(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
20 décembre 2012 (20.12.2012)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2012/171925 A1

(51) Classification internationale des brevets :
C25B 9/04 (2006.01) *C25B 9/18* (2006.01)
C25B 9/08 (2006.01) *H01M 8/02* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2012/061131

(22) Date de dépôt international :
12 juin 2012 (12.06.2012)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1155275 16 juin 2011 (16.06.2011) FR

(71) Déposant *(pour tous les États désignés sauf US)* : **COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES** [FR/FR]; 25 rue Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D", F-75015 Paris (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant *(pour US seulement)* : **PLANQUE, Michel** [FR/FR]; 241 Avenue de Grenoble, F-38180 Seyssins (FR).

(74) Mandataires : **ILGART, Jean-Christophe** et al.; Brevalex, 95 rue d'Amsterdam, F-75378 Paris Cedex 8 (FR).

(81) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible)* : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

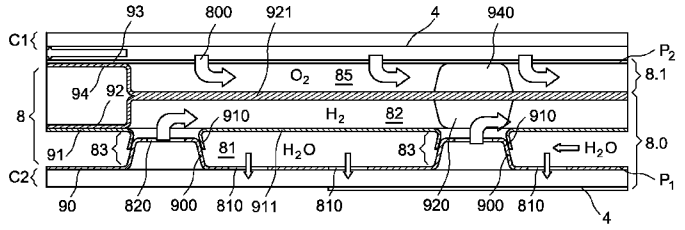
— *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*

— *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h))*

(54) Title : EASILY PRODUCED INTERCONNECTING MODULE FOR A HIGH-TEMPERATURE WATER ELECTROLYSIS DEVICE

(54) Titre : MODULE INTERCONNECTEUR DE REALISATION SIMPLIFIEE POUR DISPOSITIF D'ELECTROLYSE DE L'EAU A HAUTE TEMPERATURE

FIG. 6



(57) Abstract : The invention relates to the production of a novel electrically and fluidically interconnecting module (8) for an HTE electrolyser architecture comprising stacks of elementary electrolysis cells (C1, C2). The interconnecting module according to the invention consists only of sheets (90, 91, 92, 93, 94) that are welded together, parts of certain of the sheets (90, 91, 92, 94) being deep-drawn and certain of the sheets (90, 91, 93) being pierced so as to allow the electrolysis cells to be supplied with high-temperature water vapour H_2O, and the hydrogen H_2 and oxygen O_2 produced to be recovered.

(57) Abrégé : L'invention concerne la réalisation d'un nouveau module interconnecteur (8) électrique et fluidique pour une architecture d'électrolyseur EHT à empilement de cellules d'électrolyse élémentaires (Cl, C2). Le module interconnecteur selon l'invention est constitué uniquement de tôles (90, 91, 92, 93, 94) soudées entre elles, dont certaines (90, 91, 92, 94) embouties en partie, certaines (90, 91, 93) des tôles étant percées pour assurer l'alimentation en vapeur d'eau H_2O haute température aux cellules d'électrolyse ainsi que la récupération de l'hydrogène H_2 et oxygène O_2 produits.

WO 2012/171925 A1

MODULE INTERCONNECTEUR DE REALISATION SIMPLIFIEE POUR DISPOSITIF D'ELECTROLYSE DE L'EAU A HAUTE TEMPERATURE

DESCRIPTION

DOMAINE TECHNIQUE

L'invention concerne un dispositif d'électrolyse de l'eau à haute température (EHT) appelé aussi électrolyse de vapeur d'eau à haute température (EVHT).

Elle a trait plus particulièrement à réalisation plus simple d'interconnecteurs fluidique et électrique d'un électrolyseur EHT selon la demande de brevet PCT/EP2011/053728.

ART ANTÉRIEUR

Un électrolyseur de l'eau à haute température (EHT) comprend au moins une cellule électrochimique élémentaire formée d'un électrolyte, d'une cathode et d'une anode, l'électrolyte étant intercalé entre les l'anode et la cathode. L'électrolyte est étanche au gaz, isolant électronique et conducteur ionique. Les électrodes (anode et cathode) sont en matériau poreux et conducteurs électroniques.

Un électrolyseur EHT comprend également des dispositifs d'interconnexion fluidique et électrique qui sont en contact électrique avec une ou des électrodes. Ces dispositifs d'interconnexion assurent en général les fonctions d'amenée et de collecte de courant électrique et délimitent un ou des compartiments de circulation des gaz.

Ainsi, un compartiment dit cathodique a pour fonction la distribution du courant électrique et de la vapeur d'eau ainsi que la récupération de l'hydrogène à la cathode en contact.

Un compartiment dit anodique a pour fonction la distribution du courant électrique ainsi que la récupération de l'oxygène produit à l'anode en contact. Un gaz drainant peut en outre être injecté en entrée du compartiment anodique pour évacuer l'oxygène produit. L'injection d'un gaz drainant a pour fonction supplémentaire de jouer le rôle de régulateur thermique.

On a représenté en figures 1, 1A et 1B, une plaque à canaux 1 couramment utilisée en tant que dispositif d'interconnexion. L'amenée ou la collecte du courant électrique à l'électrode est réalisée par les dents ou nervures 10 qui sont en contact mécanique direct avec l'électrode concernée. L'amenée de vapeur d'eau à la cathode (ou de gaz drainant à l'anode) est symbolisée par les flèches en figure 1. La collecte de l'hydrogène produit à la cathode (ou de l'oxygène produit à l'anode) est faite par les canaux 11 qui débouchent dans une connexion fluidique, couramment appelée clarinette, commune à l'empilement de cellules. La structure de ce type de dispositif d'interconnexion est faite pour réaliser un compromis entre les deux fonctions d'amenée et collecte (gaz/courant).

Les inconvénients majeurs de cette plaque à canaux peuvent être résumés comme suit.

Tout d'abord, elle ne permet pas d'utiliser la surface d'une cellule d'électrolyse de manière

homogène. En effet, la réaction électrochimique se faisant prés de l'interface entre électrode et électrolyte, et nécessitant la présence sur le même lieu du gaz, des électrons et des espèces impliquées, les zones sous les dents 10 du collecteur sont faciles à alimenter en électrons, mais difficiles à alimenter en gaz. Les paramètres contraignants sont la perméabilité de l'électrode en contact, son épaisseur et la largeur de la dent 10. De même, la zone sous le canal 11 est difficile à alimenter en électrons, les électrodes existantes à ce jour ayant une conductivité électrique faible. Les paramètres contraignants sont la conductivité électrique, l'épaisseur et la largeur du canal 11. L'inventeur est d'avis que le ratio R entre la surface d'amenée/collecte de courant et la surface d'amenée de vapeur d'eau ou de collecte des gaz produits est un paramètre indicateur de l'utilisation réelle de la surface de cellule. Dans le cas d'une plaque d'interconnection à canaux 1, le ratio R calculé comme ci-dessous est souvent inférieur à 50 %.

$R = 1/ (1+ w/L)$, où w est la largeur du canal 11 et L la largeur de la dent 10.

Ensuite, cette structure de plaque 1 implique des zones de production différenciées avec certaines zones dans lesquelles les densités de production et donc les densités de courant peuvent être très fortes, ceci pour une densité moyenne faible, et donc des sources de dégradation de performances localisées. Ceci est illustré au niveau local (échelle millimétrique) en figure 1B sur lesquelles on peut voir les lignes de courant très fortes représentées qui sont

localisées au niveau des nervures 10. De même, en considérant la surface d'électrode, les lignes de courant sont plus fortes en amont qu'en aval du fait de l'évolution de la teneur en eau dans le flux de gaz entre l'amont et l'aval des canaux.

De même, cette structure de plaque 1 implique des inhomogénéités d'alimentation en vapeur d'eau des canaux 11 et obligent à une forte suralimentation de cette vapeur d'eau (on entre un surplus d'eau correspondant à plus 100 % de l'eau consommée) pour obtenir une alimentation pour l'ensemble des canaux 11 stable et homogène, ce qui rend difficile l'atteinte d'un taux d'utilisation en vapeur d'eau élevé. Le conditionnement de cette vapeur et sa mise en pression ont un impact non négligeable sur la consommation d'énergie associée à l'électrolyseur.

En outre, il existe un risque mécanique de mise en flexion d'une cellule s'il y a un décalage géométrique important entre des dents d'une plaque interconnectrice 1 du côté de l'anode et celles d'une plaque du côté de la cathode, ou s'il existe des défauts de planéité des dents pouvant poinçonner la cellule et la fissurer. Pour éviter ce risque, il faut une très grande précision dans le montage relatif des plaques de part et d'autre de la cellule et une très grande qualité de réalisation des dents.

Par ailleurs, du côté de l'anode, la structure par canaux avec une entrée et une sortie n'a de raison d'être que lorsqu'un gaz drainant est utilisé pour évacuer l'oxygène produit vers la sortie. Le

conditionnement de ce gaz drainant a lui aussi un coût énergétique significatif.

Enfin, cette structure de plaques nécessite une épaisseur de matière importante pour la zone de collection des gaz produits et une mise en forme (usinage) qui peuvent se révéler prohibitives. L'emploi de tôles minces et de l'emboutissage sont utilisées mais limitent de fait les possibilités de réalisation pour la largeur unitaire de dent et le pas entre dents. Aussi, l'inventeur considère qu'avec une telle plaque interconnectrice 1 à canaux, la réduction de l'inhomogénéité des courants électriques amenés à chaque cellule ne peut qu'être limitée.

Une autre plaque interconnectrice 1' a déjà été proposée [1]. Elle est représentée en figure 2 avec la circulation du fluide représentée par les flèches : sa structure est de type interdigitée. Elle ne résout pas le problème de la flexion mécanique évoqué pour la plaque 1 et peut engendrer un arrachement hydraulique de l'électrode avec laquelle elle est en contact.

Pour s'affranchir au moins en partie des inconvénients des plaques interconnectrices existantes à la cathode d'un dispositif d'électrolyse de l'eau à haute température qui viennent d'être décrites, la demanderesse a proposé dans la demande de brevet internationale déposée sous le numéro PCT/EP2011/053728, une nouvelle architecture à fonctionnement plus homogène.

Ainsi, selon cette demande, il est prévu un dispositif d'électrolyse de l'eau à haute température, comprenant :

- au moins une cellule d'électrolyse élémentaire formée d'une cathode, d'une anode, et d'un électrolyte intercalé entre la cathode et l'anode,

- un premier dispositif formant un interconnecteur électrique et fluidique consistant en une pièce métallique délimitée par au moins un plan P1, ladite pièce métallique comprenant intérieurement deux chambres, superposées l'une sur l'autre et une pluralité de trous répartis sur la surface, sensiblement perpendiculaires au plan et divisés en deux groupes, dont un groupe de trous débouche à la fois sur le plan P1 et directement dans la chambre adjacente et l'autre groupe des trous débouche à la fois sur le plan P1 et dans la chambre la plus éloignée par l'intermédiaire de canaux, le plan P1 du premier interconnecteur étant en contact mécanique avec le plan de la cathode.

Une partie d'un tel compartiment cathodique par laquelle on amène la vapeur d'eau est ainsi constituée d'une des deux chambres et un groupe de trous. L'autre groupe de trous et l'autre chambre constituent une autre partie du compartiment cathodique par laquelle on récupère l'hydrogène produit à la cathode.

Avec un tel dispositif, on s'affranchit avantageusement des inconvénients de la traditionnelle architecture de plaque interconnectrice à canaux selon l'état de l'art telle que présentée ci-dessus.

Autrement dit, on peut obtenir grâce à un dispositif selon la demande PCT/EP2011/053728, comparativement aux architectures d'électrolyseur EHT

selon l'état de l'art présenté précédemment, une densité de production uniforme par cellule d'électrolyse et un meilleur taux d'utilisation (ou de conversion) de vapeur d'eau.

En effet, grâce à la pluralité de trous débouchant sur le plan de la cathode, on permet tout d'abord à toute la surface de cellule d'avoir un comportement électrique homogène en tout point avec une résistance de contact électrique limitée entre cathode et premier interconnecteur. Autrement dit, la distribution du courant à la cathode est optimale.

De même, du fait de la superposition des chambres et de la pluralité des trous, on peut injecter la vapeur d'eau directement de manière homogène en tout point de la cathode au travers d'un groupe de trous, ce qui a pour effet, contrairement à l'état de l'art présenté précédemment, une limitation de la surtension de concentration.

Dans cette même demande PCT/EP2011/053728, il est prévu de combiner judicieusement le premier interconnecteur à la cathode avec un deuxième interconnecteur à l'anode consistant lui également en une pièce métallique délimitée par au moins un plan P2, ladite pièce métallique comprenant intérieurement une chambre et une pluralité de trous répartis sur la surface, sensiblement perpendiculaires au plan et débouchant à la fois sur ce dernier P2 et dans la chambre, le plan P2 du deuxième interconnecteur étant en contact mécanique avec le plan de l'anode.

Ainsi, on définit selon cette demande PCT/EP2011/053728, un électrolyseur (EHT) à empilement

de cellules d'électrolyse élémentaires formées chacune d'une cathode, d'une anode et d'un électrolyte intercalé entre la cathode et l'anode, dans laquelle un module interconnecteur comprenant un premier et un deuxième interconnecteur est agencée entre deux cellules élémentaires adjacentes, tel que le plan P1 du premier interconnecteur est en contact mécanique avec la cathode d'une des deux cellules élémentaires et le plan P2 du deuxième interconnecteur est en contact mécanique avec l'anode de l'autre des deux cellules élémentaires.

Il a été envisagé de réaliser chaque module interconnecteur en assemblant des plaques métalliques massives et en soudant des tubes pour réaliser les canaux de communication fluidique du premier interconnecteur à la cathode, pour amener soit la vapeur d'eau en contact avec le plan P1 de cathode depuis la chambre du dessus soit récupérer l'hydrogène produit à celle-ci vers la chambre du dessus, c'est-à-dire celle superposée à la chambre adjacente au plan de cathode.

Les inconvénients d'une telle réalisation peuvent être énumérés comme suit :

- coût de matière première métallique élevé,
- complexité des assemblages à réaliser, notamment un nombre de soudures élevé, avec un coût élevé des usinages nécessités,
- poids non négligeable.

Le but de l'invention est donc de proposer une solution qui permette de réaliser tout ou partie d'un module interconnecteur selon la demande de précitée PCT/EP2011/053728 sans les inconvénients précités.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

Pour ce faire l'invention a pour objet un dispositif formant un interconnecteur électrique et fluidique pour l'électrolyse de l'eau à haute température consistant en une pièce métallique délimitée par au moins un plan P1, ladite pièce métallique comprenant intérieurement deux chambres superposées l'une sur l'autre par rapport audit plan P1 et une pluralité de trous répartis sur la surface, sensiblement perpendiculaires au plan et divisés en deux groupes, dont un premier groupe de trous débouche à la fois sur le plan P1 et directement dans la chambre adjacente au plan P1 et un second groupe des trous débouche à la fois sur le plan P1 et dans la chambre la plus éloignée par l'intermédiaire de canaux, le plan P1 de l'interconnecteur étant destiné à venir en contact mécanique avec le plan d'une cathode d'une cellule d'électrolyse élémentaire formée d'une cathode, d'une anode, et d'un électrolyte intercalé entre la cathode et l'anode.

Selon l'invention, la pièce métallique comprend deux tôles, embouties en partie, la première des deux tôles étant percée dans sa partie plane de manière à former le premier groupe de trous et dans ses parties embouties de manière à former le second groupe de trous, chaque embouti des deux tôles étant percé et réalisé en formant un tronc de cône, les emboutis de la première tôle étant de formes complémentaires avec ceux de la deuxième tôle, lesdites première et deuxième tôles étant assemblées entre elles par emboitement mutuel des emboutis en définissant les canaux, l'espace

délimité par les parties non embouties de la première et deuxième tôles définissant la chambre adjacente au plan P1.

Grâce à l'invention, on s'affranchit des inconvénients d'un assemblage de plaques massives avec soudure de tubes.

Dans le cadre de l'invention, on entend par interconnecteur fluidique et électrique, un système de connexion d'amenée ou de collecte de courant et d'amenée et de collecte d'un fluide à une électrode d'une cellule d'électrolyse. Ainsi, un dispositif d'électrolyse selon l'invention peut comprendre une seule cellule d'électrolyse avec un premier interconnecteur en contact avec sa cathode et un deuxième interconnecteur décrit ci-dessous en contact avec son anode. De même, comme décrit par la suite, dans un empilement de cellules d'électrolyse selon l'invention, un module interconnecteur peut comprendre un premier interconnecteur en contact avec la cathode d'une cellule d'électrolyse élémentaire et un deuxième interconnecteur en contact avec l'anode de la cellule d'électrolyse adjacente.

Selon un mode de réalisation, la pièce métallique comprend une troisième tôle, également emboutie en partie et soudée à la deuxième tôle, les emboutis de la troisième tôle étant non percés et en appui contre la deuxième tôle pour rigidifier ledit interconnecteur et pour permettre le passage du courant électrique, l'espace délimité par les parties non embouties de la deuxième et troisième tôles définissant la chambre superposée à la chambre adjacente au plan P1.

La première tôle est réalisée de préférence à partir d'une tôle plane selon une étape de poinçonnage suivie d'une étape d'emboutissage.

De préférence encore, la deuxième tôle est réalisée à partir d'une tôle plane selon une étape d'emboutissage suivie d'une étape de repoussage.

Selon une variante de réalisation, la chambre adjacente au plan P1 constitue la chambre par laquelle la vapeur d'eau est amenée et la chambre superposée constitue la chambre de collecte de l'hydrogène produit par l'électrolyse.

L'invention concerne également un module interconnecteur comprenant un premier interconnecteur tel que décrit ci-dessus, et un deuxième interconnecteur électrique et fluidique consistant en une pièce métallique délimitée par au moins un plan P2, ladite pièce métallique comprenant intérieurement une chambre et une pluralité de trous répartis sur la surface, sensiblement perpendiculaires au plan P2 et débouchant à la fois sur ce dernier P2 et dans la chambre,

dans lequel la pièce métallique du deuxième interconnecteur comprend deux tôles, dites respectivement quatrième et cinquième tôles, la quatrième tôle étant plane en définissant le plan P2 et percée des trous répartis sur la surface, tandis que la cinquième tôle est emboutie en partie et soudée à la quatrième tôle, les emboutis de la cinquième tôle étant non percés et en appui contre la quatrième tôle pour rigidifier ledit deuxième interconnecteur et pour permettre le passage du courant électrique, l'espace

délimité par la quatrième tôle qui est plane et les parties non embouties de la cinquième tôle définissant la chambre sur laquelle débouche la pluralité des trous du deuxième interconnecteur,

dans lequel les troisième et cinquième tôles sont soudées entre elles en définissant le module interconnecteur.

Avantageusement, les troisième et cinquième tôles présentent une forme identique l'une à l'autre et de préférence, sont identiques (même forme, mêmes dimensions, même matériau constitutif).

De préférence, les troisièmes et cinquième tôle sont soudées dos-à-dos, avec leurs emboutis en regard individuellement les uns avec les autres à la fois pour rigidifier tout le module et pour permettre le passage du courant électrique depuis la première tôle jusqu'à la cinquième tôle.

Toutes les tôles sont avantageusement soudées par transparence laser.

L'invention concerne également un dispositif d'électrolyse de l'eau à haute température comprenant :

- un empilement de cellules d'électrolyse élémentaires formées chacune d'une cathode, d'une anode et d'un électrolyte intercalé entre la cathode et l'anode, et

- une pluralité de modules interconnecteurs décrits comme ci-dessus, chaque module interconnecteur étant agencé entre deux cellules élémentaires adjacentes tel que le plan P1 du premier interconnecteur est en contact mécanique avec la

cathode d'une des deux cellules élémentaires et le plan P2 du deuxième interconnecteur est en contact mécanique avec l'anode de l'autre des deux cellules élémentaires le plan P2 du deuxième interconnecteur.

L'invention concerne enfin un ensemble de production d'hydrogène comprenant une pluralité de dispositifs d'électrolyse comme mentionné ci-dessus.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

D'autres avantages et caractéristiques ressortiront mieux à la lecture de la description détaillée faite ci-dessous en référence aux figures parmi lesquelles :

- la figure 1 est une vue schématique de face d'une plaque interconnectrice d'un électrolyseur EHT selon l'état de l'art,
- la figure 1A est une vue de détail en coupe d'une plaque interconnectrice selon la figure 1,
- la figure 1B est une vue analogue à la figure 1A montrant les lignes de courant parcourant la plaque,
- la figure 2 est une vue schématique de face d'une autre plaque interconnectrice d'un électrolyseur selon l'état de l'art,
- la figure 3 est une vue schématique en coupe d'un dispositif d'électrolyse selon la demande de brevet PCT/EP2011/053728 à une seule cellule d'électrolyse,
- la figure 4 est une vue schématique en coupe d'un dispositif d'électrolyse selon la demande de

brevet précitée PCT/EP2011/053728 à empilement de cellules d'électrolyse,

- la figure 5 une vue en coupe partielle en perspective d'un dispositif d'électrolyse selon la demande de brevet précitée PCT/EP2011/053728 à empilement de cellules d'électrolyse et réalisé selon l'invention,

- la figure 6 est une vue en coupe partielle transversale d'un dispositif d'électrolyse selon la demande de brevet précitée PCT/EP2011/053728 à empilement de cellules d'électrolyse et réalisé selon l'invention,

- la figure 6A est une vue de détail de la figure 6.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

Les plaques interconnectrices 1, 1' d'électrolyseurs EHT selon l'état de l'art et représentées en figures 1, 1A, 1B et 2 ont été commentées en détail en préambule. Elles ne sont donc pas décrites ci-après.

Les symboles et les flèches de parcours de vapeur d'eau, hydrogène et d'oxygène sont montrés dans l'ensemble des figures à des fins de clarté.

L'électrolyse à haute température selon l'invention peut être réalisée à des températures d'au moins 450°C, typiquement comprises entre 700°C et 1000°C.

Tel que représenté en figures 3 et 4, un dispositif d'électrolyse selon la demande de brevet précitée PCT/EP2011/053728 comprend une cellule

d'électrolyse élémentaire formée d'une cathode 2, d'une anode 4, et d'un électrolyte 6 intercalé entre la cathode et l'anode.

Typiquement, les caractéristiques d'une cellule d'électrolyse élémentaire convenant à l'invention peuvent être celles indiquées comme suit dans le tableau :

Cellule d'électrolyse	**Unité**	**Valeur**
Cathode 2		
Matériau constitutif		Ni-YZS
Epaisseur	μm	*315*
Conductivité thermique	$W\,m^{-1}K^{-1}$	*13.1*
Conductivité électrique	$\Omega^{-1}m^{-1}$	10^5
Porosité		*0.37*
Perméabilité	m^2	10^{-13}
Tortuosité		*4*
Densité de courant	$A\,m^{-2}$	*5300*
Anode 3		
Matériau constitutif		LSM
Epaisseur	μm	*20*
Conductivité thermique	$W\,m^{-1}K^{-1}$	*9.6*
Conductivité électrique	$\Omega^{-1}\,m^{-1}$	$1\ 10^4$
Porosité		*0.37*
Perméabilité	m^2	10^{-13}
Tortuosité	3.0	*4*
Densité de courant	Am^{-2}	*2000*
Electrolyte 4		
Matériau constitutif		YSZ
Epaisseur	μm	*15*
Résistivité	$\Omega\,m$	*0.42*

Un premier dispositif 8.0 formant un interconnecteur électrique et fluidique consiste en une pièce métallique 80 délimitée par au moins un plan P1 en contact avec une cathode 2.

La pièce métallique 80 comprend intérieurement deux chambres 81, 82 superposées l'une

sur l'autre et une pluralité de trous 810, 820 sensiblement perpendiculaires au plan P1 et divisés en deux groupes. Par trou perpendiculaire au plan P1, on entend un trou dont l'axe est perpendiculaire au plan P1. Sa surface est donc parallèle au plan P1.

Un des groupes de trous 810 débouche à la fois sur le plan P1 et directement dans la chambre adjacente 81 et l'autre groupe des trous 820 débouche à la fois sur le plan P1 et dans la chambre 82 la plus éloignée par l'intermédiaire de canaux 83.

Le plan P1 du premier interconnecteur 8.0 est en contact mécanique avec le plan de la cathode 2.

Tel que représenté en figure 3, on injecte directement la vapeur d'eau par la chambre 82 la plus éloignée du plan P1 en vue de la réaction d'électrolyse.

Comme illustré à l'aide de la flèche et des symboles H_2 et H_2O en figure 3, la vapeur d'eau injectée par cette chambre 82 circule ensuite par les canaux 83, puis est transformée progressivement en hydrogène dans la porosité de la cathode 2 et grâce à l'amenée uniforme de courant électrique sur toute la surface de cellule par l'interconnecteur 8.0.

Une partie d'hydrogène est prélevée de manière uniforme par chacun des trous 810 de l'autre groupe puis évacuée par la chambre 81 sur laquelle les trous 810 débouchent.

Le dispositif d'électrolyse selon la demande de brevet précitée PCT/EP2011/053728 tel que représenté en figure 3 comprend, du côté anode 4, un deuxième interconnecteur 8.1.

Cet interconnecteur 8.1 consiste également en une pièce métallique 84 délimitée par un plan P2 en contact mécanique direct avec le plan de l'anode 4.

La pièce métallique 84 comprenant intérieurement une chambre 85 et une pluralité de trous 850 répartis sur la surface, sensiblement perpendiculaires au plan et débouchant à la fois sur ce plan P2 et dans la chambre 85.

Comme illustré à l'aide de la flèche et du symbole O_2 en figure 3, l'oxygène produit à l'anode 4 est collecté par chacun des trous 850 puis est évacuée par la chambre 85.

On a représenté schématiquement en figure 6 un empilement de trois cellules d'électrolyse C1, C2, C3 avec les interconnecteurs selon la demande de brevet précitée PCT/EP2011/053728.

Plus exactement, le courant est amené et récupéré aux bornes de l'empilement constituées d'une part par un premier dispositif interconnecteur 8.0 en contact avec la cathode de la cellule C1 et d'autre part par un deuxième dispositif interconnecteur 8.1 en contact avec la cellule C3.

Un module interconnecteur 8 constitué d'un deuxième interconnecteur 8.1 et d'un premier interconnecteur 8.0 est agencé entre la cellule C1 et la cellule C2, le deuxième interconnecteur 8.1 étant en contact avec le plan P2 de l'anode de la cellule C1 et le premier interconnecteur 8.0 étant en contact avec le plan P1 de la cathode de la cellule C2 adjacente.

Cela est réalisé de manière identique entre les deux cellules C2 et C3 adjacentes.

La pièce métallique 84 constituant le deuxième interconnecteur 8.1 est en contact mécanique direct avec l'anode 4, comme représenté en figure 3.

Le plan P2 de ce deuxième interconnecteur 8.1 est en contact mécanique direct avec le plan de l'anode comme représenté en figure 3.

Les trous 850 de collecte de l'oxygène produit, dans ce mode de réalisation, sont alignés en alternance en quinconce exactement comme l'ensemble des trous 810, 820 d'amenée de vapeur d'eau et de collecte d'oxygène respectivement.

L'électrolyseur (EHT) à empilement qui vient d'être décrit peut tout à faite fonctionner sous une pression élevée, typiquement à une pression de l'ordre de 30 bars.

Pour réaliser chaque premier interconnecteur 8.0 ou deuxième interconnecteur 8.1, les inventeurs ont envisagé :

- d'assembler des plaques métalliques massives, c'est-à -dire fabriquées dans une pièce brute,

- de souder des tubes à deux plaques massives pour la réalisation des canaux 83 dont la fonction est soit d'alimenter en vapeur d'eau à haute température une cathode 2 depuis la chambre du dessus 82 comme représenté en figures 3 et 4, soit de récupérer l'hydrogène H2 produit à la cathode 2 pour l'amener dans la chambre du dessus comme représenté ci-après.

Cette solution ne peut être retenue car complexe en particulier avec des usinages onéreux et

des soudures nombreuses notamment pour les tubes, coûteuse et générant un poids d'ensemble non négligeable.

Aussi, selon l'invention, on prévoit un module interconnecteur 8 entre deux cellules d'électrolyse adjacentes tel que montré aux figures 5 et 6 et qui est réalisé uniquement à partir de tôles minces métalliques embouties et percées et assemblées entre elles avec un nombre minimum de soudures.

On précise ici que contrairement au mode de réalisation selon les figures 3 et 4 selon lequel la chambre du dessus 82 est celle par laquelle la vapeur d'eau est alimentée et la chambre 81 adjacente au plan de cathode est celle de récupération de l'hydrogène produit, le mode de réalisation selon l'invention et les figures 5 et 6 prévoit une alimentation de la vapeur d'eau par la chambre 81, i-e celle adjacente au plan de cathode 2 d'une cellule, et la récupération de l'hydrogène produit est faite par la chambre 82 du dessus, i-e celle superposée à la chambre 81.

On peut ainsi, selon ce mode de réalisation des figures 5 et 6, amener la vapeur d'eau à hautes températures sous pression élevée depuis l'intérieur d'une enveloppe étanche adaptée pour contenir de la vapeur d'eau contenant au plus 1 % d'hydrogène et dans laquelle est logée l'empilement de cellules d'électrolyse comme décrit et revendiqué dans la demande de brevet PCT/EP2011/053723 au nom de la demanderesse. Typiquement, la vapeur d'eau à haute température sous pression est amenée depuis la périphérie de l'interconnecteur 8.0 dans la chambre

adjacente au plan de cathode comme montré par les flèches horizontales en figures 5 et 6.

Selon l'invention, afin d'éviter la complexité d'assemblage et le temps nécessaire avec des tubes soudés, on prévoit que la pièce métallique 80 est réalisée à partir de deux tôles embouties 90, 91 en partie et une troisième tôle 92 également emboutie en partie.

La première 90 des deux tôles est percée dans sa partie plane de manière à former un premier groupe de trous 810 débouchant sur le plan P1 et dans ses parties embouties de manière à former un second groupe de trous 820. .

Comme mieux représenté en figure 6A, chaque embouti 900, 910 des deux tôles 90, 91 est percé et réalisé en formant un tronc de cône. Les emboutis 900, 910 percés et en forme de tronc de cône de la première tôle 90 sont de formes complémentaires avec ceux de la deuxième tôle 91.

Les première 90 et deuxième 91 tôles sont assemblées entre elles par emboitement mutuel des emboutis 900, 910 percés et en forme de tronc de cône.

Les canaux 83 formés par l'intérieur des emboutis 900, 910 et débouchant grâce aux trous 820 sont ceux traversés par l'hydrogène produit qui se dirige ainsi vers la chambre superposée 82 à la chambre 81.

En outre, l'espace délimité par les parties non embouties 901, 910 de la première et deuxième tôles c'est-à-dire planes, définit la chambre 81 adjacente au plan P1.

Pour obtenir la première tôle 90, on peut à partir de la tôle plane 901, réaliser une étape de poinçonnage des deux groupes de trous 810, 820 puis réaliser une étape d'emboutissage pour former les troncs de cône 900.

Pour obtenir la deuxième tôle 91, on peut à partir de la tôle plane 911, réaliser une étape d'emboutissage de matière pour former un cylindre puis réaliser une étape de repoussage pour former les troncs de cône 910.

L'assemblage par emboitement entre troncs de cônes 900 et 910 selon l'invention, que l'on peut aussi désigner par une liaison « cône-cône » permet un gain substantiel en temps de réalisation et en simplicité par rapport à une solution de soudage de tubes à deux plaques massives.

Cet assemblage entre troncs de cônes 900, 910 selon l'invention garantit la réalisation de l'étanchéité nécessaire entre vapeur d'eau amenée H20 et hydrogène H2 produit et récupéré, lorsque l'empilement de cellules d'électrolyse sera soumis à des efforts de compression pour assurer le bon contact électrique entre les différents éléments. Ainsi, il n'y a pas lieu de réaliser de soudure entre la première 90 et deuxième 91 tôles. Autrement dit, l'assemblage par emboitement métal /métal entre troncs de cônes 900, 910 est homogène et la liaison étanche est assurée par le serrage des troncs de cônes 900 et 910. Autrement dit encore, l'assemblage entre troncs de cône 900, 910 selon l'invention permet une récupération de

l'hydrogène étanche vis-à-vis de l'alimentation en vapeur d'eau à moindre coût.

La troisième tôle 92 de la pièce métallique 80 selon l'invention est également emboutie en partie et soudée à la deuxième tôle 91.

Les emboutis 920 de la troisième tôle 92 sont non percés et sont en appui contre la deuxième tôle 91 pour rigidifier ledit interconnecteur 8.0 et pour permettre le passage du courant électrique ou autrement dit la continuité électrique à travers l'empilement de l'électrolyseur EHT selon l'invention.

L'espace délimité par les parties non embouties 911, 921 respectivement de la deuxième 91 et troisième 92 tôles définit la chambre 82 superposée à la chambre 81 adjacente au plan P1.

La pièce métallique 84 du deuxième interconnecteur 8.1 est réalisée à partir de deux tôles 93, 94, dites respectivement quatrième et cinquième tôles.

La quatrième tôle 93 est plane et définit le plan P2. Elle est ainsi percée des trous 850 répartis sur la surface.

La cinquième tôle 94 est emboutie en partie et soudée à la quatrième tôle 93. Les emboutis 940 de la cinquième tôle sont non percés et en appui contre la quatrième tôle 93 pour rigidifier ledit deuxième interconnecteur et pour permettre le passage du courant électrique.

L'espace délimité par la quatrième tôle 93 qui est plane est les parties non embouties 941 de la quatrième et cinquième tôle 94 définissent la chambre

85 sur laquelle débouche la pluralité des trous 850 du deuxième interconnecteur.

Les troisième 92 et cinquième 94 tôles sont soudées entre elles et définissent ainsi le module interconnecteur 8.

Comme visible en figure 5, les troisième 92 et cinquième 94 tôles sont identiques et sont soudées dos-à-dos. Leurs emboutis respectifs 920, 940 sont ainsi en regard individuellement les uns avec les autres à la fois pour rigidifier tout le module et pour permettre le passage du courant électrique depuis la première tôle jusqu'à la cinquième tôle. Autrement dit, cela permet d'avoir un module interconnecteur 8 capable de résister aux efforts de compression soumis à l'empilement de cellules d'électrolyse et d'assurer la continuité électrique à travers tous les modules inetrconnecteurs et donc à travers tout l'empilement de cellules lors du fonctionnement de l'électrolyseur EHT aux hautes températures.

Toutes les soudures entre tôles 91, 92, 94, 93 réalisées à la fabrication, en dehors de tout fonctionnement de l'électrolyseur haute température peuvent être peu nombreuses. De préférence, elles sont réalisées selon une technique de laser par transparence, ce qui est possible du fait de la très faible épaisseur des tôles, typiquement de l'ordre de 0.2 mm.

Toutes les tôles 91, 92, 94, 93 sont avantageusement en acier ferritique à 20% de chrome, de préférence en CROFER® 22APU à base Nickel de type Inconel®600 ou Haynes® 230 ou le F18TNb dans des épaisseurs typiquement comprises entre 0.1 et 1mm.

Le module interconnecteur selon l'invention 8 qui vient d'être décrit présente plusieurs avantages :

- bonne étanchéité garantie: les première et deuxième tôles même dans des faibles épaisseurs (typiquement de l'ordre de 2/10mm) en assemblage cône sur cône garantissent une étanchéité de bonne qualité,
- grande compacité : les tôles fines peuvent avoir une faible profondeur d'emboutissage avec typiquement une hauteur totale individuelle inférieure à 1mm,
- réalisation plus simple par rapport à une solution de tubes rapportés soudés pour constituer les canaux d'alimentation en vapeur d'eau ou récupération d'hydrogène produit. On peut ainsi avoir un procédé industriel de fabrication plus simple par emboutissage/poinçonnage avec un nombre de soudures total réduit ,
- moindre coût de réalisation: même si un outillage d'emboutissage peut nécessiter initialement un investissement élevé, la réalisation par emboutissage de tôles en très grande série par la suite a l'avantage de baisser le prix de fabrication.

Référence citée:

[1] : Xiango Li, International Journal of hydrogen Energy 30 (2005) 359-371.

REVENDICATIONS

1. Dispositif (8.0) formant un interconnecteur électrique et fluidique pour l'électrolyse de l'eau à haute température consistant en une pièce métallique (80) délimitée par au moins un plan P1, ladite pièce métallique comprenant intérieurement deux chambres (81, 82), superposées l'une sur l'autre par rapport audit plan P1 et une pluralité de trous (810, 820) répartis sur la surface, sensiblement perpendiculaires au plan et divisés en deux groupes, dont un premier groupe de trous (810) débouche à la fois sur le plan P1 et directement dans la chambre (81) adjacente au plan P1 et un second groupe des trous (820) débouche à la fois sur le plan P1 et dans la chambre (82) la plus éloignée par l'intermédiaire de canaux, le plan P1 de l' interconnecteur étant destiné à venir en contact mécanique avec le plan d'une cathode (2) d'une cellule (c2) d'électrolyse élémentaire formée d'une cathode (2), d'une anode (4), et d'un électrolyte (6) intercalé entre la cathode et l'anode,

dans lequel la pièce métallique comprend deux tôles (90, 91), embouties en partie, la première des deux tôles étant percée dans sa partie plane de manière à former le premier groupe de trous (810) et dans ses parties embouties de manière à former le second groupe de trous (820), chaque embouti (900, 910) des deux tôles étant percé et réalisé en formant un tronc de cône, les emboutis (900) de la première tôle étant de forme complémentaire avec ceux (910) de la

deuxième tôle, lesdites première et deuxième tôles étant assemblées entre elles par emboitement mutuel des emboutis en définissant les canaux (83), l'espace délimité par les parties non embouties (901, 911) de la première et deuxième tôles définissant la chambre adjacente (81) au plan P1.

2. Dispositif formant un interconnecteur électrique et fluidique pour l'électrolyse de l'eau à haute température selon la revendication 1, dans lequel la pièce métallique comprend une troisième tôle (92), également emboutie en partie et soudée à la deuxième tôle, les emboutis (920) de la troisième tôle étant non percés et en appui contre la deuxième tôle pour rigidifier ledit interconnecteur et pour permettre le passage du courant électrique, l'espace délimité par les parties non embouties (911, 921) de la deuxième et troisième tôles définissant la chambre (82) superposée à la chambre adjacente (81) au plan P1.

3. Dispositif formant un interconnecteur électrique et fluidique pour l'électrolyse de l'eau à haute température selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la première tôle (90) est réalisée à partir d'une tôle plane selon une étape de poinçonnage suivie d'une étape d'emboutissage.

4. Dispositif formant un interconnecteur électrique et fluidique pour l'électrolyse de l'eau à haute température selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la deuxième tôle (91) est

réalisée à partir d'une tôle plane selon une étape d'emboutissage suivie d'une étape de repoussage.

5. Dispositif formant un interconnecteur électrique et fluidique pour l'électrolyse de l'eau à haute température selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la chambre adjacente (81) au plan P1 constitue la chambre par laquelle la vapeur d'eau est amenée et la chambre superposée (82) constitue la chambre de collecte de l'hydrogène produit par l'électrolyse.

6. Module interconnecteur (8) comprenant un premier (8.0) interconnecteur selon l'une des revendications 2 à 5, et un deuxième (8.1) interconnecteur électrique et fluidique consistant en une pièce métallique (84) délimitée par au moins un plan P2, ladite pièce métallique comprenant intérieurement une chambre (85) et une pluralité de trous (850) répartis sur la surface, sensiblement perpendiculaires au plan P2 et débouchant à la fois sur ce dernier P2 et dans la chambre (85),

dans lequel la pièce métallique (84) du deuxième interconnecteur comprend deux tôles (93, 94), dites respectivement quatrième et cinquième tôles, la quatrième tôle (93) étant plane en définissant le plan P2 et percée des trous répartis sur la surface, tandis que la cinquième tôle (94) est emboutie en partie et soudée à la quatrième tôle, les emboutis (940) de la cinquième tôle étant non percés et en appui contre la quatrième tôle pour rigidifier ledit deuxième

interconnecteur et pour permettre le passage du courant électrique, l'espace délimité par la quatrième tôle (93) qui est plane et les parties non embouties (941) de la cinquième tôle définissant la chambre (85) sur laquelle débouche la pluralité des trous du deuxième interconnecteur,

dans lequel les troisième et cinquième tôles sont soudées entre elles en définissant le module interconnecteur (8).

7. Module interconnecteur (8) selon la revendication 6, dans lequel les troisième (92) et cinquième (94) tôles présentent une forme identique l'une à l'autre.

8. Module interconnecteur (8) selon la revendication 6 ou 7, dans lequel les troisièmes et cinquième tôle sont soudées dos-à-dos, avec leurs emboutis (920, 940) en regard individuellement les uns avec les autres à la fois pour rigidifier tout le module et pour permettre le passage du courant électrique depuis la première tôle jusqu'à la cinquième tôle.

9. Module interconnecteur (8) selon l'une des revendications 6 à 8, dans lequel toutes les tôles sont soudées par transparence laser.

10. Dispositif d'électrolyse de l'eau à haute température comprenant :

- un empilement de cellules d'électrolyse (C1, C2) élémentaires formées chacune d'une cathode,

d'une anode et d'un électrolyte intercalé entre la cathode et l'anode, et

- une pluralité de modules interconnecteurs (8) selon l'une des revendications 6 à 9, chaque module interconnecteur (8) étant agencé entre deux cellules élémentaires adjacentes (C1, C2) tel que le plan P1 du premier interconnecteur est en contact mécanique avec la cathode d'une des deux cellules élémentaires et le plan P2 du deuxième interconnecteur (8.1) est en contact mécanique avec l'anode (4) de l'autre des deux cellules élémentaires le plan P2 du deuxième interconnecteur.

11. Ensemble de production d'hydrogène comprenant une pluralité de dispositifs d'électrolyse selon la revendication 10.

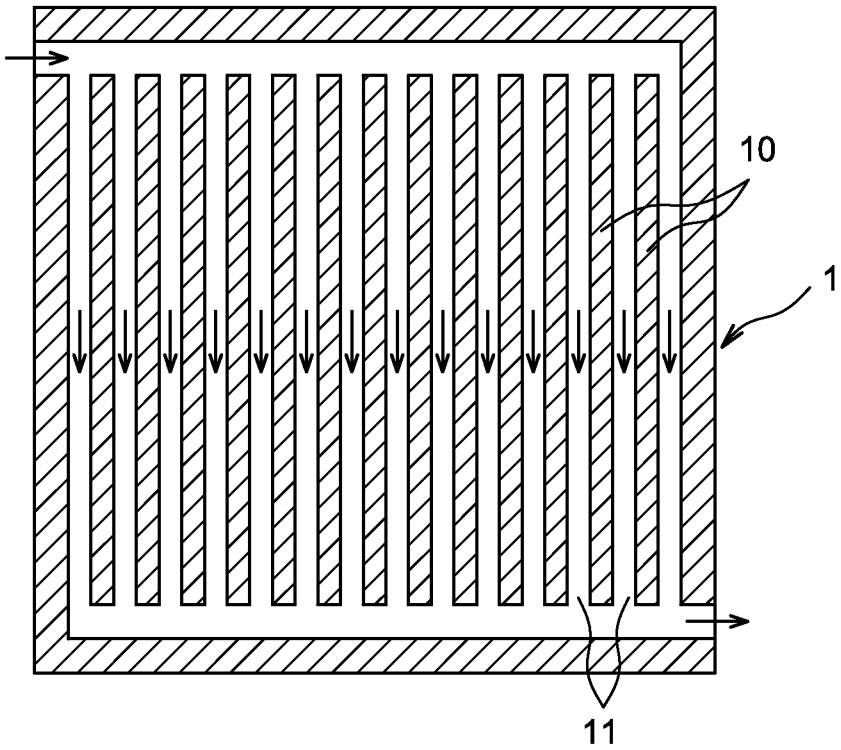
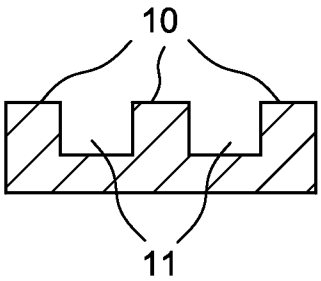


FIG. 1

FIG. 1A



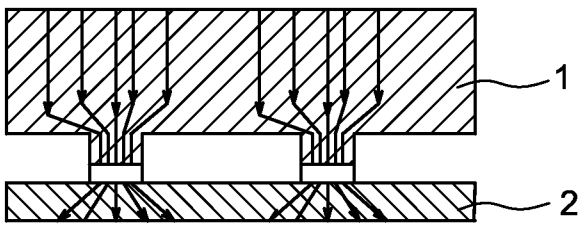


FIG. 1B

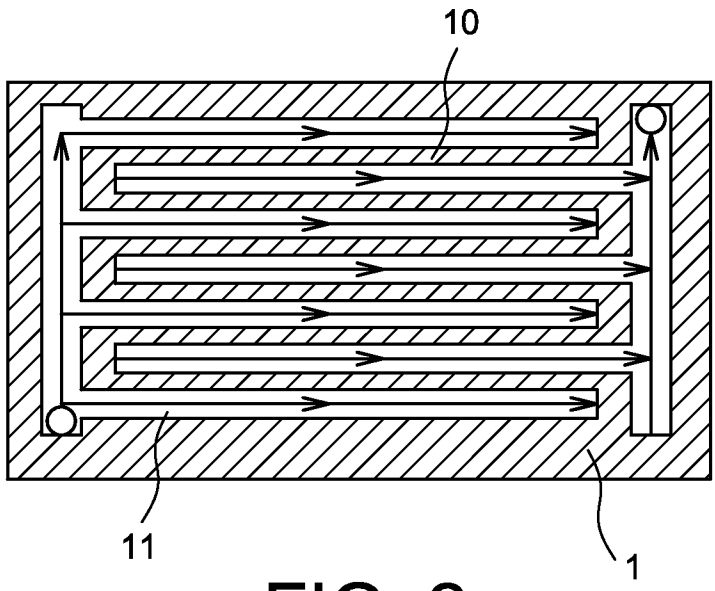

10
11
1

FIG. 2

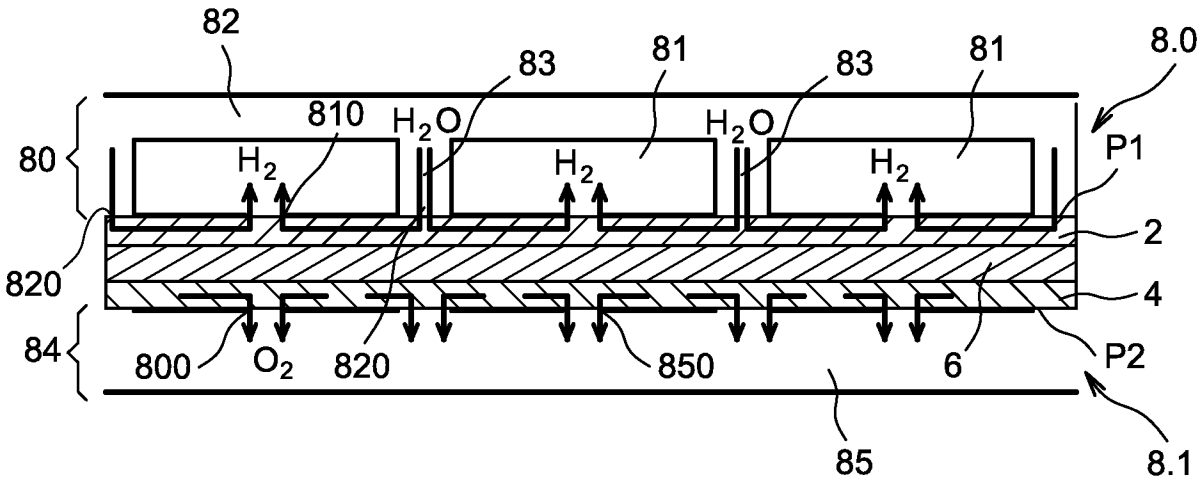

82
83
81
83
81
8.0
810
H_2O
H_2O
80
H_2
H_2
H_2
P1
2
820
4
84
800
O_2
820
850
6
P2
85
8.1

FIG. 3

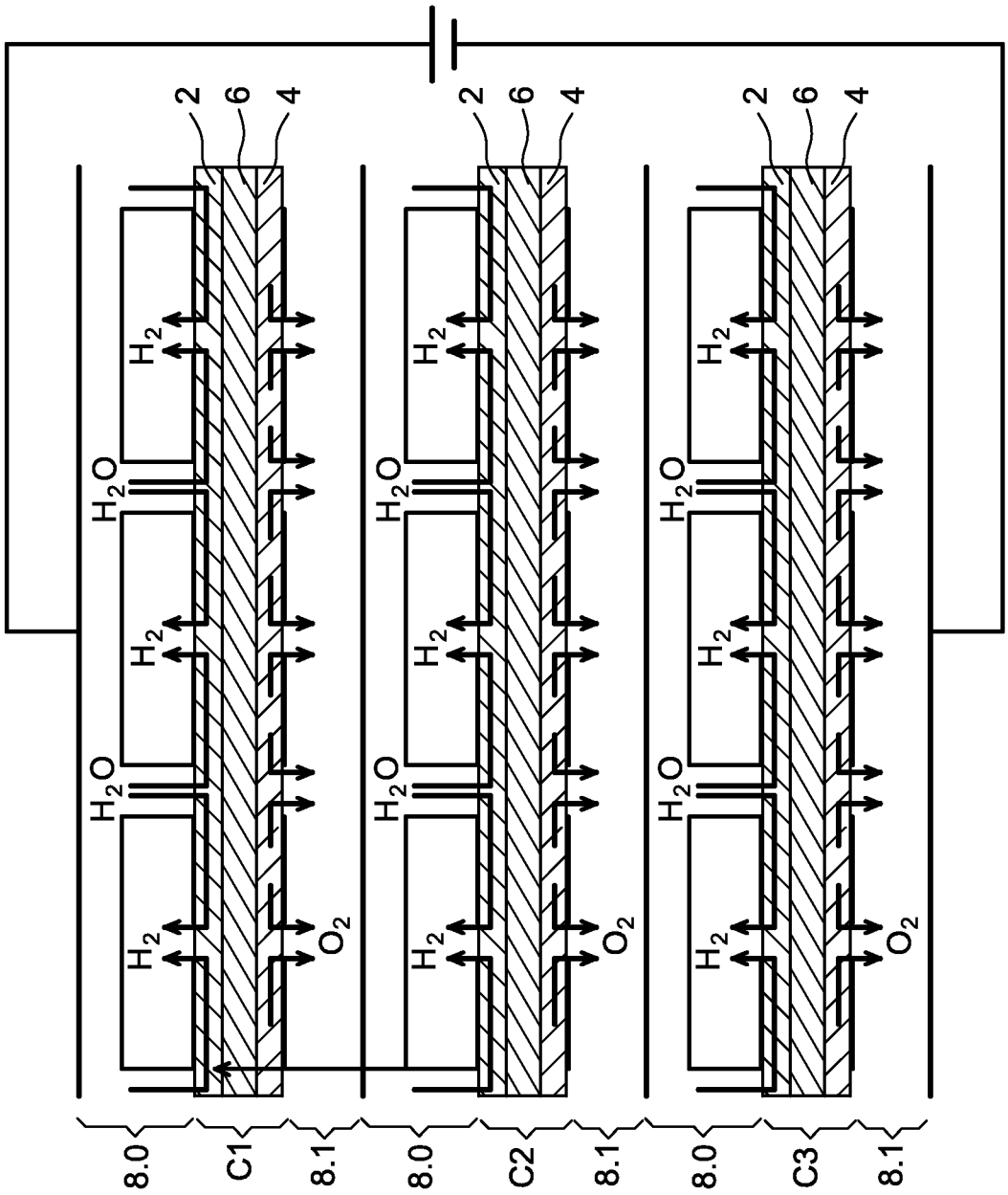


FIG. 4

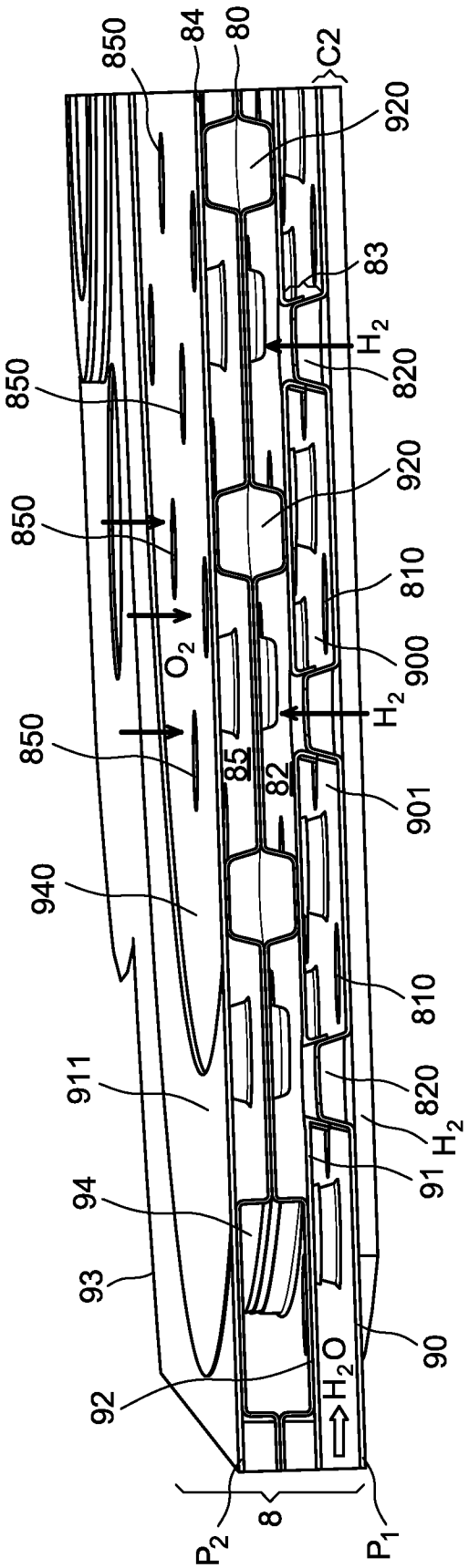

850
84
80
C2
920
83
H_2
820
850
920
850
O_2
810
900
H_2
850
85
82
901
940
810
911
820
H_2
91
94
93
90
H_2O
92
8
P_2
P_1

FIG. 5

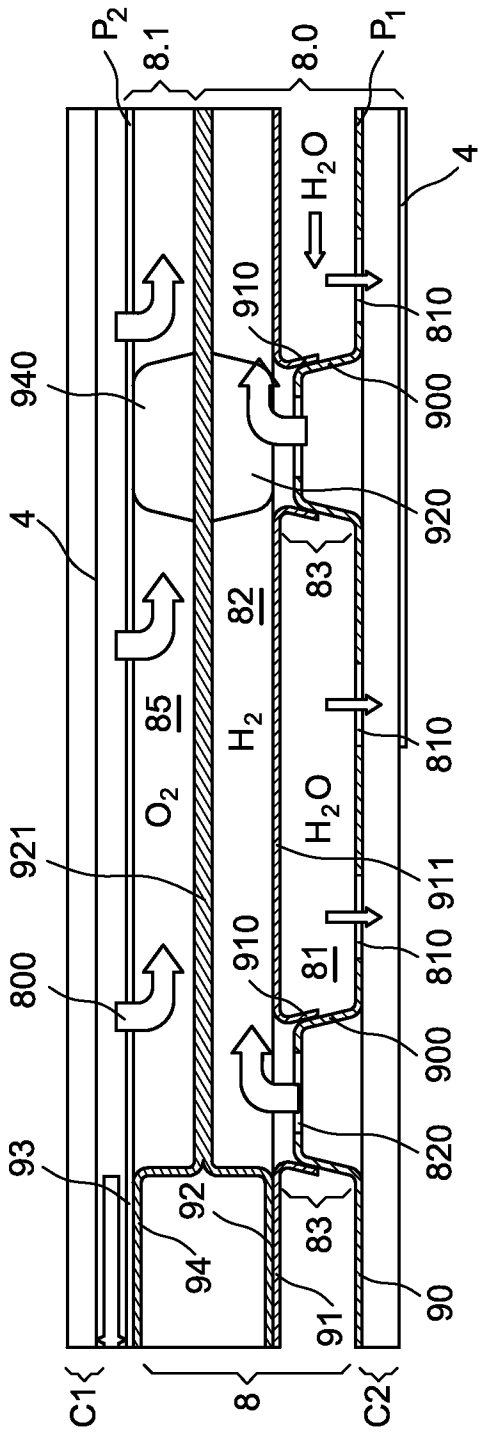

P2
8.1
8.0
P1
4
H2O
910
810
940
900
920
4
83
82
85
H2
810
O2
H2O
921
911
810
910
81
800
900
820
93
92
83
94
91
90
C1
8
C2

FIG. 6

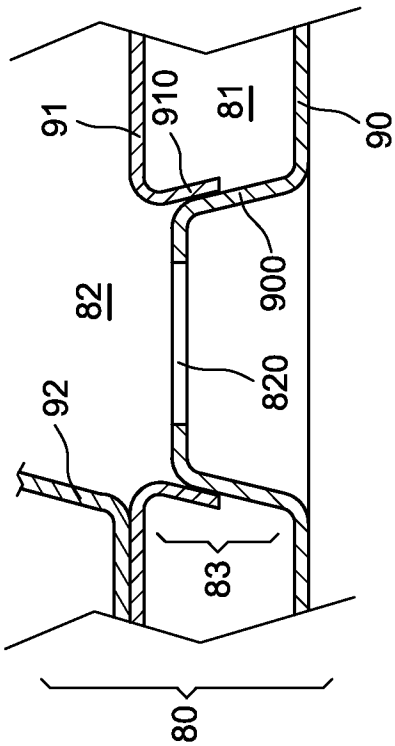

91
910
81
90
900
82
820
92
83
80

FIG. 6A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/061131

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. C25B9/04 C25B9/08 C25B9/18 H01M8/02
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
C25B H01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 786 027 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 19 May 2000 (2000-05-19) page 1, lines 8-11 page 4, line 14 - page 5, line 8 page 7, line 6 - page 8, line 12 page 24, line 19 - page 26, line 3	1
A	BE 1 004 689 A4 (SOLVAY) 12 January 1993 (1993-01-12) page 1, lines 1-13 page 8, line 24 - page 9, line 5; figures 3,4	1,2,6, 10,11

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
24 October 2012	07/11/2012

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Desbois, Valérie

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	LI X ET AL: "Review of bipolar plates in PEM fuel cells: Flow-field designs", INTERNATIONAL JOURNAL OF HYDROGEN ENERGY, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS B.V., BARKING, GB, vol. 30, no. 4, 1 March 2005 (2005-03-01), pages 359-371, XP027750461, ISSN: 0360-3199 [retrieved on 2005-03-01] cited in the application 3.1 Pin-type flow field; page 361 - page 362 -----	1
A	US 4 788 110 A (BERNARD RANDOLPH [US]) 29 November 1988 (1988-11-29) column 3, line 19 - column 4, line 22; figure 2 -----	1

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2012/061131

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2786027 A1	19-05-2000	AT 232649 T	15-02-2003
		AU 1166400 A	05-06-2000
		CA 2349934 A1	25-05-2000
		DE 69905389 D1	20-03-2003
		DE 69905389 T2	11-12-2003
		EP 1131854 A1	12-09-2001
		ES 2192105 T3	16-09-2003
		FR 2786027 A1	19-05-2000
		JP 4920133 B2	18-04-2012
		JP 2002530816 A	17-09-2002
		US 6649297 B1	18-11-2003
		WO 0030199 A1	25-05-2000
BE 1004689 A4	12-01-1993	NONE	
US 4788110 A	29-11-1988	JP 1122569 A	15-05-1989
		US 4788110 A	29-11-1988

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/EP2012/061131

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. C25B9/04 C25B9/08 C25B9/18 H01M8/02
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
C25B H01M

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 2 786 027 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 19 mai 2000 (2000-05-19) page 1, ligne 8-11 page 4, ligne 14 - page 5, ligne 8 page 7, ligne 6 - page 8, ligne 12 page 24, ligne 19 - page 26, ligne 3 -----	1
A	BE 1 004 689 A4 (SOLVAY) 12 janvier 1993 (1993-01-12) page 1, ligne 1-13 page 8, ligne 24 - page 9, ligne 5; figures 3,4 -----	1,2,6, 10,11
	-/--	

[X] Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

[X] Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
24 octobre 2012	07/11/2012

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Desbois, Valérie

1

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	LI X ET AL: "Review of bipolar plates in PEM fuel cells: Flow-field designs", INTERNATIONAL JOURNAL OF HYDROGEN ENERGY, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS B.V., BARKING, GB, vol. 30, no. 4, 1 mars 2005 (2005-03-01), pages 359-371, XP027750461, ISSN: 0360-3199 [extrait le 2005-03-01] cité dans la demande 3.1 Pin-type flow field; page 361 - page 362 -----	1
A	US 4 788 110 A (BERNARD RANDOLPH [US]) 29 novembre 1988 (1988-11-29) colonne 3, ligne 19 - colonne 4, ligne 22; figure 2 -----	1

1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°
PCT/EP2012/061131

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2786027 A1	19-05-2000	AT 232649 T	15-02-2003
		AU 1166400 A	05-06-2000
		CA 2349934 A1	25-05-2000
		DE 69905389 D1	20-03-2003
		DE 69905389 T2	11-12-2003
		EP 1131854 A1	12-09-2001
		ES 2192105 T3	16-09-2003
		FR 2786027 A1	19-05-2000
		JP 4920133 B2	18-04-2012
		JP 2002530816 A	17-09-2002
		US 6649297 B1	18-11-2003
		WO 0030199 A1	25-05-2000
BE 1004689 A4	12-01-1993	AUCUN	
US 4788110 A	29-11-1988	JP 1122569 A	15-05-1989
		US 4788110 A	29-11-1988