20, sistem 22 de transport al căldurii primare, un dispozitiv de îmbunătățire a apei grele 24, un moderator 26 și un aparat de schimb catalitic cu electroliză combinată (CECE) 100.

[0027] Sistemul primar de transport al căldurii 22 circulă lichidul de răcire cu apă grea sub presiune prin canalele de combustibil ale reactorului (nu sunt arătate) pentru a elimina căldura produsă prin fisiunea combustibilului natural de uraniu. Dispozitivul de îmbunătățire a apei grele 24 separă apa grea dintr-un amestec de apă ușoară și apă grea pentru a obține un produs care conține o concentrație izotopică suficient de mare de apă grea pentru a fi utilizată în moderatorul 26. Moderatorul 26 poate fi un moderator CANDU standard (Canada Deuterium Uranium) pentru apă grea, folosit pentru a controla/modera neutronii eliberați din reacția de fisiune pentru a susține reacția în lanț.

[0028] Figura 2 ilustrează, conform unui exemplu de realizare, procedeul CECE și aparatul CECE 100 pentru separarea apei grele tritiate într-un flux de apă grea săracă în tritii și un flux de apă grea îmbogățit cu tritii. Așa cum este arătat, VPCE 14 al TRF 12 furnizează o sursă de apă grea tritiată (un amestec de DTO/D₂O) de alimentare 102 într-o coloană de schimb catalitic în fază lichidă (LPCE) 104.

[0029] Așa cum este arătat în figura 2, coloana LPCE 104 include un punct de alimentare 106 care este poziționat deasupra unui prim capăt 108 al coloanei LPCE 104 și sub un al doilea capăt 110 al coloanei 104. În unele aspecte, punctul de alimentare 106 este situat la jumătatea distanței dintre primul capăt 108 și cel de-al doilea capăt 110 și la o poziție care va avea ca rezultat o concentrație de tritii a apei grele care se potrivește cu apa izotopică ca intrare în VPCE 14 și CD 16 ale TRF 12 (așa cum va fi descris suplimentar în detaliu mai jos).

[0030] LPCE 104 este o coloană în contracurent care este umplută cu un catalizator solid hidrofob. Într-un aspect, catalizatorul solid hidrofob este un catalizator solid hidrofob pe bază de platină. În unele aspecte, LPCE 104 este umplută cu orice tip de catalizator care este hidrofug și constă din cel puțin un metal activ catalitic selectat din Grupa VIII din Tabelul Periodic având o rășină organică sau o acoperire polimerică substanțial hidrofugă, care este permeabilă la vaporii de apă și la hidrogenul gazos. În unele aspecte, rășina organică sau acoperirea polimerică care este hidrofugă la apă

lichidă este din polifluorocarburi, polimeri hidrocarburi hidrofobi cu greutate moleculară medie până la mare, sau din siliconi. Exemple de catalizatori includ metale din grupa VIII: Pt, Ni, Ir, Rh și Pd și suport de catalizator: carbon, grafit, cărbune, alumină (Al_2O_3), magnezie, silice (SiO_2), silicagel, cromie (Cr_2O_3), oxid de nichel (NiO); și acoperire substanțial hidrofugă la apă lichidă: politetrafluoretilena este o acoperire impermeabilă la apă preferată. Alte acoperiri impermeabile la apă sunt, de exemplu, rășini siliconice constând din siloxani de metil semi-polimerizați cu un anumit procent de silanol, metoxi sau etoxi, grupări atașate la structura siloxanului. De obicei, este preferat un polialchilsiloxan, substituit cu suficiente grupări hidroxil (silanol), metoxi/sau etoxi/ pentru reticulare după aplicare, și cu chemosorbție sau legare chimică la suport cu catalizatorul de pe acesta și, opțional, cu puține grupări de alchil superior (etil, propil, izopropil, t-butil) pentru stabilitate îmbunătățită. Vezi, de asemenea, brevetul canadian nr. 1137025 și brevetul US nr. 4190515, care sunt încorporate aici prin referință.

[0031] În LPCE 104, are loc reacția de echilibru de schimb deuteriu/apă prezentată în ecuația 1 de mai jos, în care formarea de DTO lichid este favorizată atunci când apa grea intră în contact cu deuteriu gazos tritiat (DT). În virtutea curgerii în contracurent, tritiul se deplasează din fluxul gazos D_2/DT în fluxul lichid $\text{D}_2\text{O}/\text{DTO}$. În consecință, conținutul de tritiu este concentrat în apă ($\text{DTO}/\text{D}_2\text{O}$) în coloana LPCE 104 sub punctul de alimentare 106.

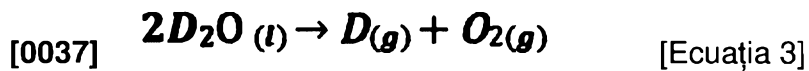


[0033] Fără vreo limitare și fără limitare la o anumită teorie, schimbul de izotopi de hidrogen între hidrogen gazos și apa lichidă cuprinde următoarele etape: evaporarea izotopologilor apei la interfața lichid/vapori de gaz din apa lichidă care curge în coloană peste umplutura inertă; amestecarea izotopologilor apei în faza de apă lichidă de la interfața lichid/vapori de gaz în cea mai mare parte a apei lichide; transportul vaporilor de apă către particulele de catalizator prin fluxul de vapori de gaz care curge în sus; difuzia reactanților (izotopologi de apă și hidrogen) în particulele de catalizator; chemosorbția reactanților, reacția de schimb de izotopi, și desorbția produșilor de reacție (vapori de apă și hidrogen echilibrați izotopic); difuzia produșilor de reacție din particulele de catalizator; transportul vaporilor de apă echilibrați izotopic la suprafața lichidului prin fluxul de vapori de gaz care curge în sus; amestecarea hidrogenului echilibrat izotopic în fluxul de vapori de gaz care curge în sus; și condensarea

izotopologilor de apă la interfața lichid/vapori de gaz în apă lichidă care curge în jos pe coloană peste umplutură inertă.

[0034] Ieșirea din coloana LPCE 104 la primul capăt 108 este un flux de apă grea bogată în tritii (D_2O/DTO) 112. Fluxul de apă grea bogată în tritii 112 este alimentat la o celulă de electroliză 114.

[0035] Celula de electroliză 114 separă fluxul de apă grea bogată în tritii 112 în deuteriu, deuteriu tritiat și gaze de oxigen. Apa grea este sărăcită de lichid deoarece este mai ușor electrolizată. Cu alte cuvinte, componenta mai ușoară este dezvoltată, de preferință, cu gazul, îmbogățind componenta grea din lichidul celulei de electroliză. Prin urmare, concentrația de tritii din lichidul electrolizor crește suplimentar, conform ecuațiilor 2 și 3 de mai jos.



[0038] Așa cum este arătat în figurile 1 și 2, procedeul și aparatul dezvoltate cuprind îmbogățirea în aval și recuperarea tritiului pentru reutilizare.

[0039] La ieșirea din celula de electroliză 114 vor fi o apă îmbogățită cu tritii 116, care este returnată în VPCE 14 al TRF 12 (așa cum este arătat în figura 1), flux gazos D_2/DT 118 care se scurge înapoi în primul capăt 108 al LPCE 104, și oxigenul gazos 120. Prin urmare, conform unui exemplu de realizare, procedeul dezvoltat nu elimină tritiul din apa grea, ci mai degrabă concentrează tritiul într-un volum mic de apă grea, de exemplu, pentru prelucrare ulterioară și imobilizare.

[0040] Conform unui aspect al prezentei dezvoltări, oxigenul gazos 120 produs în celula de electroliză 114 cuprinde izotop ^{17}O , iar acest oxigen gazos 120 produs poate fi îndepărtat (spre deosebire de a fi recirculat) conform procedeului 100. Îndepărtarea izotopului ^{17}O evită în mod benefic acumularea de ^{14}C care altfel ar avea loc și, prin urmare, abordează numeroase preocupări legate de mediu privind reglementarea și siguranța emisiilor.

[0041] La ieșirea din LPCE 104 la cel de-al doilea capăt 110 este un deuteriu gazos sărac în tritii 122, care este introdus într-un recombinator D_2/O_2 124. Oxigenul gazos 126, care cuprinde ^{16}O dintr-o sursă externă (nu este arătată) se scurge, de asemenea, în recombinatorul D_2/O_2 124. Deuteriul gazos sărac în tritii 122 este recombinat cu oxigenul gazos 126 pentru a produce un lichid D_2O sărac în tritii 128. Acest lichid D_2O

sărac în tritiiu 128 este de „de calitate virgină” sau echivalent cu apă grea „de calitate virgină” care conține niveluri de tritiiu aproape de nivelurile mediului. O parte 128a din lichidul D_2O sărac în tritiiu 128 este dirijată înapoi în LPCE 104 pentru reflux și o altă parte 128b este dirijată în afară ca produs.

[0042] În unele aspecte, recombinatorul D_2/O_2 124 este un recombinator superior.

[0043] În unele aspecte, partea 128b poate fi dirijată înapoi către sistemul de transport de căldură 22 pentru a completa orice pierdere de apă grea și unde partea 128b este destinată circulației prin canalele de combustibil ale reactorului pentru a elimina căldura produsă prin fisiunea combustibilului natural de uraniu. Prin urmare, apa grea virgină 128b este un produs care poate fi comercializat, cu aplicații largi, incluzând apa de completare a unui sistem de transport de căldură (ca parte a exploatării în desfășurare, se pierde un mic procent de apă grea). Aceasta este o aplicație a apei grele virgine 128 produsă de utilitățile pentru apă grea.

[0044] Prezentul procedeu este un sistem de înaltă eficiență care elimină tritiul din apa grea până aproape de nivelul mediului și, practic, este lipsită de toate celelalte elemente radioactive. În unele exemple de realizare, factorul de detritiere (DF), care este un raport dintre concentrația de tritiiu din fluxul de intrare și cea din fluxul de ieșire, este de cel puțin 400.000. Prin comparație, DF al TRF existentă este de 35.

[0045] Figura 3 arată un aparat și un procedeu conform unui alt exemplu de realizare pentru un procedeu de separare a apei grele tritiate într-un flux cu tritiiu redus și un flux îmbogățit cu tritiiu. Aparatul și procedeul 200 sunt similare cu procedeul 100 de separare a apei grele tritiate într-un flux de apă grea săracă în tritiiu și un flux de apă grea îmbogățită cu tritiiu. În acest exemplu, VPCE 14 (nu este arătat) al TRF 12 (nu este arătat) furnizează sursa de alimentare cu apă grea tritiată (un amestec de DTO/D_2O) 102 într-o coloană de schimb catalitic în fază lichidă (LPCE) 204. LPCE 204 cuprinde o multitudine de LPCE-uri identificate ca LPCE1 204a, LPCE2 204b și un LPCE 204c de finisare care sunt interconectate fluid pentru a permite curgerea în contracurent între un prim capăt 208 și un al doilea capăt 210 al LPCE 204. Așa cum se poate vedea pentru acest exemplu, apa grea tritiată 102 intră în LPCE 204 printr-un punct de alimentare 206 pentru a începe procesul de mișcare a tritiului din curentul gazos D_2/DT către curentul lichid D_2O/DTO . Fără a fi limitat la vreo teorie particulară, apa grea îmbogățită cu tritiiu va fi produsă sub punctul de alimentare 206 și în timp ce tritiul va fi îndepărtat deasupra punctului de alimentare 206. În unele exemple de realizare, punctul de alimentare 206 este între LPCE1 204a și LPCE2 204b. În cadrul

LPCE 204 în schimbul de izotopi în contracurent, conținutul de tritiiu este redus în fluxul gazos D_2/DT 122 care se deplasează în direcția de la LPCE1 204a la LPCE2 204b până la LPCE 204c de finisare, și iese prin cel de-al doilea capăt 210 al coloanei LPCE 204, în timp ce conținutul de tritiiu este crescut în fluxul lichid D_2O/DTO 112 care iese prin primul capăt 208 al LPCE 204.

[0046] Se va observa că în prezentul exemplu al invenției, așa cum este arătat în figura 3, aranjarea multitudinii de coloane de schimb catalitic în fază lichidă 204a, 204b și 204c împiedică contaminarea încrucișată în sistem, deoarece LPCE 204c de finisare este izolată de sistem până când profilul de tritiiu din celelalte coloane LPCE (de exemplu, 204a și 204b) a fost stabilit și este suficient de scăzut pentru a utiliza LPCE 204c de finisare.

[0047] Figura 4 arată un aparat și un procedeu, conform unui alt exemplu de realizare, pentru un procedeu de separare a apei grele tritiate într-un flux cu tritiiu redus și un flux îmbogățit cu tritiiu. Aparatul și procedeul 300 sunt similare cu procedeele 200 și 100 de separare a apei grele tritiate (un amestec de DTO/D_2O) de alimentare 102 într-un flux de apă grea săracă în tritiiu și un flux de apă grea îmbogățită cu tritiiu. În acest exemplu, deuteriul gazos sărac în tritiiu 122 care iese din LPCE 204 prin al doilea capăt 210 este introdus într-o coloană de schimb izotopic apă ușoară/apă grea 324, care este un epurator pentru a schimba deuteriu din LPCE 204 cu o apă ușoară 330 în contracurent. Produsele coloanei de schimb izotopic apă ușoară/apă grea 324 sunt hidrogen 340, care poate fi evacuat în atmosferă, și apa grea săracită în tritiiu 128. În mod similar, apa grea săracită în tritiiu 128 (adică apă grea virgină) poate să fie porționată astfel încât partea 128a să poată fi returnată în coloana LPCE 204 ca reflux și partea 128b să poată fi utilizată pentru alte aplicații, incluzând utilizarea de către instalațiile de apă grea, așa cum a fost discutat mai sus.

[0048] Exemplele de realizare a prezentei cereri descrise mai sus sunt destinate să fie doar exemple. Persoanele de specialitate în domeniu pot efectua schimbări, modificări și variații la exemplele particulare de realizare fără a se îndepărta de sfera de întindere intenționată a prezentei cereri. În particular, caracteristicile din una sau mai multe dintre exemplele de realizare descrise mai sus pot fi selectate pentru a crea variante de realizare alternative compuse dintr-o subcombinație de caracteristici care nu pot fi descrise în mod explicit mai sus. În plus, caracteristicile din una sau mai multe dintre exemplele de realizare descrise mai sus pot fi selectate și combinate pentru a crea variante de realizare alternative compuse dintr-o combinație de caracteristici care nu

pot fi descrise în mod explicit mai sus. Caracteristici adecvate pentru astfel de combinații și subcombinații ar fi ușor evidente pentru persoanele de specialitate în domeniu la revederea prezentei cereri în ansamblu. Orice dimensiuni furnizate în desene sunt furnizate doar în scopuri ilustrative și nu sunt destinate să limiteze sfera de întindere a invenției. Obiectul descris aici și în revendicările citate intenționează să acopere și să cuprindă toate schimbările adecvate în tehnologie.

REVENDICĂRI

1. Un procedeu de separare a unui flux de apă grea tritiată într-un flux de apă grea sărac în tritii și un flux de apă grea îmbogățită cu tritii, procedeul cuprinzând:

- curgerea unei apei grele tritiate ($\text{DTO}/\text{D}_2\text{O}$) într-o coloană de schimb de izotopi la un punct de alimentare, între un prim capăt și un al doilea capăt opus ale coloanei, coloana menționată conținând un catalizator solid hidrofob configurat să promoveze schimbul de deuteriu și tritii;
- curgerea unui gaz DT/D_2 în afara unei celule de electroliză și în primul capăt al coloanei;
- concentrarea, în coloană, a conținutului de tritii din apa grea tritiată prin curgere în contracurent a gazului DT/D_2 de la primul capăt al coloanei la cel de-al doilea capăt al coloanei, pentru a produce o apă grea bogată în tritii sub punctul de alimentare și un deuteriu gazos sărac în tritii deasupra punctului de alimentare;
- curgerea apei grele bogate în tritii în afara primului capăt al coloanei și în celula de electroliză;
- formarea, în celula de electroliză, a gazului DT/D_2 și a unui flux de apă grea îmbogățită cu tritii;
- curgerea deuteriului gazos sărac în tritii în afara celui de-al doilea capăt al coloanei și într-o unitate de apă grea săracă în tritii;
- curgerea unui gaz O_2 sau a unei ape ușoare în unitatea de apă grea săracă în tritii; și
- formarea, în unitatea de apă grea săracă în tritii, a unui flux de apă grea săracă în tritii.

2. Procedeul conform revendicării 1, care cuprinde, în plus:

- refluxarea unei părți din fluxul de apă grea săracă în tritii înapoi în cel de-al doilea capăt al coloanei.

3. Procedeul conform revendicării 2, care cuprinde, în plus:

- devierea unei alte părți a fluxului de apă grea săracă în tritii către un loc îndepărtat.

4. Procedeu conform oricăreia dintre revendicările 1 până la 3, care cuprinde, în plus:
 - producerea unei surse de apă grea tritiată (DTO/D₂O) înainte de curgerea fluxului de apă grea tritiată (DTO/D₂O) în coloana de schimb de izotopi.
5. Procedeu conform revendicării 4, în care sursa de apă grea tritiată cuprinde o coloană de schimb catalitic în fază de vapori (VPCE) configurată să primească fluxul de apă grea îmbogățită cu tritiu.
6. Procedeu conform revendicării 4 sau 5, care cuprinde, în plus:
 - curgerea fluxului de apă grea îmbogățită cu tritiu înapoi la sursa de apă grea tritiată.
7. Procedeu conform oricăreia dintre revendicările 1 până la 6, în care catalizatorul solid hidrofob este un catalizator solid hidrofob pe bază de platină.
8. Procedeu conform oricăreia dintre revendicările 1 până la 7, în care unitatea de apă grea săracă în tritiu este un recombinator D₂/O₂ atunci când este configurat să primească gazul O₂.
9. Procedeu conform revendicării 8, în care recombinatorul D₂/O₂ este un recombinator D₂/O₂ superior.
10. Procedeu conform oricăreia dintre revendicările 1 până la 7, în care unitatea de apă grea săracă în tritiu este o coloană de schimb izotopic apă ușoară/apă grea atunci când este configurată să primească apa ușoară și este configurată să producă suplimentar un flux de hidrogen gazos.
11. Procedeu conform oricăreia dintre revendicările 1 până la 10, în care punctul de alimentare este aproximativ la jumătatea distanței dintre primul capăt și cel de-al doilea capăt.
12. Procedeu conform oricăreia dintre revendicările 1 până la 11, în care formarea, în celula de electroliză, produce un oxigen gazos.

13. Procedeul conform revendicării 12, care cuprinde, în plus, devierea oxigenului gazos produs departe de celula de electroliză.

14. Procedeul conform revendicării 13, în care oxigenul gazos produs cuprinde ^{17}O .

15. Procedeul conform oricăreia dintre revendicările 1 până la 14, în care coloana de schimb de izotopi cuprinde o multitudine de coloane de schimb de izotopi.

16. Procedeul conform revendicării 15, în care multitudine de coloane de schimb de izotopi cuprinde: un prim LPCE configurat să primească apa grea tritiată ($\text{DTO}/\text{D}_2\text{O}$) și ca apa grea bogată în tritii să curgă în afara primului capăt al coloanei, un al doilea LPCE amplasat între primul LPCE și cel de-al doilea capăt și conectat fluid la primul LPCE, și un al treilea LPCE amplasat între cel de-al doilea LPCE și cel de-al doilea capăt și conectat fluid la cel de-al doilea LPCE și configurat ca deuteriul gazos sărac în tritii să curgă în unitatea de apă grea și să primească cel puțin o parte din fluxul de apă grea săracă în tritii de la unitatea de apă grea săracă în tritii.

17. Un sistem de producere a unui flux de apă grea săracă în tritii, care cuprinde:

- o sursă de apă grea tritiată ($\text{DTO}/\text{D}_2\text{O}$);
- o coloană de schimb de izotopi care conține un catalizator solid hidrofob și este configurată să primească apă grea tritiată ($\text{DTO}/\text{D}_2\text{O}$) de la sursă, coloana fiind configurată pentru a promova schimbul de deuteriu și tritii pentru a produce o apă grea bogată în tritii și un deuteriu gazos sărac în tritii;
- o celulă de electroliză configurată să producă un gaz DT/D_2 și ca gazul DT/D_2 să curgă în coloana de schimb de izotopi, și configurată să primească apa grea bogată în tritii din coloana de schimb de izotopi și să producă un flux de apă grea îmbogățită cu tritii care să curgă înapoi la sursa de apă grea tritiată ($\text{DTO}/\text{D}_2\text{O}$); și
- o unitate de apă grea săracă în tritii configurată să primească deuteriul gazos sărac în tritii care să curgă din coloana de schimb de izotopi și să primească un gaz O_2 sau apă ușoară, pentru a forma fluxul de apă grea săracă în tritii.

18. Sistemul conform revendicării 17, în care sursa cuprinde o coloană de schimb catalitic în fază de vapori (VPCE) pentru a produce apă grea tritiată ($\text{DTO}/\text{D}_2\text{O}$).

19. Sistemul conform revendicării 18, în care sursa cuprinde, în plus, un dispozitiv de îmbunătățire pentru producerea, utilizând fluxul primit de apă grea îmbogățită cu tritii, unui produs de apă grea pentru utilizare de către un moderator conectat în funcționare la VPCE.

20. Sistemul conform oricăreia dintre revendicările 17 până la 19, în care unitatea de apă grea săracă în tritii este un recombinator D_2/O_2 pentru primirea deuteriului gazos sărac în tritii, care curge din coloana schimbătoare de izotopi, și a gazului O_2 pentru a forma fluxul de apă grea sărac în tritii.

21. Sistemul conform oricăreia dintre revendicările 17 până la 20, în care unitatea de apă grea săracă în tritii este o coloană de schimb izotopic apă ușoară/apă grea pentru primirea deuteriului gazos sărac în tritii, care curge din coloana schimbătoare de izotopi, și a apei ușoare pentru a forma fluxul de apă grea sărac în tritii și un flux de hidrogen gazos.

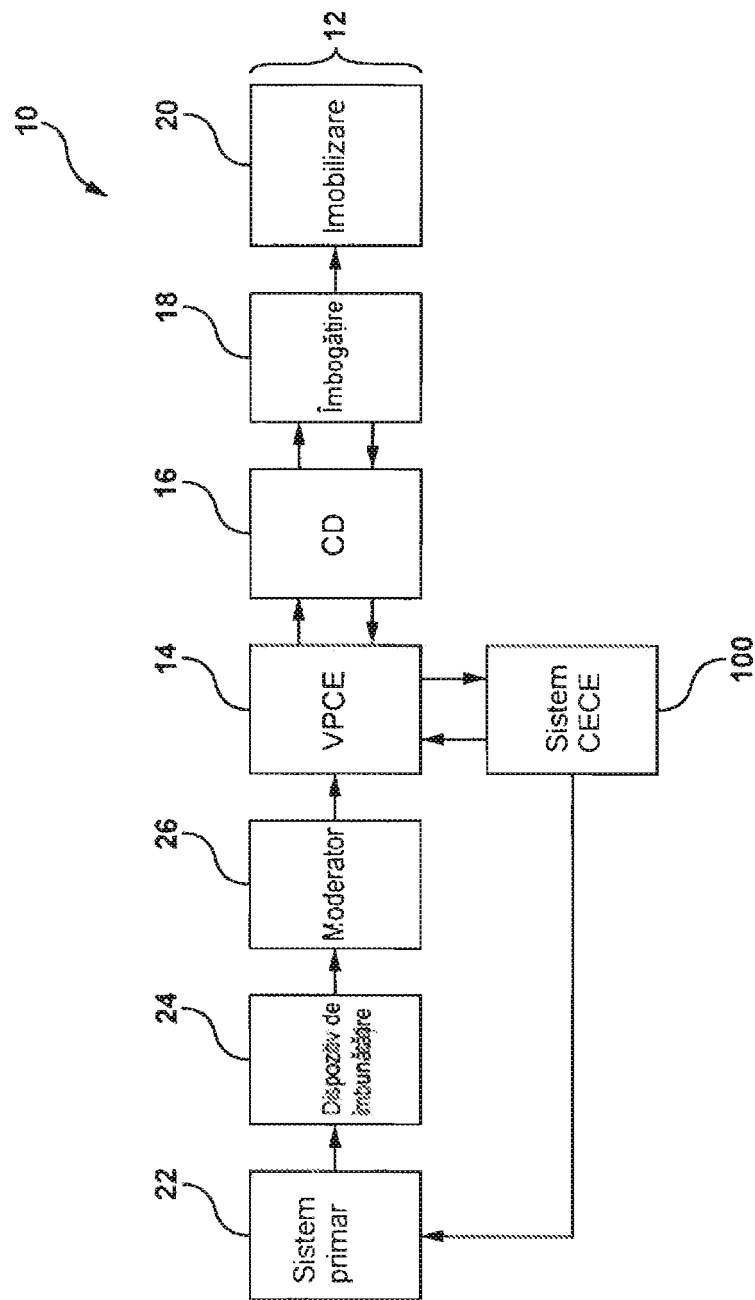


FIGURA 1

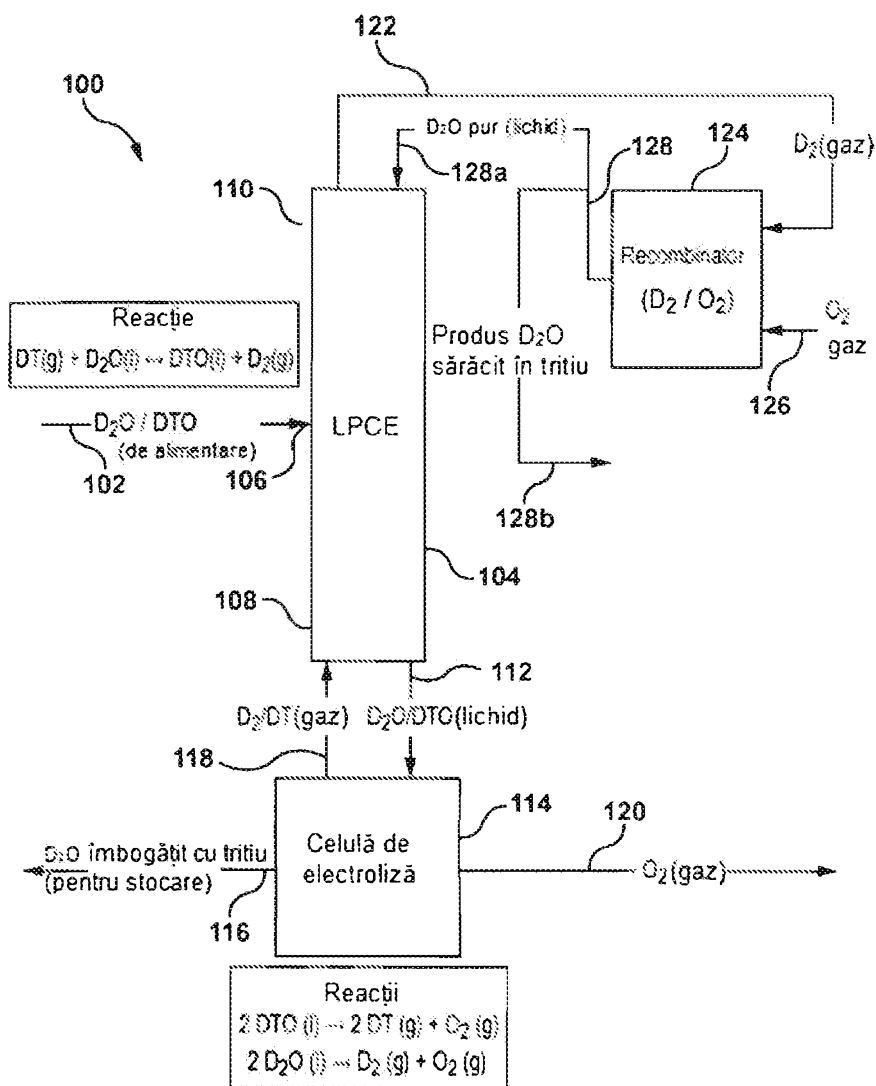


FIGURA 2

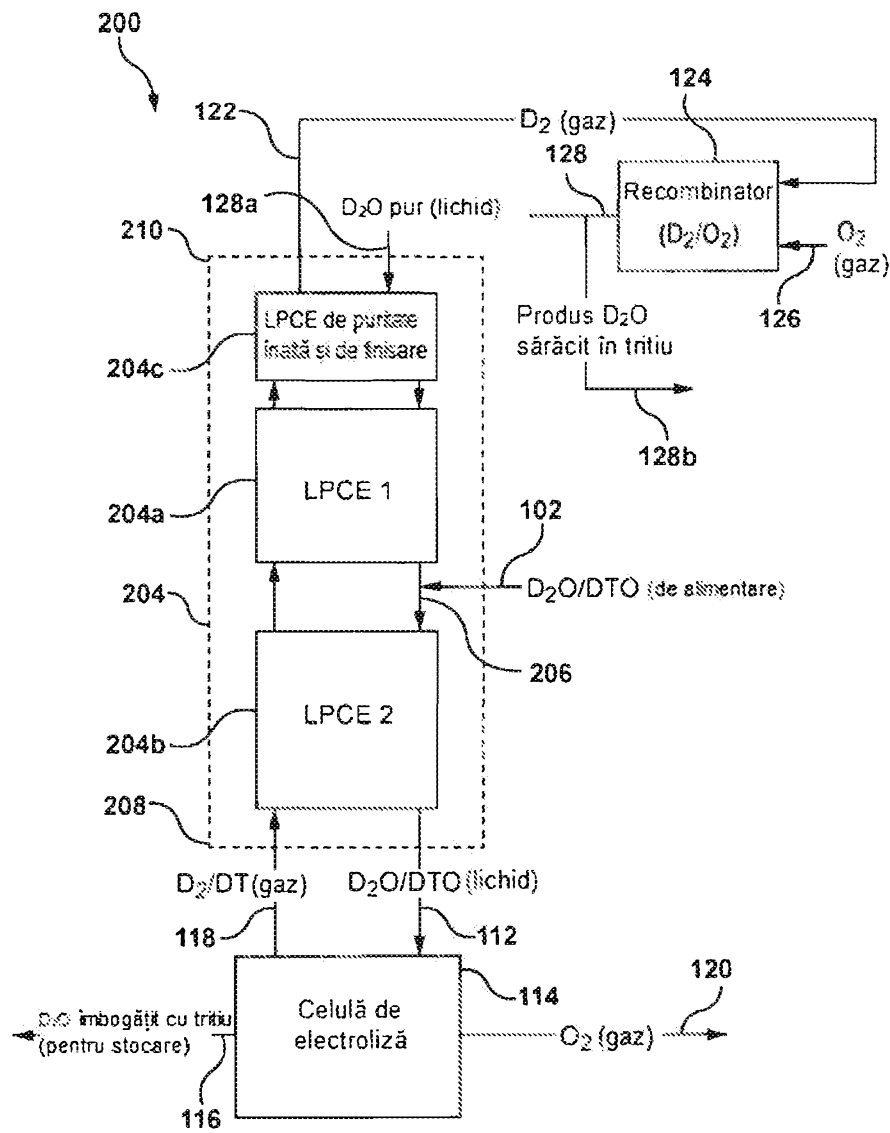


FIGURA 3

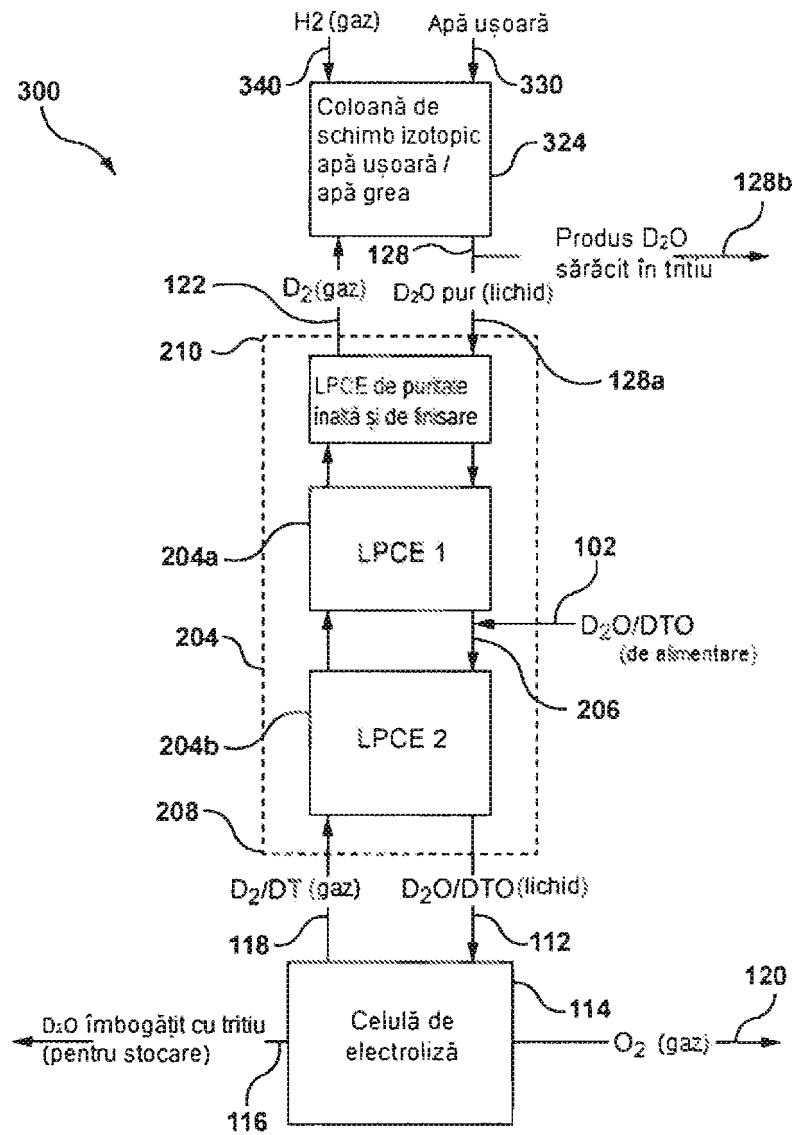


FIGURA 4