

(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO

(22) Data de pedido: **2004.12.21**

(30) Prioridade(s):

(43) Data de publicação do pedido: **2006.06.30**

(45) Data e BPI da concessão: **2007.01.12**
2/2007

(73) Titular(es):

SRE-SOLUÇÕES RACIONAIS DE ENERGIA, SA
POLÍGONO INDUSTRIAL DO ALTO DO AMEAL,
PAVILHÃO C13 2565-641 TORRES VEDRAS PT

(72) Inventor(es):

JOSÉ JOÃO SANTANA CAMPOS RODRIGUES	PT
RUI PEDRO DA COSTA NETO	PT
DIOGO GONÇALO MOREIRA PINTO	PT
BRUNO MIGUEL SOUTO LOPES	PT
GONÇALO JOSÉ DE MOURA TRINDADE ELIAS	PT

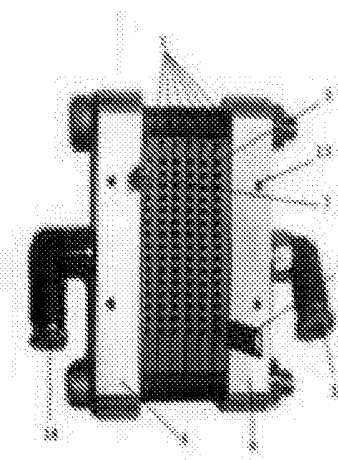
(74) Mandatário:

LUÍS MANUEL DE ALMADA DA SILVA CARVALHO	PT
RUA VÍCTOR CORDON, 14 1249-103 LISBOA	

(54) Epígrafe: **PILHA DE COMBUSTÍVEL A HIDROGÉNIO COM AREJAMENTO INTEGRADO E ALIMENTAÇÃO EM FONTE DE PRESSÃO**

(57) Resumo:

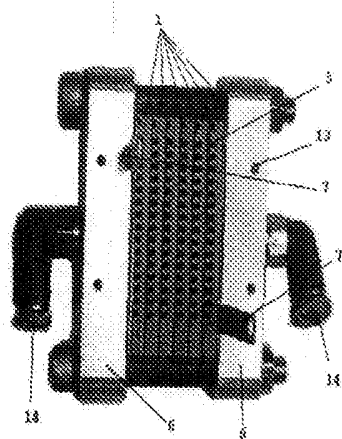
O PRESENTE INVENTO DIZ RESPEITO A UMA PILHA DE CÉLULAS DE COMBUSTÍVEL A HIDROGÉNIO EM QUE O ELECTRÓLITO SE ENCONTRA NO ESTADO SÓLIDO E CONSISTE NUMA MEMBRANA POLIMÉRICA QUE PERMITE A TROCA CATIÓNICA MAS NÃO A ELECTRÓNICA, PARA A PRODUÇÃO DE ELECTRICIDADE, SOMENTE COMO FORNECIMENTO DE HIDROGÉNIO E OXIGÉNIO NA QUAL, NOS ÂNODOS SE PROCESSA A DISSOCIAÇÃO DO HIDROGÉNIO EM PROTÕES E ELECTRÕES, NAS MEMBRANAS, A CONDUÇÃO DOS PROTÕES DOS LADOS DOS ÂNODOS PARA OS LADOS DOS CÁTODOS, NUM CIRCUITO EXTERNO, A CONDUÇÃO ELECTRÓNICA DOS ÂNODOS PARA OS CÁTODOS E NOS CÁTODOS, A RECOMBINAÇÃO DE PROTÕES, ELECTRÕES E ÁTOMOS DE OXIGÉNIO EM MOLÉCULAS DE ÁGUA. É CARACTERIZADA POR COMPREENDER UMA PLACA DIFUSORA BIPOLAR 1, EM QUE NUM DOS LADOS SÃO DESENHADOS CANAIS 3 E 4 PARA A ALIMENTAÇÃO DO HIDROGÉNIO O QUAL CONSTITUI, EM CONJUNTO COM A MEMBRANA POLIMÉRICA, UMA CÂMARA ESTANQUE QUE PERMITE O FUNCIONAMENTO EM FONTE DE PRESSÃO SEM RECIRCULAÇÃO DO COMBUSTÍVEL; E NO OUTRO LADO SÃO DESENHADOS CANAIS AXIAIS 5 PARA A CIRCULAÇÃO NATURAL DO AR, CANAIS ESSES QUE FORMAM UMA REDE ENTRECORTADA PERPENDICULARMENTE QUE PERMITE UMA ALIMENTAÇÃO NATURAL DO AR.



RESUMO

"PILHA DE COMBUSTÍVEL A HIDROGÉNIO COM AREJAMENTO INTEGRADO E ALIMENTAÇÃO EM FONTE DE PRESSÃO"

O presente invento diz respeito a uma pilha de células de combustível a hidrogénio em que o electrólito se encontra no estado sólido e consiste numa membrana polimérica que permite a troca catiónica mas não a electrónica, para a produção de electricidade, somente com o fornecimento de hidrogénio e oxigénio na qual, nos ânodos se processa a dissociação do hidrogénio em protões e electrões, nas membranas, a condução dos protões dos lados dos ânodos para os lados dos cátodos, num circuito externo, a condução electrónica dos ânodos para os cátodos e nos cátodos, a recombinação de protões, electrões e átomos de oxigénio em moléculas de água. É caracterizada por compreender uma placa difusora bipolar 1, em que num dos lados são desenhados canais 3 e 4 para a alimentação do hidrogénio o qual constitui, em conjunto com a membrana polimérica, uma câmara estanque que permite o funcionamento em fonte de pressão sem recirculação do combustível; e no outro lado são desenhados canais axiais 5 para a circulação natural do ar, canais esses que formam uma rede entrecortada perpendicularmente que permite uma alimentação natural do ar.



DESCRIÇÃO

"PILHA DE COMBUSTÍVEL A HIDROGÉNIO COM AREJAMENTO INTEGRADO E ALIMENTAÇÃO EM FONTE DE PRESSÃO"

Âmbito do invento

O presente invento diz respeito a uma pilha de combustível em que o combustível é o hidrogénio e o oxidante é o oxigénio. É essencialmente caracterizada por compreender: uma placa difusora de hidrogénio que constitui, em conjunto com a membrana MEA (Membrane Electrode Assembly), uma câmara estanque que permite o funcionamento em fonte de pressão; uma placa difusora de ar com canais de alimentação formando uma rede entrecortada perpendicularmente que permite uma alimentação natural do ar; a utilização de um ventilador aplicado axialmente sobre a célula ou pilha que permite reforçar o fluxo de alimentação de ar de acordo com os requisitos de funcionamento.

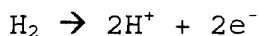
Estado da técnica

Princípio de funcionamento de uma célula de combustível

O princípio de funcionamento das células de combustível é actualmente bem conhecido. Uma célula de combustível é um dispositivo electroquímico no qual reage

uma espécie redutora e outra oxidante, para produzir electricidade, calor e água. O combustível típico fornecido a uma célula de combustível PEM (Proton Exchange Membrane) é o hidrogénio e o oxidante utilizado normalmente é o oxigénio do ar. Há outro tipo de redutores que podem ser utilizados na pilha de combustível, tais como o metanol, o gás natural, dependendo apenas das condições de operação e da natureza da pilha de combustível.

Numa célula de combustível a hidrogénio, o gás é introduzido no ânodo onde reage electroquimicamente na presença de um catalisador produzindo iões H^+ e electrões. Os electrões movem-se do ânodo para o cátodo através de um circuito eléctrico externo. Adicionalmente, os protões solvatados por moléculas de água passam através do electrólito até ao lado do cátodo onde se vão recombinar com electrões e moléculas de oxigénio do ar, também na presença de um catalisador, dando origem à formação de água. Esta reacção completa o circuito eléctrico. O trabalho eléctrico é realizado pelos electrões quando passam pelo circuito eléctrico exterior por uma aplicação. As semi-reacções de oxidação/redução associadas às pilhas de combustível são:



Vantagens

As vantagens das pilhas de combustível face a outras energias convencionais prendem-se com a sua elevada

eficiência e pelo facto de serem não poluentes. Adicionalmente as células de combustível podem ser reunidas em conjuntos de pilhas de vários tamanhos, possibilitando a concepção de uma grande variedade de sistemas numa vasta gama de potências e por isso podem ser integradas em numerosas aplicações comerciais. Esta promessa comercial deverá continuar a aumentar principalmente devido ao crescente rigor na elaboração e cumprimento dos regulamentos ambientais e à previsível diminuição dos custos associados às várias matérias-primas e componentes.

Engenharia das placas colectoras/difusoras

Normalmente numa pilha de combustível é necessário colocar várias células em série o que implica o desenvolvimento de placas bipolares, que apresentam canais para o hidrogénio numa das faces da placa e canais para o oxigénio no outro lado. A disposição destes canais em ambas as faces pode ter várias disposições possíveis: os canais são paralelos numa face em relação à outra, os canais estão cruzados, ou então uma combinação entre ambas as situações. A largura dos canais normalmente pode variar entre 1 mm e 2 mm e a sua profundidade entre 0,2 mm e 3 mm, podendo também estes canais terem largura e profundidade variadas ao longo do percurso dos gases. A espessura da placa vai depender da profundidade dos canais em ambas as faces, do tipo de vedante e do material constituinte da placa. Em termos de forma, as placas bipolares são geralmente rectangulares com tendência para o quadrangular para permitir uma maximização

da área útil de eléctrodo. Poderão também apresentar formas hexagonais, octogonais, circulares, entre outras.

Constituição das placas bipolares

Normalmente as placas bipolares são constituídas de material suficientemente adequado de modo a que suporte as condições de funcionamento da pilha. Esse material deve ser bom condutor eléctrico, quimicamente inerte, impermeável ao hidrogénio e mecanicamente robusto. Os materiais normalmente usados nas placas bipolares são: a grafite, ou compósitos de grafite, o titânio, o óxido de titânio, o nióbio, aço inox e metais com electrodeposição de metais nobres (normalmente o ouro).

Vedantes

Os vedantes utilizados normalmente são de natureza elástica (borracha, silicone, PTFE, resinas e colas), com boa estabilidade térmica e impermeabilidade aos gases reagentes, boa estabilidade química, e com configuração geométrica, cilíndrica, cónica ou laminar.

Arrefecimento de placas bipolares

Existe uma grande diversidade de estratégias para a manutenção da temperatura nas placas bipolares, que normalmente estão relacionadas com o arrefecimento. A placa bipolar normalmente tem no seu interior (entre os canais de hidrogénio e ar, que estão à superfície das placas) canais que permitem a passagem de um fluido refrigerante, normalmente água ou ar. O que faz com que as placas bipolares sejam normalmente uma reunião de duas placas

individuais que são normalmente coladas. No caso de se utilizar água é necessário um sistema exterior à placa para promover o arrefecimento (radiador), no qual a água circula entre o radiador e a placa. No caso de se utilizar ar como fluido de arrefecimento, este passa pela placa para remover o calor aí formado e é conduzido para o exterior.

Reuniões eléctrodo - membrana

A forma como se faz a reunião eléctrodos - membrana depende bastante do local onde está aplicado o catalisador; se o catalisador está aplicado na membrana normalmente os eléctrodos vêm "colados" directamente à membrana formando um conjunto reunido de eléctrodos - catalisador - membrana, se o catalisador está aplicado nos eléctrodos a reunião eléctrodos - catalisador - membrana é apenas efectuada na altura da montagem da célula. Este tipo de reuniões eléctrodos - membrana são normalmente conseguidas por compressão directa entra as placas bipolares. Quase todos os tipos de reuniões membrana - eléctrodos PEM incluem: a membrana de troca iónica com catalisador de platina depositado em ambas as superfícies e o material de eléctrodo (papel carbónico ou pano carbónico), com características hidrofóbicas, em cada lado da membrana. O posicionamento do papel no lado dos canais do ar define-o como cátodo e por sua vez o outro papel, que ficará em contacto com os canais do hidrogénio, será definido como ânodo.

Dificuldades da tecnologia

Os maiores problemas a serem resolvidos na tecnologia das pilhas de combustível são: 1) de como se faz a gestão da água na pilha; 2) de como se faz o empilhamento para garantir que todas as células tenham o mesmo fornecimento de hidrogénio e oxigénio, que a temperatura na pilha esteja igualmente distribuída e que o grau de humedificação da membrana seja uniforme e adequado. Deve-se garantir também que todas as células individuais apresentam a mesma resistência de contacto, função da força de aperto, e que a zona dos canais de hidrogénio seja hermeticamente fechada. Utilizar membranas de permuta iónica com elevada condutibilidade iónica, elevada longevidade e boa estabilidade mecânica são também requisitos fundamentais para obter uma pilha de elevada performance.

São conhecidos vários documentos relacionados com pilhas de combustível. Entre eles citamos, por considerarmos os mais ilustrativos do estado da técnica, a US 6.770.394, a US 6.677.071, US 6786937, US 6699613, US 6689500 e US 6817097.

A patente US 6.770.394 diz respeito a uma célula de combustível electroquímica contendo um primeiro e um segundo conjuntos de placas bipolares de campo de escoamento de condução eléctrica monolítico dispostas de uma maneira essencialmente paralela umas em relação às outras, de maneira que uma superfície interior da primeira placa separadora bipolar vai ficar voltada para uma superfície interior da segunda placa separadora bipolar, em

que as placas separadoras bipolares se acham eléctrica e mecanicamente ligadas por meio de umas camadas intercalares que se acham directamente ligadas umas às outras. As células de combustível podem ser empilhadas entre umas placas terminais e alimentadas com hidrogénio e oxigénio, a fim de gerarem energia eléctrica. Um condensador arrefecido a ar, próprio para ser utilizado com uma pilha de células de combustível, é constituído por um elemento de condensação em espuma porosa e por um elemento de arrefecimento em espuma porosa.

A patente US 6.677.071 refere-se a uma placa bipolar para uma célula de combustível, compreendendo a placa bipolar uma zona central e uma zona circundante, em que a zona central tem uma primeira superfície lateral e uma segunda superfície lateral oposta à primeira superfície lateral, apresentando-se a zona central sob a forma de uma ondulação contínua que define uma pluralidade de ranhuras, sendo as ranhuras formadas na primeira superfície lateral substancialmente paralelas e complementares às ranhuras formadas na segunda superfície lateral. A espessura da placa bipolar do presente invento pode ser muito pequena, a fim de reduzir a dimensão e o peso da célula de combustível. As ranhuras acham-se ligadas a uns furos alongados formados na zona circundante por meio de uns canais que se acham formados numa direcção longitudinal num primeiro lado e numa direcção transversal a uma direcção longitudinal num segundo lado.

A patente US 6.786.937 diz respeito uma pilha de placas de escoamento, uma primeira junta de vedação que é compatível com um agente de arrefecimento e uma segunda junta de vedação que é incompatível com o agente de arrefecimento. A pilha de células de combustível inclui umas aberturas próprias para formar uma passagem para o agente de arrefecimento que põe o agente de arrefecimento em comunicação com uma passagem do colector de reagente. A segunda junta de vedação forma um vedante em torno da passagem do colector de reagente entre um par de placas adjacentes. A primeira junta de vedação forma um vedante em torno da passagem do colector de reagente entre um par de placas adjacentes. Pelo menos uma zona de uma determinada placa pode ser associada a um escoamento de reagente, e essa placa pode incluir passagens internas que se estendem entre passagens do colector para comunicar com um agente de arrefecimento. Um vedante que é substancialmente permanente vai isolar as passagens internas da(s) zona(s) da placa da célula de combustível que pode(m) ser associada ao(s) escoamento(s) de reagente.

A patente US 6.699.613 diz respeito a uma célula de combustível tendo um vedante próprio para vedar uma membrana de electrólito polimérico. A referida célula de combustível: um conjunto de eléctrodos de membrana tendo uma membrana de electrólito polimérico, um eléctrodo de difusão do lado do ânodo (um eléctrodo anódico e uma segunda camada de difusão) disposto num dos lados, e um eléctrodo de difusão do lado do cátodo (um eléctrodo

catódico e uma primeira camada de difusão) disposto no outro lado da membrana de electrólito polimérico; um par de separadores que suportam o conjunto de eléctrodos - membrana; uma porção saliente que se estende a partir da membrana de electrólito polimérico e que se projecta a partir das zonas periféricas do eléctrodo de difusão do lado do ânodo e do eléctrodo de difusão do lado do cátodo; e um vedante, proporcionado nos separadores, que era um vedante líquido no momento da sua aplicação. O vedante faz contacto com a porção saliente quando o conjunto de eléctrodos - membrana é disposto entre os separadores.

A patente US 6.689.500 refere-se a um sistema de arrefecimento de uma pilha de células de combustível. O sistema de células de combustível inclui um primeiro colector de admissão de reagente, um primeiro colector de descarga de reagente, um segundo colector de descarga de reagente, um colector de admissão de gás de arrefecimento, um colector de descarga de gás de arrefecimento, um colector de admissão de líquido, células de combustível e uns elementos de arrefecimento distribuídos entre as células de combustível. Cada um dos elementos de arrefecimento define uma passagem de agente de arrefecimento. Durante o funcionamento, um gás de arrefecimento vai escoar-se do colector de admissão de gás de arrefecimento para o interior do colector de descarga de gás de arrefecimento através da passagem de agente de arrefecimento. Cada um dos elementos de arrefecimento também inclui um trajecto de injeção de água. Durante o funcionamento, a água proveniente do colector de admissão

de líquido é injectada no interior da passagem de agente de arrefecimento, a fim de se misturar com o gás de arrefecimento que passa através da referida passagem.

A patente US 6.817.097 diz respeito a um arrefecedor de células de combustível com placas planas que compreende um conjunto de tubos de calor que inclui uma placa de base e uma tampa ondulada ligada à placa de base para formar uma pluralidade de tubos entre a placa de base e a tampa ondulada. Cada um dos tubos da pluralidade de tubos forma um invólucro de um respectivo tubo de calor no interior do conjunto de tubos de calor. O conjunto de tubos de calor pode ser incluído numa pilha de células de combustível.

Conforme se poderá depreender do que se vai referir, a presente invenção apresenta substanciais diferenças relativamente à técnica apresentada.

Breve descrição dos desenhos

Os desenhos que se juntam em anexo não pretendem limitar o invento de qualquer forma. Permitem apenas uma mais fácil compreensão da descrição detalhada do invento, que se segue. Nos desenhos:

- A figura 1 representa uma vista em planta de uma placa difusora bipolar do lado do hidrogénio;

- A figura 2 representa uma vista em planta de uma placa difusora bipolar do lado do ar;

- A figura 3 representa de maneira esquemática os componentes de uma célula individual; e

- A figura 4 representa uma vista de uma pilha de combustíveis a hidrogénio por integração em série de cinco células individuais.

Descrição detalhada da invenção

Conforme se pode observar pelos desenhos anexos, na figura 1, encontra-se representada uma placa difusora de gás 1, lado do hidrogénio, de 17mm x 42 mm em que se expõem os canais 3 de difusão do hidrogénio. Na referida figura 1 as referências 2 e 4 representam as ligações do circuito de hidrogénio para a Célula Individual seguinte. A profundidade deste segmento e da área adjacente a este orifício é de 1mm de forma a facilitar o fluxo entre as placas. Podem ainda observar-se o canal 3 do circuito de hidrogénio, cuja profundidade é inferior a 1mm (0,6mm na Figura), e a sua largura é de 1mm, maximizando-se a relação área de contacto / área activa.

Na figura 2 encontra-se representada a placa difusora de gás 1, do lado do ar, de 17mm x 42 mm em que se expõem os canais de difusão do ar 5, com a largura de 1mm. O cruzamento de canais irá permitir uma melhor difusão do ar ventilado, mantendo-se uma relação adequada área de contacto / área activa.

Conforme se pode observar na figura 3 são apresentados todos os componentes duma Célula Individual, i.e:

- placas estruturais 6;
- Placas colectoras de corrente 7;
- Placas difusoras de gás 1 onde se pode distinguir os canais de difusão do ar 5;
- Membrana polimérica 8 de troca catiónica;
- Vedantes adesivos 9;
- Papel carbónico 10;
- Vedantes adesivos 11;
- Ligações terminais 12 do circuito de hidrogénio.

Na figura 4 é apresentada uma Pilha de Combustível a Hidrogénio com cinco Células Individuais integradas, em que aos números correspondem as seguintes características:

Placas difusoras de gás 1, sendo visíveis os canais de difusão do ar 5;

Orifícios 13 para fixação do ventilador;

Placas colectoras de corrente 7;

Placas estruturais 6; e

Ligações terminais 14 do circuito de hidrogénio.

Descrição do sistema

A presente Pilha de Combustível é caracterizada por:

- Placa difusora 1, lado do hidrogénio que constitui, em conjunto com a membrana 8 MEA, uma câmara estanque que permite o funcionamento em fonte de pressão;

- Placa difusora 1, lado do ar com canais de alimentação 5 formando uma rede entrecortada perpendicularmente que permite uma alimentação natural do ar;

- Utilização de um ventilador (não representado) aplicado axialmente sobre a célula ou pilha que permite reforçar o fluxo de alimentação de ar de acordo com os requisitos de funcionamento.

O sistema de alimentação de ar cumpre simultaneamente três funções essenciais ao bom desempenho da pilha:

- Alimentação em oxigénio, reagente primário da reacção electroquímica de produção de electricidade;

- Arrefecimento das membranas;

- Extracção da água formada no lado do ar.

O dispositivo descrito permite uma humedificação permanente das membranas 8 sem ser necessária uma humedificação prévia do hidrogénio, devido ao pronunciado efeito de osmose que se verifica nas membranas. Pode verificar-se a formação de demasiada água no lado do ânodo, pelo que, por vezes, pode ser aconselhável a realização de purgas periódicas para o exterior da Pilha.

O desenho dos canais 3 de difusão do hidrogénio obedece a um princípio de maximização da área reaccional

relativamente à área total da placa (65%), maximização alcançada através da comunicação transversal entre canais (como a alimentação é em fonte de pressão, o fluxo de gás dentro da placa opera-se em todas as direcções) e da determinação da distância de 1 milímetro entre canais. Conseguiu-se alcançar esta maximização sem interferir com a capacidade de recolha de corrente; ademais, a profundidade dos canais de hidrogénio 3 que permite obter melhores resultados é entre 0,5 e 1,5 milímetros, perfeitamente adequada às pressões de funcionamento das células. É no entanto possível desenhar canais de distribuição de hidrogénio com profundidade diferente das anteriormente referidas.

A largura da placa 1 (que corresponde ao comprimento do canal de distribuição do ar 5) é determinada de acordo com a potência e a pressão estática do ventilador utilizado. O objectivo é que a queda de pressão ao longo do canal seja inferior ao valor de pressão estática fornecido pelo ventilador utilizado.

Na solução ora apresentada, pretendendo-se minimizar a potência do ventilador (nomeadamente face a aplicações de pequena potência em que a energia disponível para os sistemas auxiliares é reduzida), tal desígnio traduz-se em geometrias de placas rectangulares com um comprimento várias vezes superior à largura.

O sistema descrito permite um funcionamento da Pilha:

- Sem a complexidade dos sistemas auxiliares que caracterizam as Pilhas actualmente apresentadas no mercado (gestão de temperatura, gestão da extracção da água, gestão da humidificação do hidrogénio e gestão do fornecimento de oxigénio);

- Com um custo energético reduzido à alimentação do ventilador, o que permite que a energia requerida pela própria Pilha seja menos de 5% da energia por ela produzida.

Os testes realizados apresentam resultados da ordem dos 300 mW.cm^{-2} (com picos de potência na ordem de 420 mW.cm^{-2}) com o hidrogénio a ser fornecido a pressões da ordem das décimas de Bar, e com o sistema a funcionar a temperaturas da ordem dos 30° Celsius em virtude da eficiência do sistema de ventilação já referido.

Decorre deste conceito a viabilidade de sistemas portáteis ou sistemas de tracção de pequena potência (sem grandes complexidades de sistemas auxiliares nem largos custos energéticos que o sistema não conseguiria comportar) com maiores eficiências que as tradicionalmente obtidas em sistemas equiparáveis, como por exemplo os sistemas a metanol.

Neste conceito de Pilha, são utilizadas placas difusoras bipolares 1 em que de um lado são desenhados os

canais para a alimentação do hidrogénio 3 e do outro são desenhados canais axiais para a circulação natural do ar 5.

A membrana polimérica MEA 8 forma um conjunto solidário com a placa difusora do lado do hidrogénio por recurso a materiais adesivos 9, sendo que do lado do ar o material é não-adesivo.

Esta concepção permite a fácil desmontagem da Pilha para a substituição de elementos sem afectar o resto da Pilha.

A alimentação do hidrogénio é realizada em serpentina através de todas as células, isto é, o combustível só alcança uma célula depois de ter percorrido a célula anterior (acumulando assim alguma humidade de célula para célula, o que vai melhorar a sua capacidade de atingir os pontos reaccionais). Visto a alimentação ser conduzida em controlo de pressão, e não em controlo de fluxo, o objectivo essencial em cada célula passa a ser, em vez da condução de hidrogénio à superfície da membrana, a reposição do hidrogénio à sua superfície, facilmente obtido através duma distribuição homogénea do gás ao longo de cada placa e ao longo de todas as placas.

No caso em que o circuito de canalização de hidrogénio contenha duas extremidades, de modo a realizar-se uma purga do excesso de água, a alimentação de hidrogénio pode ser feita alternadamente entre as duas

extremidades; esta alternância irá conduzir a uma maior homogeneização e humidificação do gás dentro da Pilha, permitindo ultrapassar o clássico problema do desempenho inferior das placas mais próximas da entrada de combustível.

Um outro aspecto a realçar é de que o sistema apresentado recorre a uma estratégia de purgas periódicas do circuito de alimentação de hidrogénio, e de micro cortes da ligação à carga, como forma de garantir a estabilização da tensão eléctrica fornecida ao longo do tempo. As purgas podem ser realizadas simplesmente através de uma diminuição drástica da pressão numa das extremidades do circuito de alimentação, o que leva à expansão, ao nível microscópico, da água condensada à superfície das membranas.

Comparação entre os sistemas convencionais e o sistema objecto do invento

Os sistemas tradicionais apresentam normalmente placas bipolares nas quais tanto o hidrogénio como o oxigénio/ar são pressurizados, comumente entre 1,5 e 2,5 Bar relativos (acima da pressão atmosférica). O dispositivo apresentado e objecto da invenção permite operar estes gases a baixas pressões, tipicamente a valores inferiores a 0,5 Bar de pressão relativa para o hidrogénio e à pressão atmosférica para o lado do ar, o que torna o próprio sistema mais fiável, funcional e de menor complexidade.

Por outro lado, as pilhas convencionais normalmente têm os canais de hidrogénio e oxigénio interiores sem qualquer contacto com o exterior; Na pilha objecto da invenção, a célula tem igualmente os difusores do hidrogénio interiores sem qualquer contacto com o exterior, mas apresentam o lado do ar directamente em contacto com o ar atmosférico, o que possibilita uma melhor uniformização de temperatura no interior da Célula, uma melhor remoção da água formada no lado do cátodo e um fornecimento de oxidante à pilha mais directo e expedito.

As pilhas tradicionais necessitam normalmente de humidificação e aquecimento do hidrogénio e oxigénio, acarretando acréscimos no volume, preço e exigências energéticas do sistema total. O conceito anteriormente descrito não necessita de nenhum pré-tratamento dos gases exteriores: o hidrogénio entra seco dentro da Pilha e ela própria humidifica o hidrogénio à medida que o aquece, enquanto que o ar entra na Pilha directamente do ambiente.

O fornecimento de hidrogénio das Pilhas convencionais é normalmente fixo, em que os gases entram sempre pela mesma abertura e saem sempre por outra. Na pilha anteriormente descrita, a entrada comuta periodicamente com a saída, de forma a uniformizar a humidade dentro da câmara do hidrogénio.

Todos os outros sistemas tradicionais utilizam compressores para o fornecimento de ar, enquanto o sistema apresentado utiliza ventiladores de elevada performance que

permitem realizar o arejamento sem envolver pressões de vulto nem gastos energéticos consideráveis.

As únicas pilhas que poderão competir com o presente sistema serão eventualmente as Pilhas a metanol.

Considerando os problemas de toxicidade associados ao metanol, uma pilha a metanol tem de ter os seus canais de alimentação de combustível com maior secção de passagem, o que implica um maior volume para a mesma energia produzida. Tenha-se também em atenção que a densidade energética típica produzida por uma Pilha a metanol é bastante inferior ($0,1 \text{ W/cm}^2$) à densidade energética das Células agora apresentadas ($0,3 - 0,4 \text{ W/cm}^2$).

Os sistemas periféricos, ou auxiliares, dos sistemas com Pilhas de Combustível a Hidrogénio da técnica anterior apresentam um consumo energético entre os 15% e os 50% da energia total produzida pela Pilha; o sistema ora apresentado acarretará um valor, para estes sistemas auxiliares, menor que 5% da energia total produzida pela pilha.

Ademais, a temperatura alcançada pelas unidades testadas com o sistema de ventilação desenvolvido não ultrapassa os 40° Celsius, pelo que a sua operação não envolve quaisquer riscos ou inconvenientes (muitas Pilhas de Combustível a Hidrogénio alcançam temperaturas muitos

superiores, na ordem dos 80 a 90° Celsius, pelo que o seu manuseamento se torna muito mais delicado).

A presente invenção permite assim alcançar desempenhos superiores aos obtidos com outras Pilhas de Combustível a Hidrogénio ou com sistemas tradicionais como as baterias e acumuladores eléctricos na gama de potência entre os 5 e os 500 Watt, tornando-a particularmente adequada para a integração em fontes de alimentação eléctrica móveis e / ou portáteis.

Formas de realização preferenciais

Na Pilha de Células de Combustível a Hidrogénio objecto da invenção, cada Célula é composta por (ver Figura 3):

- Uma placa 1 de cobre, grafite ou outro material electricamente condutor, com os canais de distribuição de gás nela maquinados;

- Um vedante adesivo 9;
- Um papel carbónico Torey 10;
- Uma membrana polimérica 8 de troca catiónica;
- Uma outra peça de vedante adesivo;
- Uma peça de acetato ou outro material não adesivo?;
- Uma outra peça de papel carbónico Torey 10.

- Uma placa 1 de metal ou polímero ligante, facilmente difusor de gás e electricamente condutor, maquinada de modo a conter numa das suas faces uma rede de distribuição de hidrogénio; a placa apresentada na Figura 1 contém bem

visíveis os canais 3 que constituem esta rede de distribuição de hidrogénio, e a Figura 2 mostra o lado oposto da placa, evidenciando os canais de distribuição do ar 5.

A este lado da placa ir-se-á apor uma peça vedante 9 adesiva, disponível comercialmente; no sistema ora apresentado, o vedante constitui uma moldura para os componentes centrais da Célula Individual (vide Figura 3), servindo para tornar hermética a rede de condução de combustível; esta peça (9 e 11 da Figura 3) pode ser cortada simplesmente com uma ferramenta de corte de modo a ter a forma desejada.

O papel carbónico (10, Figura 3) utilizado também pode ser adquirido em qualquer fabricante especialista neste domínio, sendo, na montagem do sistema ora apresentado, cortado com uma ferramenta de corte para ter a forma desejada para ser inserido na moldura constituída pelo vedante.

De igual modo, a membrana polimérica 8 de troca catiónica (4, Figura C) é também cortada de forma a ser inserida na moldura anteriormente referida.

É adicionado ao conjunto anterior um outro vedante, que foi previamente cortado com punção de corte de tal forma que os vedantes ficam com a membrana no seu interior.

Nesta fase do processo, uma peça de papel de acetato (ou outro material com o mesmo propósito) é apostado ao vedante de modo a que este não se cole à placa da Célula seguinte.

Finalmente é colocado o outro papel carbónico que é inserido na moldura constituída pelo conjunto vedante/acetato, obtendo-se uma reunião de componentes a que denominamos de célula individual (CI).

Com a reunião de Células Individuais formam-se empilhamentos (Ver Figura 4) que são guiados por parafusos de aperto. No lado do ar é aplicado um polímero elástico junto do furo de passagem do hidrogénio, para tornar o conjunto totalmente estanque.

A Figura 4 apresenta uma Pilha constituída por 5 CI, cada uma com $3,8 \text{ cm}^2$ de área activa, permitindo retirar cerca de 10 W, dos quais, como se referiu, entre 0,5 e 1 W serão para alimentar os sistemas auxiliares. Esta pilha é constituída por duas placas estruturais 6, dois colectores de cobre dourados e por dois parafusos de aperto revestidos com uma manga termo-retráctil. As placas estruturais 6 apresentam dois furos 13 nos quais passam os parafusos de aperto, um outro furo central com uma rosca para parafuso M5 e um furo de 2 milímetros no qual é feita a admissão do hidrogénio. Existe também um canal maquinado nas placas com dois milímetros de largura e três de profundidade, que liga

o furo central com rosca M5 ao furo de admissão do hidrogénio com dois milímetros.

Por fim, refira-se que o desempenho da Pilha de Combustível objecto da invenção pode maximizar-se através do recurso a interrupções diminutas (inferiores a um segundo) de ligação à carga de modo a estabilizar a tensão obtida. Este ponto é particularmente vantajoso quando a Pilha de Combustível não está ligada directamente à aplicação mas quando fornece energia a uma bateria ou acumulador. O sistema híbrido resultante da combinação Pilha de Combustível - Acumulador funcionará então como um único sistema em que o acumulador fornece potência suficiente para aguentar picos de consumo da aplicação final enquanto a Pilha de Combustível fornece a energia que permite ao sistema uma autonomia muito maior.

Como será evidente a peritos da técnica são possíveis várias modificações sem que se saia do âmbito da invenção. A execução anteriormente referida não deve portanto ser considerada limitativa da invenção.

Lisboa, 21 de Dezembro de 2004

REIVINDICAÇÕES

1. Uma pilha de células de combustível a hidrogénio em que o electrólito se encontra no estado sólido e consiste numa membrana polimérica que permite a troca catiónica mas não a electrónica, para a produção de electricidade, somente com o fornecimento de hidrogénio e oxigénio na qual, nos ânodos se processa a dissociação do hidrogénio em protões e electrões, nas membranas, a condução dos protões dos lados dos ânodos para os lados dos cátodos, num circuito externo, a condução electrónica dos ânodos para os cátodos e nos cátodos, a recombinação de protões, electrões e átomos de oxigénio em moléculas de água,

caracterizada por compreender:

uma placa difusora bipolar 1, em que: num dos lados são desenhados canais 3 e 4 para a alimentação do hidrogénio o qual constitui, em conjunto com a membrana polimérica, uma câmara estanque que permite o funcionamento em fonte de pressão sem recirculação do combustível; e no outro lado são desenhados canais axiais 5 para a circulação natural do ar, canais esses que formam uma rede entrecortada perpendicularmente que permite uma alimentação natural do ar;

e por utilizar um ventilador aplicado axialmente sobre a célula ou pilha que permite reforçar o fluxo de alimentação de ar de acordo com os requisitos de funcionamento.

2. Uma pilha de células de combustível a hidrogénio, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por o lado catódico das várias membranas poliméricas estar em contacto directo com o oxigénio atmosférico, o qual é forçado a esse contacto por meio de um sistema de alimentação de ar (ventilador) posicionado axialmente em relação à pilha através dos canais para o efeito desenhados.

3. Uma pilha de células de combustível a hidrogénio, de acordo com a reivindicação 1 e 2, caracterizada por o sistema de alimentação de ar ter como função:

- alimentação em oxigénio, reagente primário da reacção electroquímica de produção de electricidade;
- arrefecimento das membranas;
- extracção da água formada no lado do ar;

4. Uma pilha de células de combustível a hidrogénio, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por os canais 3 de difusão do hidrogénio obedecerem a um princípio de maximização da área reaccional relativamente à área total da placa (superior a 65%), maximização alcançada através da comunicação transversal entre canais tendo em vista que a alimentação se processa em fonte de pressão e que o fluxo de gás dentro da placa opera em todas as direcções e da determinação da distância de 1 milímetro entre canais.

5. Uma pilha de células de combustível a hidrogénio de acordo com a reivindicação 4, caracterizada por os referidos canais terem uma profundidade entre 0,5 e 1,5 milímetro.

6. Uma pilha de células de combustível a hidrogénio, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por permitir uma humedificação permanente das membranas sem ser necessária uma humedificação prévia do hidrogénio devido ao pronunciado efeito de osmose que se verifica nas referidas membranas.

7. Uma pilha de células de combustível a hidrogénio, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por se realizar purgas periódicas para o exterior da pilha para eliminar água que eventualmente se forme no lado do ânodo.

8. Uma pilha de células de combustível a hidrogénio, de acordo com as reivindicações anteriores, caracterizada por as referidas placas apresentarem um formato rectangular em que o seu comprimento é maior que a sua largura, distância esta que corresponde ao comprimento dos canais de fluxo do ar, sendo esta distância determinada para que a queda de pressão dela resultante seja inferior à pressão estática do ventilador utilizado, ventilador cuja potência tem que ser inferior a um décimo da potência produzida pela pilha.

9. Uma pilha de células de combustível a hidrogénio de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por os referidos canais do lado do ar terem um milímetro de largura.

10. Uma pilha de células de combustível a hidrogénio, de acordo com a reivindicação 9, caracterizada por os referidos canais constituírem uma rede entrecortada lateralmente que permita otimizar a área de contacto entre o ar e a membrana e que facilite a distribuição homogénea do gás ao longo da placa.

11. Uma pilha de células de combustível a hidrogénio, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por a canalização de alimentação de hidrogénio possuir somente uma extremidade, numa única célula, por onde o combustível entra, alimentando-se as outras células por uma canalização em serpentina a partir desta primeira célula.

12. Uma pilha de células de combustível a hidrogénio, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por a canalização de alimentação de hidrogénio possuir duas extremidades, uma por onde o hidrogénio entra e outra, na célula mais distante daquela por onde entra o hidrogénio, através da qual se realiza uma purga periódica para a extracção do excesso de água que eventualmente se acumule no lado do ânodo.

13. Uma pilha de células de combustível a hidrogénio, de acordo com a reivindicação 12, caracterizada por a purga ser realizada através de uma simples queda de pressão numa das extremidades do circuito de alimentação, o que conduz à expansão ao nível microscópio da água condensada à superfície das membranas.

14. Uma pilha de células de combustível a hidrogénio, de acordo com a reivindicação 12, caracterizada por as referidas extremidades funcionarem alternada e periodicamente como entrada do hidrogénio e como purga o que conduz a uma maior homogeneização e humidificação do gás dentro da pilha.

15. Uma pilha de células de combustível a hidrogénio, de acordo com as reivindicações anteriores, caracterizada pela existência de micro cortes da ligação à carga, como forma de garantir a estabilização da tensão eléctrica fornecida ao longo do tempo.

16. Uma pilha de células de combustível a hidrogénio, de acordo com as reivindicações anteriores, caracterizada por a construção de conjuntos solidários membrana/eléctrodos/placa difusora de hidrogénio se processar através do uso de materiais adesivos entre a placa difusora de hidrogénio e o conjunto membrana/eléctrodos e de materiais não-adesivos entre o conjunto membrana/eléctrodos e a placa difusora de ar, permitindo uma desmontagem simplificada da Pilha, para

efeitos de manutenção, e a rápida substituição de alguma célula que eventualmente apresente indícios de danificação ou necessidade de manutenção.

Lisboa, 21 de Dezembro de 2004

Fig. 1

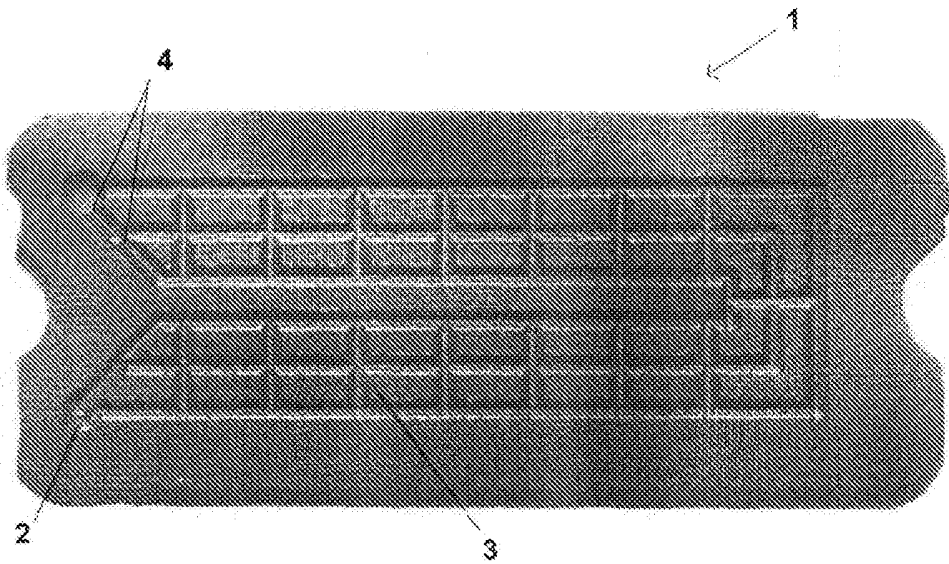
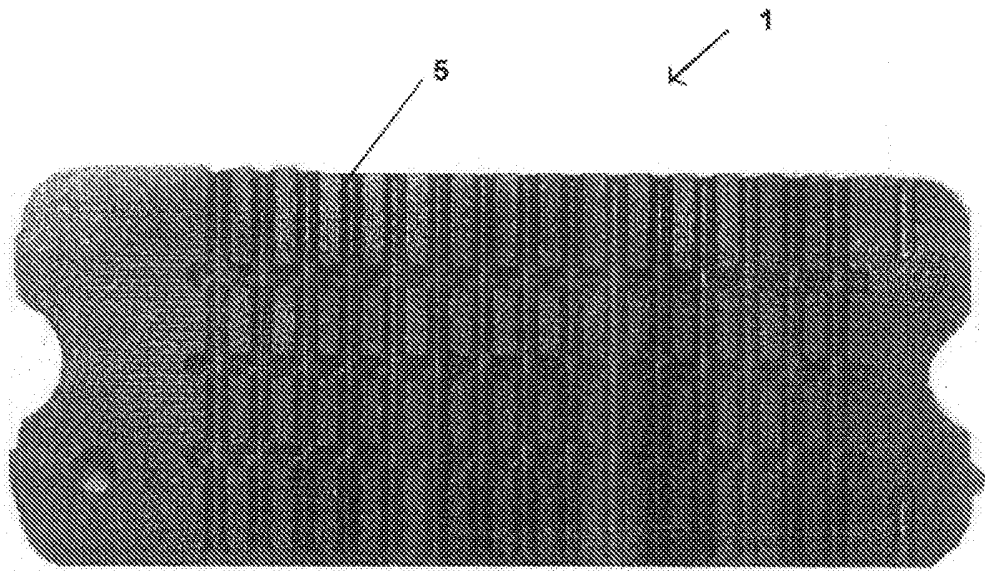


Fig. 2



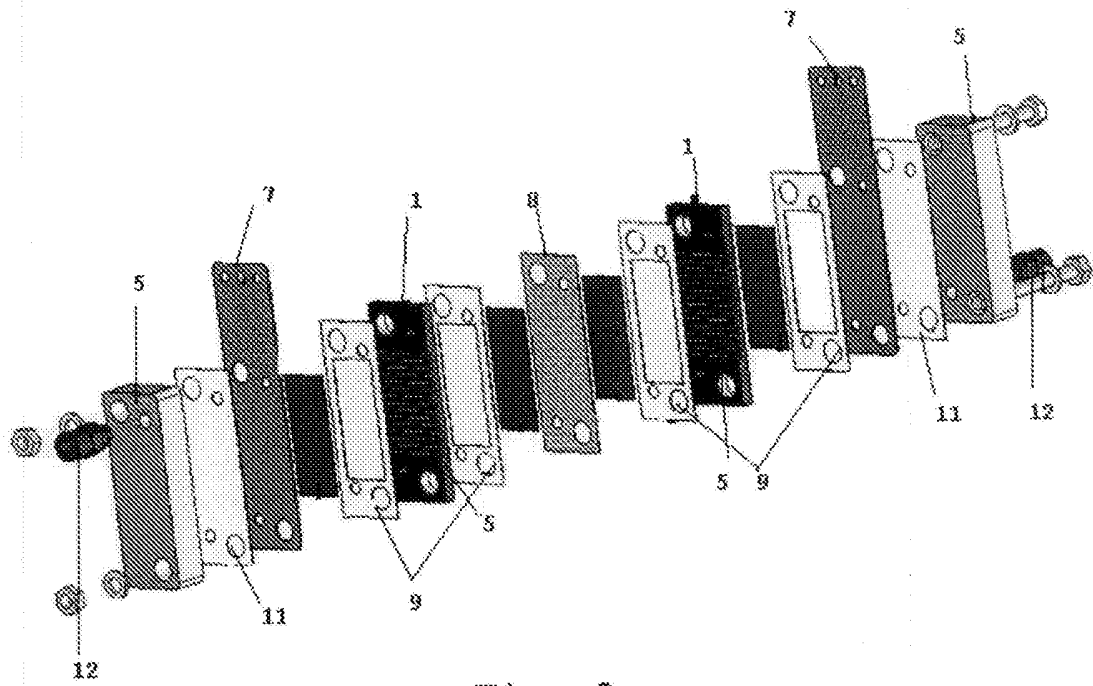


Fig. 2

FIG. 4

