(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 813 053**

(51) Int. CI.:

C25B 13/02 (2006.01)
C25B 13/04 (2006.01)
F16J 15/08 (2006.01)
F16J 15/12 (2006.01)
C25B 9/20 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.02.2018 E 18156083 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.07.2020 EP 3360987**

(54) Título: **Separador de electrolizador y electrolizador equipado con dicho separador**

(30) Prioridad:

14.02.2017 FR 1751195

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.03.2021

(73) Titular/es:

AREVA H2GEN (100.0%)
20 Rue Quentin Bauchart
75008 Paris, FR

(72) Inventor/es:

LARIDANT, FRANÇOIS;
GERNOT, ERIC y
AUPRETRE, FABIEN

(74) Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Separador de electrolizador y electrolizador equipado con dicho separador

La invención concierne a una célula de electrolisis y a un separador para dicha célula.

Para producir industrialmente hidrógeno de manera descentralizada y ecológica, se prefiere la electrolisis del agua al refinado. Los dispositivos electrolizadores actuales comprenden una pluralidad de células electroquímicas alimentadas de agua, y comprendiendo cada una un par de electrodos. Especialmente por razones de coste y de volumen, las células son generalmente planas y están reagrupadas en uno o varios apilamientos, o “stack” en inglés, de modo que dos células superpuestas presentan cada vez un electrodo común.

Para disminuir los costes, relacionados especialmente con la fabricación y con el funcionamiento de los apilamientos, se busca de manera general maximizar el número de células por apilamiento. Aplicando una corriente continua entre el ánodo y el cátodo de cada célula, por medio de un generador cuya tensión de salida puede ser regulable, se provoca la reacción de electrolisis del agua. Se producen así dihidrógeno (H2) y dioxígeno (O_2).

La Solicitante ha propuesto juntas que permiten apilar un gran número de células, por ejemplo hasta 300 células. Las células son capaces de soportar fuerzas de apriete importantes y presiones internas de aproximadamente 45 bares. Dichas juntas son satisfactorias y están descritas por ejemplo en el documento WO 2015/004378.

Cuando tales juntas se utilizan bajo presiones todavía más elevadas y/o con diferencias de presión importantes entre dos compartimientos de una misma célula, pueden aparecer deformaciones. Además, las juntas descritas en el documento WO 2015/004378, montadas por pares en cada célula, requieren un ensamblaje minucioso de la célula so pena de funcionar mal.

La invención pretende mejorar la situación.

La Solicitante propone un separador según la reivindicación 1, para célula de electrolizador, de forma sensiblemente anular y que comprende: una parte periférica que presenta dos caras principales y opuestas una con respecto a la otra, definiendo la distancia que separa las dos caras principales un grosor del separador, y una parte interna que presenta un grosor estrictamente inferior al grosor del separador, siendo la parte periférica y la parte interna de una sola pieza y estando unidas una a la otra formando un resalte anular interno de modo que la parte interna presenta una cara intermedia sensiblemente anular y que se extiende según un plano paralelo a las dos caras principales de la parte periférica y situado entre las dos caras principales.

El separador presenta además las características siguientes:

- la parte interna presenta además una cara de apoyo sensiblemente plana, anular y coplanaria con una de las dos caras principales de la parte periférica,
- el separador comprende un núcleo metálico y una envoltura eléctricamente aislante que recubre al núcleo al menos en las zonas del separador en contacto con un espacio interno de la célula de electrolizador en el estado montado,
- en el núcleo está dispuesta al menos una ranura, que se extiende sensiblemente según la circunferencia del separador, y en al menos una entre las dos caras principales y la cara intermedia, formando la al menos una ranura alojamiento para una línea de estanqueidad en estado montado del separador,
- la envoltura presenta al menos un nervio, que se extiende de sensiblemente según la circunferencia del separador, y que, en el estado de reposo del separador, forma saliente de al menos una entre las dos caras principales y la cara intermedia, formando el al menos un nervio línea de estanqueidad en el estado montado del separador.

Según un segundo aspecto de la invención, la Solicitante propone una célula de electrolisis que comprende dos electrodos sensiblemente planos y paralelos uno al otro, una membrana y una pieza sensiblemente anular que forma el separador entre los dos electrodos según una dirección de apilamiento, delimitando conjuntamente los dos electrodos y el separador un espacio interno de la célula.

El separador comprende una parte periférica que presenta dos caras principales opuestas una con respecto a la otra y en apoyo respectivo contra uno y el otro de los dos electrodos, definiendo la distancia que separa las dos caras principales un grosor de la parte periférica correspondiente al grosor del espacio interno de la célula según la dirección de apilamiento, y una parte interna que presenta un grosor estrictamente inferior al grosor de la parte periférica, siendo la parte periférica y la parte interna de una sola pieza y estando unidas una a la otra formando un resalte anular interno de modo que la parte interna presenta una cara intermedia sensiblemente anular enfrente y a distancia de uno de los dos electrodos, soportando la cara intermedia la membrana de modo que la membrana divide el espacio interno de la célula en dos compartimientos.

Otras características, detalles y ventajas de la invención se pondrán de manifiesto en la lectura de la descripción detallada que sigue, y de los dibujos anejos, en los cuales:

- La figura 1 es una representación esquemática de células de electrolisis del agua en el seno de una pila,
- la figura 2 es una representación esquemática del funcionamiento de una célula de electrolisis según la invención,
- la figura 3 es una vista en despiece ordenado en perspectiva de una célula de electrolisis según la invención,
- la figura 4 es una vista de una cara de un separador según la invención,
- la figura 5 es una vista de la cara opuesta a la cara visible en la figura 4,
- la figura 6 es una vista esquemática del corte VI representado en las figuras 4 y 5,
- la figura 7 es una vista esquemática del corte VII representado en las figuras 4 y 5,
- la figura 8 es una vista esquemática del corte VIII representado en las figuras 4 y 5, y
- la figura 9 es una vista esquemática y parcial del corte de la figura 6 en el estado montado en una célula.

En lo que sigue, los términos “ánodo” y “cátodo” y sus derivados son utilizadas de acuerdo con lo que está representado en las figuras. Sin embargo, las estructuras de electrolizador propuestas pueden funcionar de manera inversa con respecto a lo que está representado. Por ejemplo, invirtiendo la polarización e intercambiando las asignaciones de las entradas y salidas de fluido, el compartimiento anódico puede ser el compartimiento catódico e inversamente. Salvo mención en contrario, los ejemplos de dimensiones dados en lo que sigue son valores nominales en el estado de reposo de las piezas.

Se hace referencia a la figura 1, la cual ilustra el aspecto electroquímico de una pila de electrolizador.

Una pila de electrolizador 1 comprende una pluralidad de células 3 de electrolisis del agua apiladas una sobre otra según una dirección de apilamiento XX. En la figura 1 solo están representadas dos células 3.

Cada célula 3 comprende un par de electrodos 5, 7, una membrana de intercambio protónico 9, o membrana PEM de “proton exchange membrane” en inglés, y una pared externa 10.

Los dos electrodos 5, 7 están formados cada uno por una placa bipolar 4. Una placa bipolar 4 comprende dos caras opuestas una con respecto a la otra. Una primera cara forma un ánodo 5 de una primera célula 3, mientras que una segunda cara forma un cátodo 7 de una segunda célula 3 adyacente a la primera célula 3. Con excepción de los extremos de la pila 1, cada placa bipolar 4 está dispuesta en la interfaz de dos células 3 adyacentes.

Las dos placas bipolares 4 que forman los electrodos 5, 7 de una célula 3 son de forma sensiblemente plana. Los electrodos 5, 7 están instalados de manera sensiblemente paralela uno con respecto al otro y perpendiculares a la dirección de apilamiento XX. Los dos electrodos 5, 7 son, aquí, de estructuras y de composiciones idénticas. En variante, las placas bipolares 4 pueden ser adaptadas dependiendo de su función. Por ejemplo, pueden estar previstos revestimientos para proteger químicamente los electrodos 5, 7 del contenido de los compartimientos anódico y catódico.

La membrana PEM está dispuesta entre los dos electrodos 5, 7 y es sensiblemente paralela a los electrodos 5, 7.

El espacio entre el ánodo 5 y la membrana PEM 9 define un compartimiento anódico 11. El espacio entre el cátodo 7 y la membrana PEM 9 define un compartimiento catódico 13. El compartimiento anódico 11 y el compartimiento catódico 13 contienen cada uno agua. Preferentemente, se utiliza agua ionizada. Por ejemplo, el agua presenta una conductividad inferior a 1 $\mu S.cm^{-2}$.

La pared externa 10 se extiende sensiblemente según la dirección de apilamiento XX y delimita el compartimiento anódico 11 y el compartimiento catódico 13. Una primera entrada de agua 51 está dispuesta a través de la pared externa 10 de manera que desemboca en el compartimiento anódico 11. Una segunda entrada de agua 53 está dispuesta a través de la pared externa 10 de manera que desemboca en el compartimiento catódico 13. Una salida 55 del compartimiento anódico 11 está dispuesta a través de la pared externa 10. La salida 55 del compartimiento anódico 11 toma la forma de un paso adaptado para evacuar agua cargada de dioxígeno (O_2) en forma gaseosa. Una salida 57 del compartimiento catódico 13 está dispuesta a través de la pared externa 10. La salida 57 del compartimiento catódico 13 toma la forma de un paso adaptado para evacuar agua cargada de dihidrógeno (H2) en forma gaseosa.

La aplicación de una tensión eléctrica entre el ánodo 5 y el cátodo 7 alimenta las reacciones de electrolisis. En el compartimiento anódico 11, tiene lugar la reacción (1).

$$2H_2O \rightarrow 4H^+ + 4e^- + O_2 \qquad (1)$$

Los protones (H^+) procedentes de la reacción (1) en el compartimiento anódico 11 migran a través de la membrana PEM 9 hasta el compartimiento catódico 13. En el compartimiento catódico 13, tiene lugar la reacción siguiente.

$$4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2 \qquad (2)$$

Las reacciones (1) y (2) en el seno de la pila de electrolisis 1 son controladas ajustando la corriente continua o la tensión aplicada a los electrodos 5, 7.

El ánodo 5 y el cátodo 7 en los extremos respectivos de la pila de electrolisis 1, están destinados a ser conectados a un generador de corriente continua. Las conexiones eléctricas y la fuente de corriente continua común de las células 3 de la pila 1 no están representadas.

La primera entrada de agua 51, la segunda entrada de agua 53, la salida 55 de dioxígeno (O_2) y la salida 57 de dihidrógeno (H2) de cada célula 3 de la pila 1 pueden ser conectadas fluidicamente a las entradas/salidas homólogas de las otras células 3 de la pila 1. Así, las primeras entradas de agua 51 de la pila 1 son alimentadas por una fuente de agua común, las segundas entradas de agua 53 de la pila 1 son alimentadas por una fuente de agua común, las salidas de dioxígeno (O_2) de la pila 1 están conectadas a un colector común y las salidas de dihidrógeno (H2) de la pila 1 están conectadas a un colector común.

Las segundas entradas de agua 53 mejoran la regulación térmica y limitan el desecamiento de la membrana PEM 9. En variante, las segundas entradas de agua 53 están omitidas en el lado del cátodo 7.

Se hace referencia ahora a la figura 2, la cual ilustra el aspecto mecánico y fluidico de una célula de electrolisis 3. La célula 3 comprende las dos placas bipolares 4, una que forma ánodo 5 mientras que la otra forma cátodo 7, una pieza que forma separador 100, la membrana PEM 9, dos difusores de corriente 15, en lo que sigue difusores 15 y dos colectores de corriente porosos 17, en lo que sigue colectores 17.

El separador 100 es mantenido entre el ánodo 5 y el cátodo 7 según la dirección de apilamiento XX. El ánodo 5, el cátodo 7 y el separador 100 delimitan conjuntamente un espacio interno de la célula 3, en el interior del separador 100. La membrana PEM 9 está dispuesta en el espacio interno de la célula 3 de manera que delimita los compartimientos anódico 11 y catódico 13. Cada uno de los dos compartimientos 11, 13 está ocupado respectivamente por un difusor 15 y un colector 17. Cada compartimiento anódico 11 y compartimiento catódico 13 aloja un difusor 15 en el lado del ánodo 5, respectivamente del cátodo 7, y un colector 17 en el lado de la membrana PEM 9. La membrana PEM 9 queda dispuesta, o cogida en sándwich, entre los dos colectores 17.

En una célula 3, se encuentran por tanto según la dirección de apilamiento XX en el espacio interno y en este orden:

- la placa bipolar 4 que forma ánodo 5,
- el difusor 15 en el compartimiento anódico 11,
- el colector 17 en el compartimiento anódico 11,
- la membrana PEM 9,
- el colector 17 en el compartimiento catódico 13,
- el difusor 15 en el compartimiento catódico 13, y
- la placa bipolar 4 que forma cátodo 7.

El separador 100 es de forma sensiblemente anular de manera que separa el espacio interno del exterior de la célula 3. El separador 100 forma aquí la pared externa 10 de la célula 3. El separador 100 forma además un aislante eléctrico entre el ánodo 5, el cátodo 7 y la membrana PEM 9.

El compartimiento anódico 11 y el compartimiento catódico 13, respectivamente los dos difusores 15, y respectivamente los dos colectores 17, son similares dos a dos pero de dimensiones diferentes. Las dos placas bipolares 4 son idénticas. En variantes, las partes homólogas a una y otra parte de la membrana PEM 9 presentan, además de sus dimensiones, diferencias menores.

En el estado ensamblado de la célula 3, la cara que forma ánodo 5 de la primera placa bipolar 4 y la cara que forma cátodo 7 de la segunda placa bipolar 4 están respectivamente en apoyo a una y otra parte del separador 100 según la dirección de apilamiento XX. El separador 100 mantiene la separación entre las dos placas bipolares 4 según la dirección de apilamiento XX. Aquí, la membrana PEM 9 está en apoyo contra el separador 100 en el lado catódico y en apoyo contra el apilamiento del colector 17, del difusor 15 y del ánodo 5 en el lado anódico. La dirección de apilamiento XX corresponde también a una dirección de apriete y a una dirección de grosor de las placas bipolares 4, del separador 100, de la membrana PEM 9, de los difusores 15 y de los colectores 17.

Las dimensiones de la membrana PEM 9, de los difusores 15 y de los colectores 17 se ajustan de manera que llenen sensiblemente la célula 3. El apriete del separador 100 entre el ánodo 5 y el cátodo 7 asegura la estanqueidad de la célula 3 y los contactos eléctricos entre los difusores 15, los colectores 17 y las placas bipolares 4. El compartimiento anódico 11 y el compartimiento catódico 13 están aislados fluidicamente del exterior de la célula 3.

La primera entrada de agua 51, la segunda entrada de agua 53, la salida 55 de dioxígeno (O_2) y la salida 57 de dihidrógeno (H2) de la célula 3 están unidas respectivamente a un primer canal de alimentación de agua 151, un

segundo canal de alimentación de agua 153, un canal de evacuación de dioxígeno (O_2) 155 y un canal de evacuación de dihidrógeno (H2) 157 común con las otras células 3 de la pila 1 no representadas en la figura 2.

Se hace referencia ahora a la figura 3. En el modo de realización descrito aquí, la membrana PEM 9 presenta una forma de disco. Su diámetro es en este caso de aproximadamente 298 milímetros. Su grosor está comprendido entre aproximadamente 0,05 milímetros y 0,3 milímetros.

Las placas bipolares 4 toman la forma de placas planas generalmente circulares. Las placas bipolares 4 presentan cada una un borde exterior correspondiente a la forma del separador 100. En variante, el borde externo del ánodo 5 y/o el borde externo del cátodo 7 presentan un conector para una conexión a la fuente de corriente. El ánodo 5 y el cátodo 7 están realizados de un material eléctricamente conductor, por ejemplo titanio.

Los difusores 15 son eléctricamente conductores. Los difusores 15 comprenden pasos para los fluidos según una o varias direcciones sensiblemente perpendiculares a la dirección de grosor, es decir perpendiculares a la dirección de apilamiento XX en el estado montado.

En el ejemplo descrito aquí, los difusores 15 toman la forma de rejillas en forma de disco. En variante, los difusores 15 pueden tomar otras formas adaptadas para homogeneizar la circulación de los fluidos en los compartimientos anódico 11 y catódico 13. El diámetro es aquí de aproximadamente 280 milímetros en el compartimiento anódico 11 mientras que es de aproximadamente 265 milímetros en el compartimiento catódico 13. El grosor está comprendido aproximadamente entre 0,9 milímetros y 1,2 milímetros. Los difusores 15 están realizados de un material eléctricamente conductor, por ejemplo a base de titanio. Los difusores 15 toman aquí la forma de rejillas cuya malla está dispuesta para que una circulación de fluido en la dirección del plano principal del difusor 15 sea lo más homogénea posible extendiéndose en las direcciones del plano. Por ejemplo, las mallas forman un rombo de 4,5 milímetros por 2,7 milímetros.

En variante, los difusores 15 pueden ser realizados por medio de un conjunto de canales dispuestos por una parte en el ánodo 5 por otra en el cátodo 7.

En todavía otra variante, el difusor 15 está omitido en el lado del cátodo 7. Esta variante se prefiere cuando las entradas de agua 53 están omitidas y no está prevista la circulación de agua en el compartimiento catódico 13. En este caso especialmente, las dimensiones pueden ser adaptadas. Por ejemplo, los grosores del cátodo pueden ser reducidos.

Los colectores 17 son eléctricamente conductores. Los colectores 17 son finamente porosos de modo que permitan los intercambios de fluidos líquidos y gaseosos a través de los colectores 17 según una o varias direcciones sensiblemente paralelas a su dirección de grosor, es decir paralelas a la dirección de apilamiento XX en el estado montado.

En el ejemplo descrito aquí, los colectores 17 presentan una forma de disco. Su diámetro es aquí de aproximadamente 280 milímetros en el compartimiento anódico 11 mientras que es de aproximadamente 265 milímetros en el compartimiento catódico 13. El grosor está comprendido entre 1,3 milímetros y 1,8 milímetros. En variante, especialmente en ausencia de circulación de agua en el compartimiento catódico 13, los grosores pueden ser inferiores en el lado del cátodo. Los colectores 17 son realizados de un material eléctricamente conductor y permeable a los líquidos, por ejemplo titanio sinterizado y poroso.

Las formas y dimensiones exteriores de los difusores 15 y de los colectores 17 corresponden a las formas y dimensiones interiores del separador 100 en el interior del cual están alojados los difusores 15 y los colectores 17. Está prevista una holgura de montaje para permitir dilataciones de los difusores 15, de los colectores 17 y del separador 100 en funcionamiento. El diámetro de la membrana PEM 9 es inferior al diámetro interior del separador 100 en el lado anódico y superior al diámetro interior del separador 100 en el lado catódico. De esta manera, la membrana PEM 9 queda en apoyo contra el resalte anular interno del separador 100 representado en la figura 2 y el cual se describirá más en detalle en lo que sigue. Las placas bipolares 4 a su vez presentan formas y dimensiones adaptadas para apoyarse contra el separador 100.

En el ejemplo descrito aquí, el ánodo 5, el cátodo 7, los dos difusores 15 y los dos colectores 17 de la célula 3 son en forma general de disco. El separador 100 presenta un contorno generalmente circular correspondiente. Las formas sensiblemente asimétricas facilitan la resistencia a la presión así como una repartición homogénea de los fluidos en las células 3. Las formas circulares siguen siendo opcionales. En variante, el separador 100 puede presentar una forma sensiblemente anular, es decir un contorno cerrado y vaciado en su centro, al tiempo que presente bordes interno y externo no circulares vistos según la dirección de apilamiento XX, por ejemplo rectangulares, cuadrados o cualquier otra forma cerrada adecuada. Asimismo, el ánodo 5, el cátodo 7, los dos difusores 15 y los dos colectores 17 de la célula 3 pueden presentar formas correspondientes a la forma del separador 100 y no circulares. Además, las dimensiones dadas con anterioridad a modo de ejemplo pueden ser adaptadas en función de las aplicaciones deseadas.

En variante, la membrana PEM 9 es reemplazada por una membrana aniónica. En este caso, el electrolito es básico en lugar de ser ácido. Los aniones hidróxidos (HO^-) atraviesan la membrana anódica. Las reacciones químicas en los compartimientos se modifican pero la estructura y el funcionamiento de la pila 1 siguen siendo similares.

Las figuras 4 a 9 representan un modo de realización de un separador 100, que puede ser utilizado en células 3 y una pila 1 tales como las descritas hasta ahora.

Se hace referencia en primer lugar a las figuras 4 y 5. El separador 100 es de una sola pieza y de forma sensiblemente anular. En el ejemplo descrito aquí, el separador 100 presenta una forma de corona sensiblemente plana: la misma se extiende según un plano principal, correspondiente al plano de las figuras 4 y 5 y presenta una dirección de grosor perpendicular al plano principal. En el estado apilado, la dirección de grosor del separador 100 es paralela a la dirección de apilamiento XX. Las secciones del separador 100 presentan, en toda la circunferencia del separador 100, una anchura sensiblemente superior a su grosor.

El separador 100 comprende una parte periférica 101 y una parte interna 103. La parte interna 103 está en saliente de la parte periférica 101 hacia el interior de la forma sensiblemente anular.

La parte periférica 101 presenta una primera cara principal 105 y una segunda cara principal 107 opuestas una con respecto a la otra y que se extienden en la perpendicular a la dirección de grosor del separador 100. La parte interna 103 presenta una cara de apoyo 109. La cara de apoyo 109 es, en este caso, sensiblemente plana, anular y coplanaria con la segunda cara principal 107. La cara de apoyo 109 de la parte interna 103 está sensiblemente en la prolongación de la segunda cara principal 107 de la parte periférica 101. La parte interna 103 presenta una cara intermedia 111 opuesta a la primera cara de apoyo 109. La cara intermedia 111, es en este caso sensiblemente plana, anular y está retirada con respecto a la primera cara principal 105 de la parte periférica 101 según la dirección de grosor. La cara intermedia 111 se extiende según un plano paralelo a la primera cara principal 105 y a la segunda cara principal 107 y entre las dos caras principales 105, 107 de la parte periférica 101. En el estado montado, la cara intermedia 111 define la posición de la frontera entre el compartimiento anódico 11 y el compartimiento catódico 13 y recibe a la membrana PEM 9.

De esta manera, la parte periférica 101 y la parte interna 103 son de una sola pieza y están unidas una a la otra formando un resalte anular interno.

La parte periférica 101 presenta un grosor 200. El grosor 200 está definido por la distancia que separa las dos caras principales 105, 107 de la parte periférica 101. El grosor 200 corresponde sensiblemente al grosor total de separador 100. La parte interna 103 presenta un grosor 201 definido por la distancia que separa la cara de apoyo 109 y la cara intermedia 111. El grosor 201 de la parte interna 103 es estrictamente inferior al grosor 200 de la parte periférica 101. El grosor 201 corresponde sensiblemente el grosor del compartimiento catódico 13. La diferencia entre el grosor 200 de la parte periférica 101 y el grosor 201 de la parte interna 103 corresponde sensiblemente al grosor del compartimiento anódico 11, salvo el grosor de la membrana PEM 9.

La primera cara principal 105 de la parte periférica 101 y la cara intermedia 111 de la parte interna 103 están unidas una a la otra por intermedio de una superficie de empalme 113. La superficie de empalme 113 es anular y sensiblemente cilíndrica. La altura de la superficie de empalme 113 corresponde a la diferencia entre el grosor 200 de la parte periférica 101 y el grosor 201 de la parte interna 103. La superficie de empalme 113 forma una parte anódica de la pared externa 10 de la célula 3 en el estado montado. En este estado, la superficie de empalme 113 delimita el contorno del compartimiento anódico 11 de la célula 3.

El separador 100 presenta además un borde externo 115 y un borde interno 117. El borde externo 115 une la primera cara principal 105 y la segunda cara principal 107 de la parte periférica 101 una a la otra. El borde externo115 forma contorno exterior de la forma anular del separador 100. La altura del borde externo 115 corresponde al grosor 200 de la parte periférica 101. El borde interno 117 una la cara 109 y la cara intermedia 111 de la parte interna 103 una a la otra. El borde interno 117 se extiende en el contorno interior de la forma anular del separador 100. La altura del borde interno 117 corresponde al grosor 201 de la parte interna 103. En este caso, el borde interno 117 presenta un diámetro de aproximadamente 265 milímetros. El borde interno 117 forma una parte catódica de la pared externa 10 de la célula 3 en el estado montado. En el este estado, el borde interno 117 delimita el contorno del compartimiento catódico 13 de la célula 3.

El separador 100 presenta un primer orificio 121, un segundo orificio 123, un tercer orificio 125 y un cuarto orificio 127. Los cuatro orificios 121, 123, 125, 127 son pasantes en la dirección de grosor. El primer orificio 121 y el segundo orificio 123 son sensiblemente opuestos diametralmente uno con respecto al otro en la forma anular del separador 100. El tercer orificio 125 y el cuarto orificio 127 son sensiblemente opuestos diametralmente uno con respecto al otro en la forma anular del separador 100. Los cuatro orificios 121, 123, 125, 127 presentan cada uno un contorno cerrado, en este caso circular. En funcionamiento, los cuatro orificios 121, 123, 125, 127 permiten la circulación de un fluido según la dirección de grosor a través del separador 100. En el estado montado del separador 100, los cuatro orificios 121, 123, 125, 127 forman porciones respectivamente del primer canal de alimentación de de agua 151, del segundo

canal de alimentación de agua 153, del canal de evacuación de dioxígeno (O_2) 155 y del canal de evacuación de dihidrógeno (H2) 157 de la pila 1.

En continuidad con el orificio 121, respectivamente 123, 125 y 127, el separador 100 comprende un paso 131, respectivamente 133, 135 y 137. El paso 131, respectivamente 133, 135 y 137, se extiende entre el orificio 121, respectivamente 123, 125 y 127, y el espacio interno del separador 100, en este caso sensiblemente según una dirección radial. En funcionamiento, los fluidos pasan entre el canal 151, respectivamente 153, 155 y 157, y el espacio interior de la célula 3 a través de paso 131, respectivamente 133, 135 y 137. Así, en funcionamiento, el paso 131, respectivamente 133, 135 y 137, forma la primera entrada de agua 51 en el compartimiento anódico 11, respectivamente la segunda entrada de agua 53 en el compartimiento catódico 13, respectivamente la salida 55 de dioxígeno (O_2) desde el compartimiento anódico 11, respectivamente la salida 57 de dihidrógeno (H2) desde el compartimiento catódico 13. En este caso, el paso 131, respectivamente 133, 135 y 137, desemboca en el difusor 15.

En este caso, los pasos 131, 133, 135, 137 toman la forma de ranuras dispuestas en una de las dos caras principales 105, 107, por ejemplo realizadas por retirada de material. Los pasos 131 y 135 están dispuestos en el lado del ánodo, o sea en la primera cara principal 105 en el ejemplo de las figuras 4 y 5, mientras que los pasos 133 y 137 están dispuestos en el lado de cátodo, o sea en la segunda cara principal 107 en los ejemplos de las figuras 4 y 5. En este caso, los bordes de los pasos 131 y 135 en el lado anódico son acampanados. Esto mejora la homogeneidad de la circulación de fluido en el compartimiento anódico 11. Los bordes de los pasos 133, 137 en el lado catódico son rectos. En variante, los bordes en el lado anódico son rectos y/o los bordes en el lado catódico son acampanados

En el modo de realización descrito aquí, los cuatro orificios 121, 123, 125, 127 y su paso 131, 133, 135, 137 respectivo están reagrupados dos a dos en la circunferencia del separador 100. Los canales 151, 153, 155, 157 para los fluidos en un estado ensamblado del separador 100 están así próximos dos a dos, lo que reduce el volumen de la pila 1. Disponiendo la pila 1 de manera que la dirección de apilamiento XX sea sensiblemente horizontal, las entradas 51 y 53 pueden estar dispuestas en la parte inferior mientras que las salidas 55 y 57 pueden estar dispuestas en la parte superior. La evacuación de los gases por las salidas 55 y 57 es facilitada por el efecto del empuje de Arquímedes. Esta disposición sigue siendo opcional: los orificios pueden estar repartidos de modo diferente en el separador 100.

El separador 100 presenta en su circunferencia:

- dos porciones corrientes, desprovistas de orificio, a la izquierda y a la derecha en las figuras 4 y 5, y
- dos porciones de comunicación, en las cuales están dispuestos los cuatro orificios 121, 123, 125, 127, arriba y abajo en las figuras 4 y 5.

Las porciones de comunicación son más anchas que las porciones corrientes. En las porciones de comunicación, el borde externo 115 toma de la forma de dos arcos de círculo de aproximadamente 400 milímetros de diámetro. En las porciones corrientes, el borde externo 115 toma la forma de dos arcos de círculo de aproximadamente 320 milímetros de diámetro. Las porciones de comunicación y corrientes están unidas una a otra de manera sensiblemente continua. Además, el borde externo 115 presenta una muesca 129 en cada una de las dos porciones de comunicación. Las muescas 129 presentan, en este caso, una forma de semicírculo y están dispuestas de manera que cooperan con una guía de una pila 1. Las muescas 129 facilitan el posicionamiento de los separadores 100 en el trascurso del montaje de la pila 1 y mejoran su sujeción por una estructura externa. En variante, están previstos otros medios de guía y de fijación.

En el ejemplo descrito aquí, el separador 100 comprende un núcleo y una envoltura que recubre el menos en parte al núcleo.

El núcleo es realizado a base de metal, por ejemplo de acero inoxidable. La envoltura presenta aquí, una composición a base de etlieno-dieno monómero (EPDM). La composición de la envoltura presenta una elasticidad superior que la composición del núcleo. El EPDM utilizado aquí permite definir propiedades mecánicas, y en particular la resistencia a temperaturas extremas, mejoradas con respecto a otros elastómeros. La utilización de EPDM en lugar de otros elastómeros sigue siendo opcional. Por ejemplo, se pueden utilizar fluoropolímeros (FKM), siliconas (VMQ), etilenos-acetatos de vinilo (EVA y EVM) y polietilenos clorados (CM) en función de las aplicaciones deseadas. En el ejemplo descrito aquí, la envoltura está adherida al núcleo. El separador 100 es obtenido por inyección del material constituyente de la envoltura en contacto con el núcleo.

La envoltura está presente al menos en cada una de las superficies del núcleo que deben estar aisladas eléctricamente en funcionamiento. La envoltura, eléctricamente aislante, recubre el núcleo al menos en las zonas del separador 100 en contacto con el espacio interno de la célula 3 en el estado montado. La degradación química del núcleo por los fluidos de la célula 3 es limitada. En el ejemplo representado en las figuras 4 a 8, la envoltura recubre el núcleo, de manera continua, y en todas las superficies con excepción del borde externo 115 y de zonas de la primera cara principal 105 y de la segunda cara principal 107 situadas a lo largo del borde externo 115 y de las muescas 129.

Las superficies no revestidas del núcleo permiten facilitar la fabricación de separador 100, economizar material y guiar y alinear con precisión las piezas durante el montaje de la pila 1.

La célula 3 comprende además juntas dispuestas de manera que impidan las fugas de fluidos entre las piezas que forman la célula 3. En el ejemplo descrito aquí, las juntas, o líneas de estanqueidad, están formadas por nervios, o sobregrosores locales, formados en la envoltura 163. Así, el separador 100, de una sola pieza, asegura a la vez una función estructural al delimitar los compartimientos 11, 13 de la célula 3, una función de aislamiento eléctrico y una función de estanqueidad. La adición de piezas suplementarias de estanqueidad es superflua. En variante, al menos algunas de las juntas están formadas por piezas distintas del separador 100. Por ejemplo, piezas deformables a base de elastómero de tipo junquillo o burlete están dispuestas entre piezas sensiblemente indeformables. Dicho de otro modo, al menos algunos de los nervios representados en las figuras pueden ser reemplazados por juntas que no formen una misma pieza con el separador 100.

En las figuras 4 y 5, las juntas están representadas en trazos gruesos. En el ejemplo descrito aquí, el separador 100 comprende:

- una línea de estanqueidad anódica 205 que se extiende sobre la primera cara principal 105 y que define un contorno continuo y cerrado que rodea a la vez la superficie de empalme 113, el orificio 121 y el orificio 125;
- una línea de estanqueidad catódica 207 que se extiende sobre la segunda cara principal 107 y que define un contorno continuo y cerrado que rodea a la vez el borde interno 117, el orificio 123 y el orificio 127,
- una línea de estanqueidad intermedia 209 que se extiende sobre la cara intermedia 111 y que define un contorno continuo y cerrado que rodea el borde interno 117;
- líneas de estanqueidad de contorno de orificio 223 y 227 que se extienden sobre la primera cara principal 105 y que definen un contorno continuo y cerrado que rodea respectivamente el orificio 123 y el orificio 127,
- líneas de estanqueidad de contorno de orificio 221 y 225 que se extienden sobre la segunda cara principal 107 y que definen un contorno continuo y cerrado que rodea respectivamente el orificio 121 y el orificio 125.

En el estado montado del separador 100, la línea de estanqueidad anódica 205 está dispuesta entre la primera cara principal 105 y el ánodo 5 según la dirección de apilamiento XX asegurando la estanqueidad del compartimiento anódico 11 con respecto al exterior. La comunicación fluidica es preservada sensiblemente según una dirección radial entre el compartimiento anódico 11 y el orificio 121, respectivamente el orificio 125, a través del paso 131, respectivamente el paso 135. La línea de estanqueidad catódica 207 está dispuesta entre la segunda cara principal 107 y el cátodo 7 según la dirección de apilamiento XX asegurando la estanqueidad del compartimiento catódico 13 con respecto al exterior. La comunicación fluidica es preservada sensiblemente según una dirección radial entre el compartimiento catódico 13 y el orificio 123, respectivamente orificio 127, a través del paso 133, respectivamente el paso 137. La línea de estanqueidad intermedia 209 está dispuesta entre la cara intermedia 111 y la membrana PEM 9 según la dirección de apilamiento XX asegurando la estanqueidad fluidica del compartimiento anódico 11 y del compartimiento catódico 13 uno con respecto al otro.

Las líneas de estanqueidad de contorno de orificio 223 y 227 están dispuestas entre la primera cara principal 105 y el ánodo 5 mientras que las líneas de estanqueidad de contorno de orificio 221 y 225 están dispuestas entre la segunda cara principal 107 y el cátodo 7. La línea de estanqueidad de contorno de orificio 221, respectivamente 223, 225 y 227, asegura la estanqueidad con respecto al exterior del canal 151, respectivamente 153, 155 y 157, formado por alineación de los orificios 121, respectivamente 123, 125 y 127, de cada una de las células 3 de una pila 1. Como aparece en las figuras, la línea de estanqueidad anódica 205 se confunde localmente con las líneas de estanqueidad de contorno de orificio 223 y 227 mientras que la línea de estanqueidad catódica 207 se confunde localmente con las líneas de estanqueidad de contorno de orificio 221 y 225.

Como aparece en las figuras 6 a 9, cada nervio conformado en la envoltura está alojado en parte en una ranura correspondiente dispuesta en el núcleo. En el ejemplo descrito aquí, cada uno de los nervios presenta una sección en forma sensiblemente simétrica, en este caso semicircular. En variante, son puestas en práctica otras formas. Las ranuras pueden presentar por ejemplo una sección redondeada. Los nervios pueden presentar secciones sensiblemente cuadradas, rectangulares, trapezoidales, o también puntiagudas o desmochadas, o incluso asimétricas.

En reposo, los nervios sobresalen de la primera cara principal 105, respectivamente de la segunda cara principal 107, de la cara de apoyo 109 y de la cara intermedia 111. En el estado apretado de la pila 1, tal como está representado por ejemplo en la figura 9, los nervios quedan comprimidos según la dirección de apilamiento XX y presentan una expansión sensiblemente en las direcciones perpendiculares a la dirección de apilamiento XX, aquí en las ranuras dispuestas en el núcleo. Por efecto del retorno elástico, los nervios se aplican contra las piezas situadas enfrente y aseguran así las estanqueidades. En variante, la presencia de ranuras es combinada con juntas distintas del separador 100. Las ranuras reducen los riesgos de que las líneas de estanqueidad estén mal posicionadas o deterioradas. En el ejemplo descrito aquí, en el estado en servicio y por tanto en el estado comprimido de los nervios, la altura de un nervio se reduce un 10% a un 40% con respecto a la altura en reposo de este mismo nervio Además, las dimensiones de las ranuras son seleccionadas de modo que la porción del volumen de las ranuras dispuestas en el núcleo ocupado por el material de los nervios sea inferior al 90%.

En el ejemplo descrito aquí, la envoltura presenta un grosor sensiblemente homogéneo alrededor del núcleo con excepción de los nervios que forman sobregrosores locales de la envoltura. En el ejemplo descrito aquí, el grosor de

la envoltura fuera de las zonas de excepción es superior a 0,3 milímetros. Además de los nervios, la parte de la envoltura que recubre el núcleo en el borde interno 117 constituye también una excepción a la homogeneidad del grosor. La parte de la envoltura que recubre el borde interno 117 presenta así un grosor superior al de la envoltura en las otras zonas del separador 100. Esta diferencia de grosor resulta de la operación de moldeo por inyección de la envoltura. En variante, este sobregrosor está omitido.

En el estado apretado según la dirección de apilamiento XX el compartimiento anódico 11 y el compartimiento catódico 13 pueden estar sometidos a presiones de funcionamiento diferentes. En el ejemplo descrito aquí, el compartimiento anódico 11 funciona a una presión estática sensiblemente inferior a la del compartimiento catódico 13. Así, la diferencia de presión participa en un apriete suficiente de la membrana PEM 9 contra el colector 17 dispuesto en el compartimiento anódico 11. Dicho de otro modo, la membrana PEM 9 se mantiene plana y de manera sensiblemente homogénea en toda su superficie contra el colector 17 anódico. La estanqueidad resulta reforzada. La membrana PEM 9 es poco o nada solicitada a tracción. Los riesgos de deformación por tracción y/o cizalladura de la membrana PEM 9 son reducidos. La integridad de la membrana PEM 9 queda preservada. A presiones de funcionamiento equivalentes a aquéllas de las pilas conocidas, puede utilizarse una membrana PEM 9 de menor grosor, lo que mejora la eficacia energética de la célula 3 y reduce el coste de la membrana PEM 9.

El apriete de la membrana PEM 9 contra la línea de estanqueidad intermedia 209 está asegurado por el apriete de la placa bipolar 4 que forma ánodo 5 hacia el separador 100 según la dirección de apilamiento XX y por intermedio del difusor 15 y del colector 17 en el lado anódico.

En comparación con los ensamblajes existentes en los cuales la membrana PEM queda pinzada en su periferia entre dos piezas similares, por ejemplo las descritas en el documento WO 2015/004378, los ensamblajes descritos aquí requieren umbrales de apriete inferiores para funcionar. Tales ensamblajes presentan mayores tolerancias en los grosores de los difusores 15 y de los colectores 17. Para una superficie útil en los intercambios electroquímicos de la membrana PEM 9 equivalente a la de las pilas conocidas, la superficie total de la membrana PEM 9 es aquí reducida.

Se han realizado ensayos con las juntas representadas en las figuras. Pilas que comprenden al menos 100 células, incluso al menos 150 células, 200 células o aún 300 células resisten en prueba presiones de aproximadamente 100 bares en el compartimiento anódico para aproximadamente 60 bares en el compartimiento catódico y esto bajo un apriete según la dirección de apilamiento XX de aproximadamente 1 000 daN a 3 000 daN. La diferencia de presión en prueba entre los dos compartimientos era por tanto de 40 bares. En servicio, está prevista una diferencia de 30 bares entre los dos compartimientos (75 bares y 45 bares en uno el otro de los compartimientos).

La invención no se limita a los ejemplos de separadores, de células y de pilas descrito anteriormente, solo a modo de ejemplos, sino que engloba todas las variantes que podrá considerar el experto en la materia en el marco de las reivindicaciones que siguen. Especialmente, los ejemplos de dimensiones nominales podrán ser adaptados en función de las aplicaciones previstas.

REIVINDICACIONES

1. Separador (100) para célula (3) de electrolizador, de forma sensiblemente anular y que comprende:

una parte periférica (101) que presenta dos caras principales (105, 107) paralelas y opuestas una con respecto a la otra, definiendo la distancia que separa las dos caras principales (105, 107) un grosor (200) del separador (100), y
una parte interna (103) que presenta un grosor (201) estrictamente inferior al grosor (200) del separador (100), siendo la parte periférica (101) y la parte interna (103) de una sola pieza y estando unidas una a la otra formando un resalte anular interno de modo que la parte interna (103) presenta una cara intermedia (111) sensiblemente anular y que se extiende según un plano paralelo a las dos caras principales (105, 107) de la parte periférica (101) y situado entre las dos caras principales (105, 107), **caracterizado por que**:

el separador (100) comprende un núcleo metálico y una envoltura eléctricamente aislante que recubre el núcleo al menos en la zona del separador (100) en contacto con un espacio interno de la célula (3) del electrolizador en el estado montado
en el núcleo está dispuesta al menos una ranura, que se extiende sensiblemente según la circunferencia del separador (100), y al menos en una entre las dos caras principales (105, 107) y la cara intermedia (111), formando la al menos una ranura alojamiento para una línea de estanqueidad (205, 207, 209) en el estado montado del separador (100),
y la envoltura presenta al menos un nervio, que se extiende sensiblemente según la circunferencia del separador (100), y que forma saliente, en el estado de reposo del separador (100), de al menos una entre las dos caras principales (105, 107) y la cara intermedia (111), formando el al menos un nervio línea de estanqueidad (205, 207, 209) en el estado montado del separador (100),
estando cada nervio alojado en parte en una ranura correspondiente.

2. Separador (100) según la reivindicación 1, en el cual la parte interna (103) presenta además una cara de apoyo (109) sensiblemente plana, anular y coplanaria con una (107) de las dos caras principales (105, 107) de la parte periférica (101).

3. Célula (3) de electrolisis que comprende dos electrodos (5, 7) sensiblemente planos y paralelos uno con respecto al otro, una membrana (9) y un separador (100) entre los dos electrodos (5, 7) según la dirección de apilamiento (XX), siendo el separador (100) según una de las reivindicaciones 1 ó 2,
delimitando conjuntamente los dos electrodos (5, 7) y el separador (100) un espacio interno de la célula (3), estando las dos caras principales (105, 107) del separador (100) en apoyo respectivo contra uno y otro de los dos electrodos (5, 7), correspondiendo el grosor (200) del separador (100) al grosor del espacio interno de la célula (3) según la dirección de apilamiento (XX),
estando la cara intermedia (111) del separador (100) enfrente y a distancia de uno (7) de los dos electrodos (5, 7), soportando la cara intermedia (111) la membrana (9) de modo que la membrana (9) divide el espacio interno de la célula (3) en dos compartimientos (11, 13).

Fig. 1

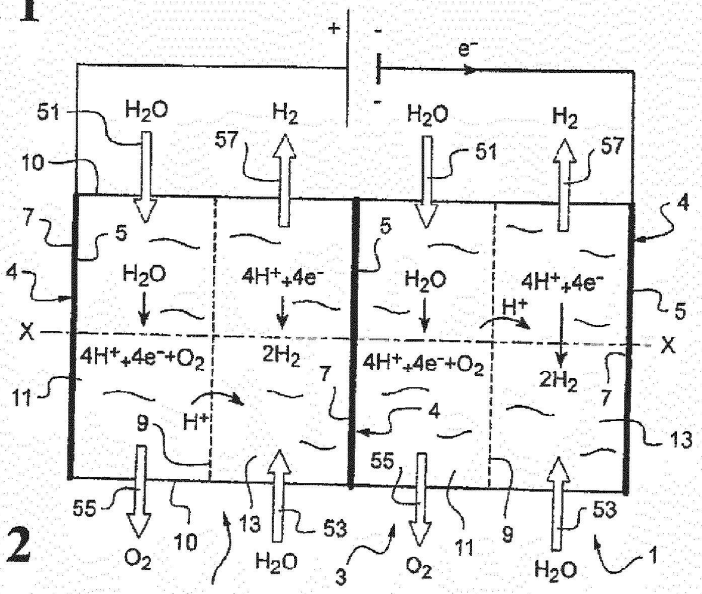
+
-
e⁻
51
H2O
H2
57
10
7
5
4
X
4H⁺+4e⁻+O2
2H2
11
9
H⁺
4H⁺+4e⁻
55
13
53
O2
3
1

Fig. 2

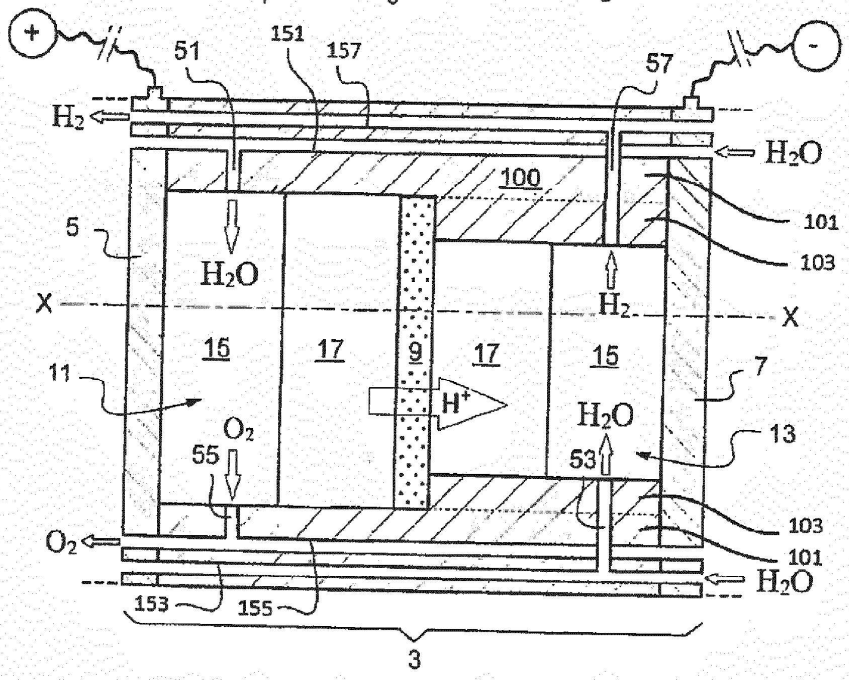
+
-
51
151
157
57
H2
H2O
100
101
103
5
X
15
17
9
H⁺
11
O2
55
53
7
13
153
155
3

Fig.3

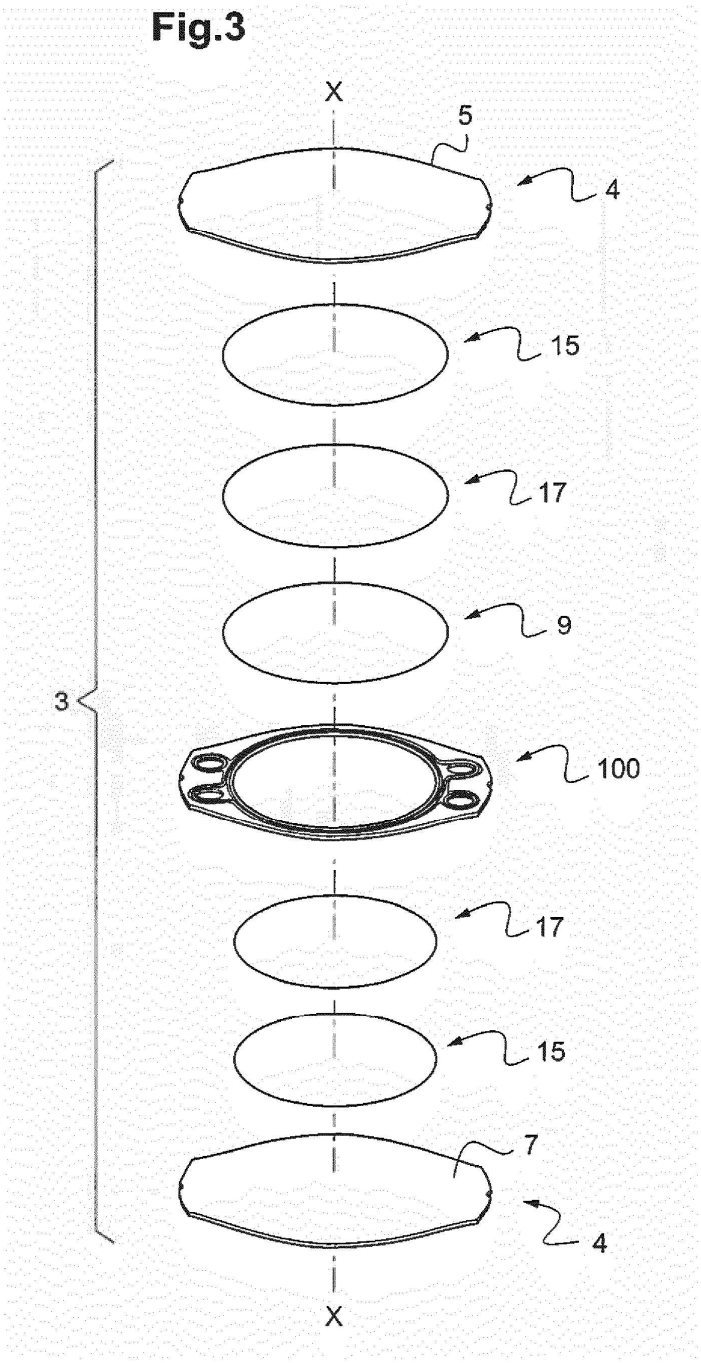

Fig.4

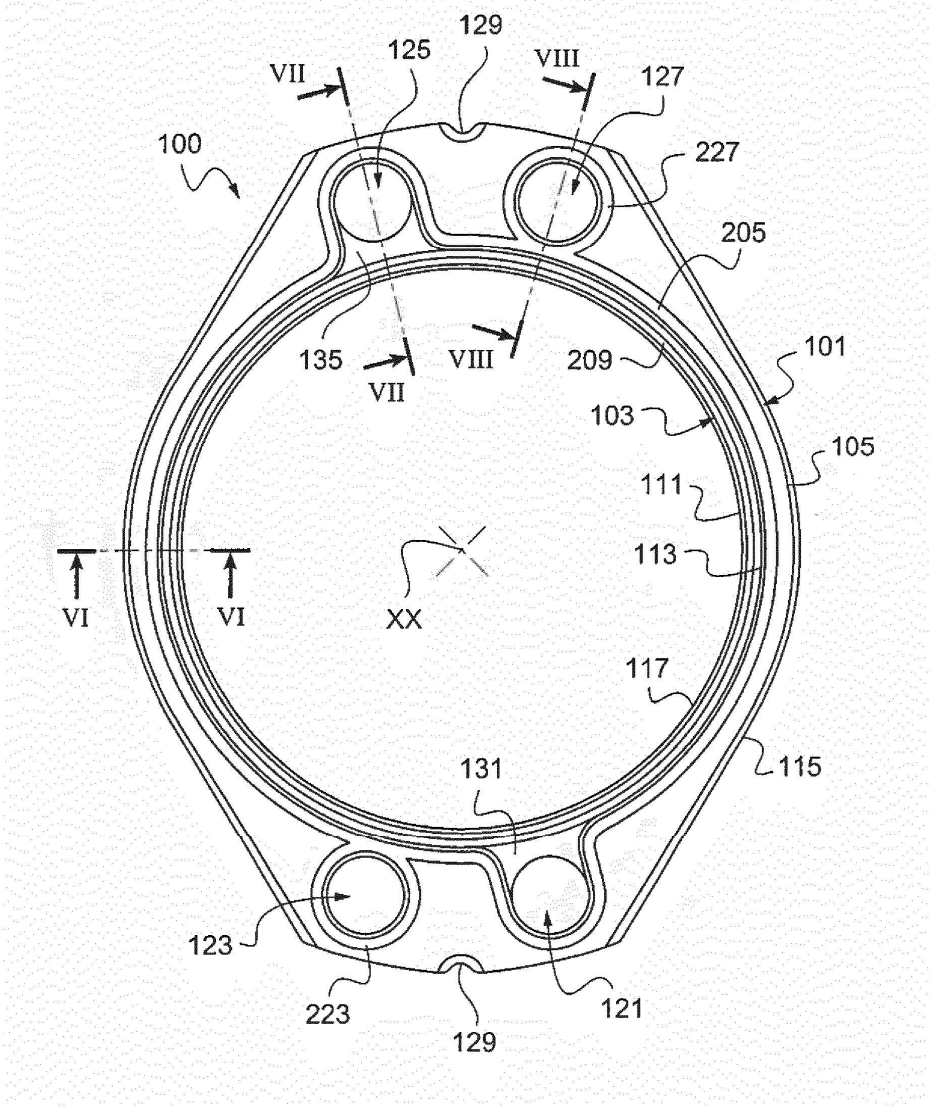
129
125
VII
VIII
127
100
227
205
135
VII
VIII
209
101
103
105
111
113
VI
VI
XX
117
115
131
123
223
129
121

Fig.5

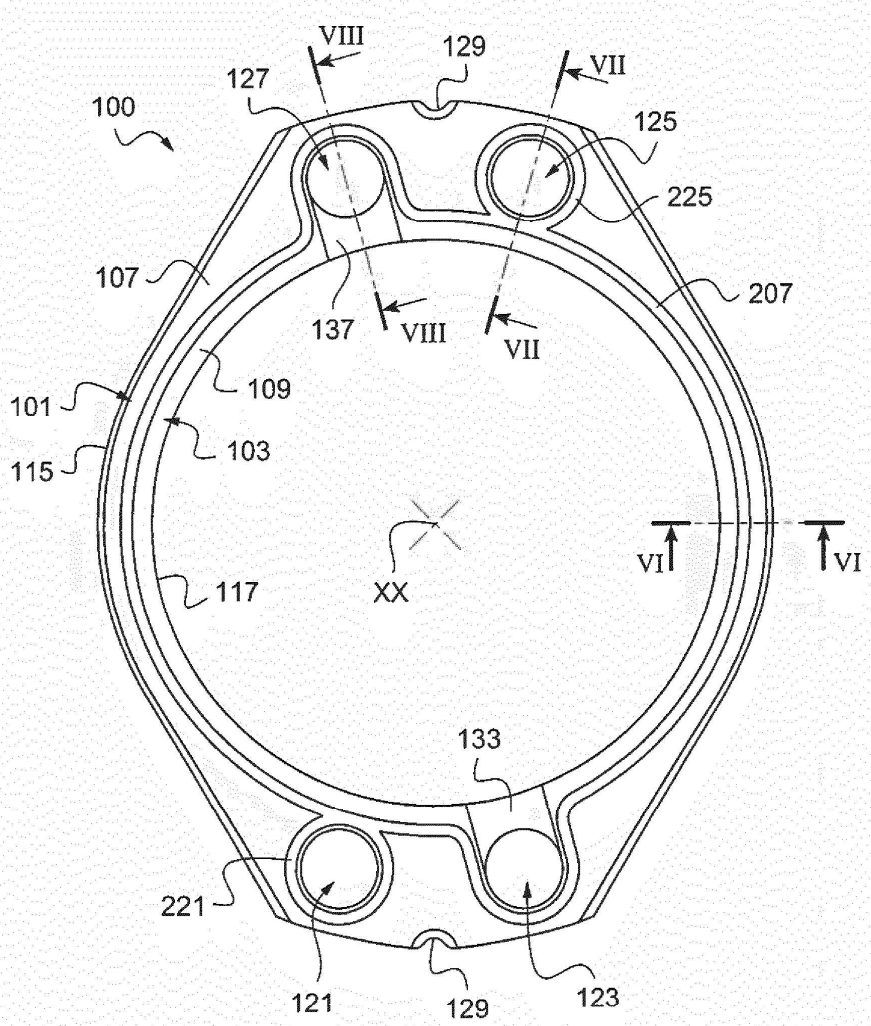
VIII
129
VII
127
100
125
225
107
207
137
VIII
VII
109
101
103
115
VI
VI
117
XX
133
221
121
129
123

Fig.6

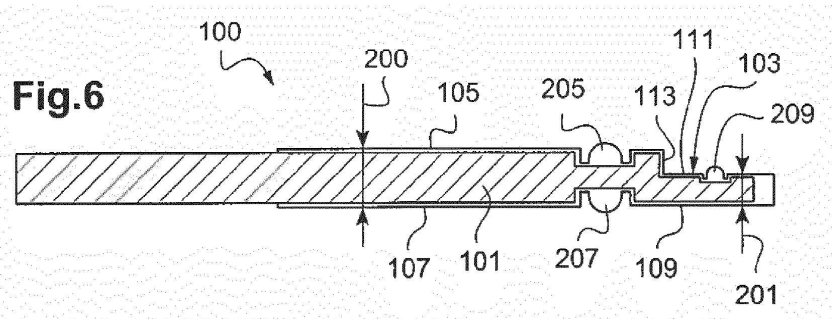

Fig.7

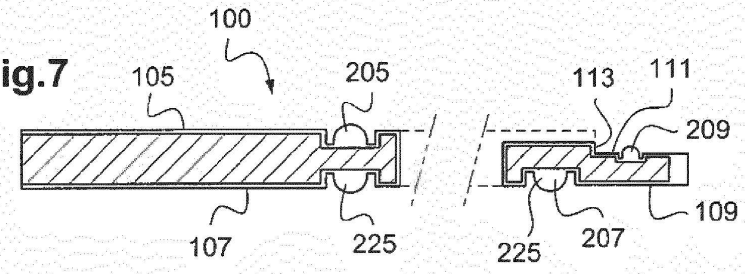

Fig.8

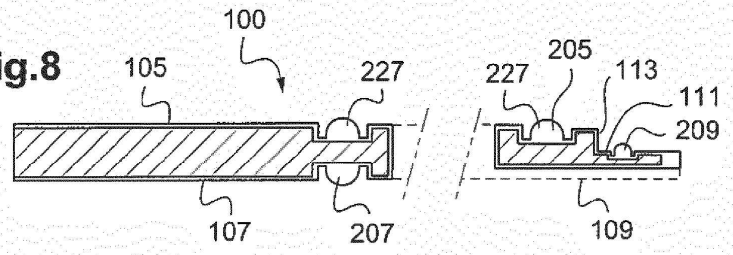
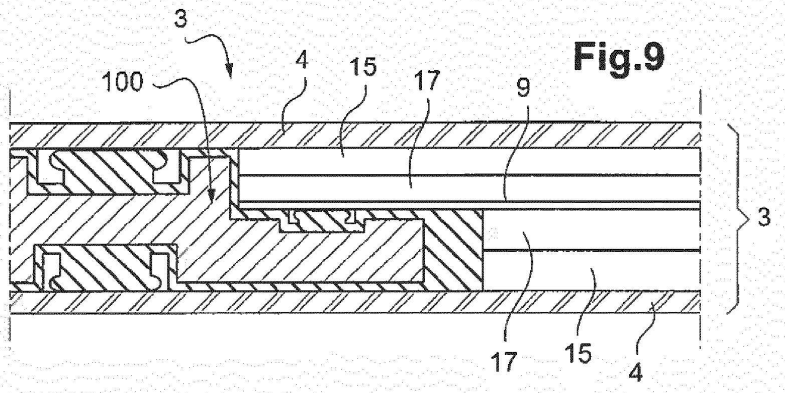
Fig.9