

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 927 767**

51 Int. Cl.:

C25B 1/04 (2011.01)
C25B 9/05 (2011.01)
C25B 9/65 (2011.01)
C25B 9/77 (2011.01)
C25B 11/03 (2011.01)
H01M 8/0247 (2006.01)
H01M 8/0263 (2006.01)
H01M 8/2432 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.09.2019** **E 19199867 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.07.2022** **EP 3770303**

54 Título: **Unidad de empaquetado de electrodos para un conjunto de pila de un reactor electroquímico**

30 Prioridad:

26.07.2019 EP 19188710

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.11.2022

73 Titular/es:

**ZENTRUM FÜR SONNENENERGIE- UND
WASSERSTOFF-FORSCHUNG BADEN-
WÜRTTEMBERG (100.0%)
Meitnerstraße 1
70563 Stuttgart, DE**

72 Inventor/es:

**BRINNER, ANDREAS;
LENZ, ULLI;
KINDL, VERENA y
KOLB, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

TOMAS GIL, Tesifonte Enrique

ES 2 927 767 T3

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

Unidad de empaquetado de electrodos para un conjunto de pila de un reactor electroquímico

[0001] La invención se refiere a una unidad de empaquetado de electrodos según el preámbulo de la reivindicación 1. Dicha unidad de empaquetado de electrodos es adecuada para un conjunto de pila de un reactor electroquímico y comprende una placa bipolar estanca al fluido, una primera placa de electrodos y una segunda placa de electrodos dispuestas cada una en relación espaciada en lados enfrentados de la placa bipolar, y una primera estructura de transmisión de corriente entre la placa bipolar y la primera placa de electrodos y una segunda estructura de transmisión de corriente entre la placa bipolar y la segunda placa de electrodos.

[0002] Las unidades de empaquetado de electrodos de este tipo se utilizan, por ejemplo, en conjuntos de pilas de bloques de reactores de electrólisis, por ejemplo, para la electrólisis de agua alcalina atmosférica o bajo presión, y de reactores de pilas de combustible. En estos diseños de reactores, también conocidos como diseños de pila, los componentes individuales se apilan unos encima de otros o unos contra otros para formar una pluralidad de células de reactores acoplados eléctricamente, es decir, células de electrólisis o células de combustible. Entre estos componentes se encuentran, en particular, las membranas de las celdas, las placas bipolares, las superficies de los electrodos que actúan como ánodo o cátodo y que están formadas por placas de electrodos, las estructuras de transmisión de corriente entre la placa bipolar, por un lado, y una placa de electrodos adyacente, por otro, los marcos de las celdas sobre los que se sujetan los componentes en forma de placa en los bordes, las juntas circunferenciales y los anillos de presión de fijación. Los conjuntos de bloques utilizados en la práctica suelen consistir en disposiciones de celdas idénticas y apiladas, con entre 5 y 350 celdas aproximadamente. En las patentes US 4.124.478, US 4.339.324, US 4.758.322, US 6.117.287, US 6.555.267 B1 y EP 2.898.115 B1, así como en las patentes US 2002/0110719 A1, US 2002/0175072 A1, US 2010/0136455 A1, US 2010/0187102 A1, DE 1.643.042, DE 27.29.640 A1 y DE 102.59.386 A1, se describen diversas configuraciones de apilamiento para estos reactores electroquímicos.

[0003] En una pila de bloques de este tipo, una membrana, una placa de electrodos, una estructura de transmisión de corriente, una placa bipolar, otra estructura de transmisión de corriente, otra placa de electrodos y, a continuación, una membrana de nuevo, se sitúan sucesivamente en la dirección de apilamiento en una disposición repetida. La secuencia de apilamiento de la placa de electrodos, la estructura de transmisión de corriente, la placa bipolar, la estructura de transmisión de corriente y la placa de electrodos, que se encuentra entre dos membranas cada una, se denomina en el presente documento como una unidad de empaquetado de electrodos. En las realizaciones correspondientes, esta unidad de empaquetado de electrodos se premonta como una unidad de construcción independiente, por lo que una unidad de empaquetado de electrodos y una unidad de membrana que contiene la membrana se apilan alternativamente entre sí para la construcción de la pila del reactor. Sin embargo, un premontaje de este tipo no es obligatorio para la invención, y la unidad de empaquetado de electrodos aquí considerada también puede formarse sin premontaje en las correspondientes realizaciones alternativas, es decir, sólo cuando se forma la pila de bloques.

[0004] La placa bipolar está diseñada para ser hermética y separar los fluidos de reacción involucrados. Las placas de electrodos y las estructuras de transmisión de corriente están diseñadas para ser permeables a los fluidos, de modo que los fluidos de reacción puedan fluir en los intersticios entre la placa bipolar, por un lado, y uno de los dos electrodos adyacentes, por otro, y llegar a la membrana. Las placas de electrodos están formadas, por ejemplo, por elementos de chapa perforada, por lo que la superficie metálica restante de los electrodos debe seguir siendo suficientemente grande en comparación con la expansión total de las placas de electrodos. Las estructuras de transmisión de corriente, como su nombre indica, sirven para transmitir la corriente eléctrica entre la placa bipolar, por un lado, y las placas de electrodos adyacentes a la placa bipolar por ambos lados, por otro lado, de las que una actúa como ánodo y la otra como cátodo, por ejemplo.

[0005] Hasta ahora se han utilizado en la mayoría de los dos casos dos tipos diferentes de estructuras de transmisión de corriente. Un primer tipo son las mallas metálicas flexibles o elásticas o los tejidos metálicos. Este tipo de estructuras de transmisión de corriente puede ceder en gran medida a las tensiones de compresión que se producen durante el montaje y/o el funcionamiento de la pila, pero tiene la dificultad de que los puntos de contacto del tejido de la malla o de la tela con las placas adyacentes no están predefinidos, lo que puede dar lugar a una distribución de transmisión de corriente no definida y/o a una carga de densidad de corriente desigual en las placas de electrodos o en las superficies de electrodos formadas por ellas. Otro segundo tipo de estructuras de transmisión de corriente está formado por elementos metálicos expandidos preformados o elementos de chapa perforada o similares. Este tipo de estructura de transmisión de corriente puede proporcionar puntos de contacto definidos con las superficies de electrodos y placas bipolares, pero tiene la dificultad de que estos componentes comparativamente rígidos solo pueden ceder elásticamente a las presiones en menor medida. Además, puede dar lugar a cargas de alta densidad de corriente puntuales, si toda la zona de contacto entre la estructura de transmisión de corriente por un lado y placa de electrodos placa y/o placa bipolar por otro lado se mantiene relativamente pequeña para ahorrar material y peso y evitar que se reduzca la permeabilidad del espacio entre la placa bipolar y placa de electrodos o membrana para los fluidos de reacción.

[0006] En la patente US 2003/0188966 A1 se dan a conocer estructuras de transformadores de corriente que están formadas por elementos de chapa ondulada con elevaciones o depresiones transversales esencialmente en forma de V o de U, o por elementos en forma de placa perforada, en cuyas zonas perforadas se doblan secciones de placa rectangulares del plano de la placa como elementos de muelle de hoja, cuyo extremo libre de muelle de hoja se apoya de forma elástica contra una placa de electrodos para hacer contacto eléctrico con ésta. De este modo, los elementos de muelle de hoja pueden deslizarse a lo largo de la placa de electrodos con sus extremos de muelle de hoja libres durante el montaje de la unidad de empaquetado de electrodos, mientras que la placa de transformador de corriente perforada se coloca contra la placa de electrodos hasta una distancia deseada.

[0007] En los documentos de divulgación US 2005/0019642 A1, DE 10 2007 005 232 A1, US 2009/0050472 A1 y JP 2010-033788 A se dan a conocer otras estructuras convencionales de transformadores de corriente que comprenden elementos en forma de placa con elementos de muelle de hoja salientes o elementos salientes en forma de pasador.

[0008] La invención se basa en el problema técnico de proporcionar una unidad de empaquetado de electrodos del tipo mencionado anteriormente, que ofrece ventajas sobre el estado de la técnica mencionado anteriormente, en particular con respecto a las estructuras de transformadores de corriente utilizadas.

[0009] La invención resuelve este problema proporcionando una unidad de empaquetado de electrodos que tiene las características de la reivindicación 1. Otras realizaciones ventajosas de la invención se indican en las reivindicaciones dependientes.

[0010] En la unidad de empaquetado de electrodos según la invención, la primera y/o la segunda estructura de transmisión de corriente incluye al menos un elemento de transmisión de corriente que tiene una superficie de contacto central y una pluralidad de brazos de transmisión de corriente que se extienden con un curso serpenteante radialmente hacia fuera desde la superficie de contacto central hasta un borde exterior del elemento de transmisión de corriente y mantienen la superficie de contacto central perpendicular a su plano superficial de forma elástica en el borde exterior. En este caso, el elemento de transmisión de corriente entra en contacto con la placa bipolar con su superficie de contacto central y la primera o segunda placa de electrodos con su borde exterior, o bien el elemento de transmisión de corriente entra en contacto con la primera o segunda placa de electrodos con su superficie de contacto central y la placa bipolar con su borde exterior. En este contexto, contacto significa al menos una conexión conductora de electricidad, y preferiblemente también una conexión mecánica.

[0011] El uso de un elemento de transmisión de corriente de este tipo para la estructura de transmisión de corriente respectiva ofrece grandes ventajas tanto en cuanto a gasto de fabricación como también en cuanto a características de transmisión de corriente y carga de compresión de la estructura de transmisión de corriente.

[0012] Así, el elemento de transmisión de corriente puede salvar la distancia entre placa de electrodos asociada por un lado y placa bipolar por otro lado con sus brazos de transmisión de corriente, y dado que los brazos de transmisión de corriente se extienden con un curso serpenteante y la superficie de contacto central se mantiene de forma que cede elásticamente en perpendicular a su plano superficial sujeta al borde exterior por los brazos de transmisión de corriente, el elemento de transmisión de corriente puede reaccionar de forma que cede elásticamente hasta cierto punto suficiente a las presiones que actúan. El elemento de transmisión de corriente puede equilibrar de este modo de forma elástica fluctuaciones de distancia entre placa bipolar y placa de electrodos, que pueden ocurrir a través de tensiones de compresión durante el montaje de una pila de bloque correspondiente para un reactor electroquímico y/o durante el servicio de un reactor de este tipo. En formas de realización ventajosas el curso serpenteante del brazo de transmisión de corriente respectivo comprende al menos tres vueltas de meandro, por ejemplo, entre tres y doce o entre tres y veinte vueltas de meandro. La anchura, es decir la expansión transversal, de las vueltas de meandro es preferiblemente menor que la longitud radial de los brazos de transmisión de corriente, por ejemplo, como máximo solamente la mitad o como máximo solamente un tercio, en particular por ejemplo entre una décima parte y un tercio de la longitud radial de los brazos de transmisión de corriente.

[0013] El elemento de transmisión de corriente permite además por su configuración como estructura predefinida de superficie de contacto, brazos de transmisión de corriente y borde exterior una transmisión de corriente definida entre placa de electrodos y placa bipolar y en particular también una distribución de transmisión de corriente definida sobre las superficies de electrodos de la placa de electrodos. Además, el elemento de transmisión de corriente se puede fabricar con relativamente poco esfuerzo, por ejemplo, simplemente de una pieza bruta en forma de placa llana a través del recorte, por ejemplo, por medio de corte de chorro de agua o corte de láser, troquelado o una técnica de fabricación convencional similar.

[0014] Para la forma externa de las placas bipolares y las placas de electrodos y la estructura de las placas de electrodos se pueden usar todas las formas de realización habituales sin restricción a través de la estructura de

transmisión de corriente específica según la invención. Así para la placa bipolar y las placas de electrodos son posibles todas las formas externas habituales, como circular, elíptica o poligonal, por ejemplo, en forma de diamante, rectangular o especialmente cuadrada.

[0015] En un desarrollo adicional de la invención el elemento de transmisión de corriente se fabrica de una sola pieza con la primera o la segunda placa de electrodos y se fija con su superficie de contacto central a la placa bipolar. Para ello el elemento de transmisión de corriente se puede punzonar o recortar por ejemplo a partir de una pieza bruta en forma de placa llana que forma la placa de electrodos respectiva o se puede formar a partir de esta con otro método convencional. Su superficie de contacto central se saca entonces del plano respectivo de la placa, para fijarse a la placa bipolar, con lo que queda conectada de forma elástica por medio de los brazos de transmisión de corriente con el borde exterior y de esta manera permanece conectada a la placa de electrodos. Esta realización del elemento de transmisión de corriente permite muy ventajosamente una estructura de tres capas de la unidad de empaquetado de electrodos de la placa bipolar y las dos placas de electrodos con estructura de transmisión de corriente acoplada en una sola pieza mediante el uso de solamente dos elementos de placa diferentes, uno para la placa bipolar y uno para la placa de electrodos respectiva y la estructura de transmisión de corriente asignada en una sola pieza.

[0016] En un perfeccionamiento alternativo de la invención el elemento de transmisión de corriente se fabrica como componente separado con borde exterior anular, donde está fijado con su superficie de contacto central a la placa bipolar y con su borde exterior a la primera o la segunda placa de electrodos o alternativamente con su superficie de contacto central está fijado a la primera o segunda placa de electrodos y con su borde exterior a la placa bipolar. La unidad de empaquetado de electrodos se puede realizar en este caso como estructura de 5 capas a partir de la placa bipolar, las dos placas de electrodos, que pueden ser del mismo tipo de construcción, y las dos estructuras de transmisión de corriente con los elementos de transmisión de corriente insertados entre la placa bipolar y la placa de electrodos respectiva.

[0017] Esta realización tiene la ventaja de que las placas de electrodos se pueden mantener en su estructura independientemente de la estructura de transmisión de corriente. El elemento de transmisión de corriente no se forma en este caso a partir de un elemento de placa, que funciona entonces como placa de electrodos, sino que se pone a disposición independientemente de la placa de electrodos como componente autónomo. Se puede fabricar por ejemplo como componente separado discoidal a través de troquelado, recorte o similar a partir de una pieza bruta llana. Además, esta realización ofrece de forma variable la posibilidad de fijar el elemento de transmisión de corriente con su superficie de contacto central opcionalmente a la placa bipolar o alternativamente a la placa de electrodos correspondiente, donde se fija con su borde exterior a la otra placa respectiva.

[0018] En un desarrollo de la invención el borde exterior del elemento de transmisión de corriente tiene forma anular o circular. Esta estructura circular del elemento de transmisión de corriente es óptima para muchas aplicaciones. Esto es válido tanto en cuanto al poco gasto de fabricación como también en cuanto al comportamiento de transmisión de corriente que se puede conseguir de esta manera. La forma circular no tiene que ser un círculo exacto, sino que comprende también formas de realización en las que el borde exterior difiere un poco de la forma circular exacta, por ejemplo, a través de salientes de fijación fijados opcionalmente al borde exterior.

[0019] En un desarrollo de la invención una distancia radial entre la superficie de contacto central y el borde exterior del elemento de transmisión de corriente es mayor que una extensión máxima de la superficie de contacto central. Esta medida de dimensionamiento presenta una ventaja particular en cuanto a un ajuste óptimo entre la extensión superficial de la superficie de contacto central por un lado y la longitud radial de los brazos de transmisión de corriente con curso serpenteante por otro lado, donde esta longitud radial de los brazos de transmisión de corriente en la acción de conjunto con su estructura serpenteante determina la medida de cesión elástica para mantener la superficie de contacto central sujeta al borde exterior.

[0020] En un desarrollo adicional de la invención el elemento de transmisión de corriente presenta más de dos brazos de transmisión de corriente. Por tanto, los tres o más brazos de transmisión de corriente favorecen por un lado una alta capacidad de transmisión de corriente, sin que ocurran altas densidades de corriente, y por otra parte una sujeción elástica segura de la superficie de contacto central al borde exterior. Para aplicaciones correspondientes es ventajoso que el elemento de transmisión de corriente presente claramente más de los dos brazos de transmisión de corriente, por ejemplo, más de cinco o en muchos casos todavía mejor más de siete brazos de transmisión de corriente, por ejemplo, entre ocho y doce brazos de transmisión de corriente. Mediante elección del número apropiado de brazos de transmisión de corriente el elemento de transmisión de corriente se puede ajustar de forma óptima en cuanto a comportamiento de transmisión de corriente y en cuanto a sus características mecánicas al caso de empleo respectivo.

[0021] En una realización adicional de la invención, se proporcionan varios de estos elementos de transmisión de corriente, en los que la primera estructura de transmisión de corriente y la segunda estructura de transmisión de corriente comprenden cada una al menos un primer y al menos un segundo elemento de transmisión de corriente, respectivamente. En este caso, la disposición de al menos un primer elemento de transmisión de

corriente de la primera estructura de transmisión de corriente y de al menos un segundo elemento de transmisión de corriente de la segunda estructura de transmisión de corriente en lados enfrentados de la placa bipolar se selecciona de tal manera que el primer y el segundo elemento de transmisión de corriente se fijan ambos a la placa bipolar con sus superficies de contacto céntricas y en este caso se superponen con sus superficies de contacto céntricas.

[0022] Esto significa que las dos superficies de contacto céntricas respectivas en los dos lados enfrentados de la placa bipolar están dispuestas alineadas entre sí, es decir, completamente superpuestas, o alternativamente parcialmente superpuestas. Esta medida tiene la consecuencia de que las cargas de presión de la placa bipolar actúan, en consecuencia, a través de las estructuras de transmisión de corriente adyacentes en los dos lados de la placa bipolar en áreas de superficie total o parcialmente congruentes de la placa bipolar, lo que es ventajoso para la transmisión de las fuerzas de presión o su compensación.

[0023] En otra realización de la invención, se proporciona una pluralidad de elementos de transmisión de corriente, donde la primera y/o la segunda estructura de transmisión de corriente incluye una pluralidad de primeros o segundos elementos de transmisión de corriente asociados, primeros y/o segundos, distribuidos sobre la extensión de la placa bipolar. Esta disposición distribuida de varios elementos de transmisión de corriente permite optimizar el comportamiento de transmisión de corriente de la estructura de transmisión de corriente. Las corrientes eléctricas pueden captarse y transmitirse en las correspondientes zonas múltiples distribuidas en la extensión de la placa bipolar y, por tanto, también en la respectiva placa de electrodos opuesta, con lo que pueden evitarse altas densidades de corriente y conseguirse una distribución de transmisión de corriente definida y uniforme en las superficies de los electrodos. En realizaciones ventajosas, tanto la primera como la segunda estructura de transmisión de corriente incluyen cada una una pluralidad de primeros o segundos elementos de transmisión de corriente distribuidos y asociados, respectivamente.

[0024] En una realización de la invención, los primeros elementos de transmisión de corriente y/o los segundos elementos de transmisión de corriente están dispuestos con distancias adyacentes iguales a través de una extensión areal de la placa bipolar y las placas de electrodos y/o distribuidos en radios diferentes con respecto a una zona central de la placa bipolar y las placas de electrodos en la dirección circunferencial.

[0025] Estas son realizaciones ventajosas con respecto a una distribución óptima de los elementos de transmisión de corriente para la respectiva estructura de transmisión de corriente sobre la extensión de la placa bipolar y/o la placa de electrodos para la mayoría de las aplicaciones. La placa bipolar y las placas de electrodos pueden tener cualquier forma externa común, como circular, elíptica o poligonal, por ejemplo, en forma de diamante, rectangular o especialmente cuadrada.

[0026] En los dibujos se muestran realizaciones ventajosas de la invención. Estas y otras realizaciones ventajosas de la invención se describen con más detalle a continuación con referencia a los dibujos. Por lo tanto, se muestran:

Figura 1
una vista seccional esquemática de un conjunto de pila para un reactor electroquímico con tres celdas de reactor mostradas,

Figura 2
una vista esquemática en sección longitudinal a través de una unidad de empaquetado de electrodos que puede utilizarse, por ejemplo, en el conjunto de pila de la Fig. 1,

Figura 3
una vista en planta parcial esquemática de una placa de electrodos y una estructura de transmisión de corriente de la unidad de empaquetado de electrodos de la Fig. 2,

Figura 4
una vista superior de una placa de electrodos y una estructura de transmisión de corriente correspondiente a la Fig. 3 en una vista general con la placa de electrodos modificada y la estructura de transmisión de corriente modificada,

Figura 5
una vista superior de un elemento de transmisión de corriente utilizado para la estructura de transmisión de corriente de la Fig. 4,

Figura 6
una vista longitudinal seccional de una placa de electrodo última en un conjunto de pila con la estructura de transmisión de corriente asociada,

Figura 7
una vista correspondiente a la Fig. 4 para una variante con una estructura de transmisión de corriente que forma una sola pieza con la placa de electrodos,

Figura 8
una vista detallada de la Fig. 7 en la zona de uno de los varios elementos de transmisión de corriente de la estructura de transmisión de corriente,

Figura 9
una vista superior de una placa de electrodos con una estructura de transmisión de corriente detrás, y

Figura 10

una vista detallada en sección longitudinal a la manera de la Fig. 2 para una unidad de empaquetado de electrodos de cinco capas en la zona de un elemento de transmisión de corriente.

[0027] La estructura de pila de un reactor electroquímico mostrada en la Fig. 1 es adecuada, por ejemplo, para un reactor de electrólisis o un reactor de pila de combustible y comprende, en secuencia convencional y repetitiva, respectivamente una unidad de membrana M_1 , M_2 , ... y una unidad de empaquetado de electrodos E_1 , E_2 ..., esta última a menudo también denominada paquete de electrodos, por lo que la Fig. 1 muestra un ejemplo de una estructura con tres celdas de reactor, es decir, tres unidades de membrana M_1 , M_2 , M_3 , dos unidades intermedias de empaquetado de electrodos E_1 , E_2 y una unidad de acabado de pila S_1 , S_2 en cada extremo de la estructura de pila.

[0028] La respectiva unidad de empaquetado de electrodos E_1 , E_2 , ... incluye una placa bipolar 1 estanca, una primera placa de electrodos 2 y una segunda placa de electrodos 3, que están dispuestas cada una a una distancia en lados enfrentados de la placa bipolar 1, así como una primera estructura de transmisión de corriente 4 entre la placa bipolar 1 y la primera placa de electrodos 2 y una segunda estructura de transmisión de corriente 5 entre la placa bipolar 1 y la segunda placa de electrodos 3.

[0029] A través de dos alimentaciones Z_1 , Z_2 , los fluidos de reacción necesarios F_1 , F_2 se introducen en un lado longitudinal de la estructura de pila en los espacios intermedios que sirven de espacios de reacción entre la respectiva placa bipolar 1 y la respectiva placa de electrodos 2, 3 situada a una distancia opuesta. En el lado longitudinal enfrentado o alternativamente otro de la estructura de pila, se descargan los correspondientes fluidos de reacción F_3 , F_4 a través de dos descargas de fluido asociadas A_1 , A_2 . En el espacio respectivo entre una placa bipolar 1 y una placa de electrodos 2, 3 se inserta una estructura de transmisión de corriente 4, que mantiene las dos placas enfrentadas a una distancia y asegura la transmisión de corriente requerida y que sólo se indica esquemáticamente en la Fig. 1. En el caso de aplicación de la electrólisis del agua alcalina, el agua (H_2O) y la solución de potasa cáustica (KOH) se suministran como fluidos de reacción F_1 , F_2 , y los fluidos de reacción descargados F_3 , F_4 son entonces hidrógeno (H_2) y oxígeno (O_2), que se forman en los espacios intermedios del lado del cátodo y del lado del ánodo, respectivamente. En las realizaciones típicas, la distancia de las placas de electrodos 2, 3 con respecto a la placa bipolar 1 y, por tanto, la anchura de los espacios intermedios es de aproximadamente 1mm a aproximadamente 7mm, la superficie de las placas 1, 2, 3 es respectivamente de aproximadamente 100cm² a aproximadamente 7000cm² para los bloques de electrólisis a presión y hasta aproximadamente 50000cm² para los reactores de pila de electrólisis sin presión.

[0030] Para la mencionada estructura de pila de la Fig. 1, que es convencional como tal, la invención proporciona para la respectiva unidad de empaquetado de electrodos E_1 , E_2 , ... la unidad de empaquetado de electrodos según la invención, que se discutirá con más detalle a continuación en relación con las Figs. 2 a 9, en las que se ilustran algunas formas de realización a título de ejemplo además de otras formas de realización mencionadas a continuación

[0031] En la unidad de empaquetado de electrodos según la invención, la primera y/o la segunda estructura de transmisión de corriente 4, 5 de la Fig. 1 incluye, como se muestra en la Fig. 2, al menos un elemento de transmisión de corriente 6 que presenta una superficie de contacto central 7 y una pluralidad de brazos de transmisión de corriente 8. Los brazos de transmisión de corriente 8 se extienden en forma de meandro desde la superficie de contacto central 7 radialmente hacia fuera hasta un borde exterior 9 del elemento de transmisión de corriente 6 y sostienen la superficie de contacto central 7 perpendicularmente a su plano superficial de forma elástica en el borde exterior 9. En este caso, el elemento de transmisión de corriente 6 entra en contacto con la placa bipolar 1 con su superficie de contacto central 7 y la primera o la segunda placa de electrodos 2, 3 con su borde exterior 9, o bien el elemento de transmisión de corriente 6 entra en contacto con la primera o la segunda placa de electrodos 2, 3 con su superficie de contacto céntrica 7 y la placa bipolar 1 con su borde exterior 9.

[0032] En las implementaciones correspondientes, el curso de los meandros del respectivo brazo transformador de corriente 8 incluye al menos tres vueltas de meandro, en los ejemplos mostrados cinco vueltas de meandro, alternativamente, por ejemplo, hasta unas veinte vueltas de meandro. La anchura, es decir, la extensión transversal, de las vueltas de los meandros es preferiblemente menor que la longitud radial de los brazos del transformador de corriente 8, por ejemplo, sólo como máximo la mitad o sólo como máximo un tercio de la longitud radial de los brazos del transformador de corriente 8, en los ejemplos mostrados una quinta parte hasta una cuarta parte.

[0033] En las realizaciones correspondientes, las placas de electrodos permeables al fluido 2, 3 se fabrican de forma idéntica o alternativamente como componentes con estructuras diferentes, por ejemplo, como elementos de chapa perforada o ranurada. Las Figs. 2 y 3 ilustran diseños de láminas ranuradas, mientras que las Figs. 4 y 7 a 9 ilustran diseños de láminas perforadas para las respectivas placas de electrodos 2, 3.

[0034] En realizaciones ventajosas, como en el ejemplo de realización mostrado en las Figs. 7 y 8, el elemento de transmisión de corriente 6 está fabricado en una sola pieza con la primera o la segunda placa de electrodos 2,

3, en cuyo caso está unido a la placa bipolar 1 con su superficie de contacto central 7. Esta realización del elemento de transmisión de corriente 6 permite de forma muy ventajosa una estructura de tres capas de la unidad de empaquetado de electrodos que consiste en la placa bipolar 1 y las dos placas de electrodos 2, 3 con una estructura de transmisión de corriente 4 acoplada en una sola pieza, utilizando sólo dos elementos de placa diferentes, uno para la placa bipolar 1 y otro para la respectiva placa de electrodos 2, 3 y la estructura de transmisión de corriente asociada 4, que está en una sola pieza con ella.

[0035] En realizaciones alternativas, el elemento de transmisión de corriente 6, como en los ejemplos de realización de las Figs. 2 a 6, 9 y 10, se fabrica como un componente separado con un borde exterior anular 9, por lo que en estos ejemplos mostrados está unido por su superficie de contacto central 7 a la placa bipolar 1 y por su borde exterior 9 a la primera o segunda placa de electrodos 2, 3, o, donde alternativamente, en realizaciones no mostradas, está unido por su superficie de contacto central 7 a la primera o segunda placa de electrodos 2, 3 y por su borde exterior 9 a la placa bipolar 1. En la Fig. 3 los elementos de transmisión de corriente 6 se muestran sólo de forma esquemática, con líneas rectas que representan los brazos de transmisión de corriente 8, que en realidad tienen forma de meandro. En este caso, la unidad de empaquetado de los electrodos puede realizarse como una estructura de cinco capas compuesta por la placa bipolar 1, las dos placas de electrodos 2, 3, que pueden ser de idéntica construcción, y las dos estructuras de transmisión de corriente 4 con los elementos de transmisión de corriente 6 insertados a tal efecto entre la placa bipolar 1 y la respectiva placa de electrodos 2, 3.

[0036] En las realizaciones correspondientes, el elemento de transmisión de corriente 6 está formado con un borde exterior circular 9 como se muestra, en realizaciones alternativas el borde exterior 9 tiene una forma diferente, por ejemplo, ovalada o poligonal.

[0037] En las realizaciones correspondientes, una distancia radial A_R entre la superficie de contacto central 7 y el borde exterior 9 es mayor que una extensión máxima M_E de la superficie de contacto central 7, como se realiza en las realizaciones mostradas y se ilustra en la Fig. 5. Alternativamente, esta distancia radial A_R es menor que esta extensión máxima M_E en otras realizaciones. En este caso, esta distancia radial A_R representa la longitud radial de los brazos del transformador de corriente 8.

[0038] En las realizaciones correspondientes, el elemento de transmisión de corriente 6 comprende más de dos brazos de transmisión de corriente 8, como en las realizaciones mostradas. Concretamente, en los ejemplos mostrados se proporcionan diez brazos de transmisión de corriente 8. En realizaciones alternativas, hay tres o más, en particular siete o más brazos de transmisión de corriente 8.

[0039] En formas de realización ventajosas, como en los ejemplos mostrados, se proporciona una pluralidad de elementos de transmisión de corriente 6 para la unidad de empaquetado de electrodos, de los cuales la primera estructura de transmisión de corriente 4 incluye al menos un primer elemento de transmisión de corriente 6_1 y la segunda estructura de transmisión de corriente 5 incluye al menos un segundo elemento de transmisión de corriente 6_2 , donde el primer elemento de transmisión de corriente 6_1 y el segundo elemento de transmisión de corriente 6_2 están dispuestos en lados enfrentados de la placa bipolar 1 con superficies de contacto céntricas superpuestas 7 en la placa bipolar 1, como se muestra por ejemplo en la Fig. 2.

[0040] En formas de realización ventajosas, se proporciona una pluralidad de elementos de transmisión de corriente 6 para la unidad de empaquetado de electrodos, de los cuales la primera estructura de transmisión de corriente 4 incluye una pluralidad de primeros elementos de transmisión de corriente 6_1 y/o la segunda estructura de transmisión de corriente 5 incluye una pluralidad de segundos elementos de transmisión de corriente 6_2 dispuestos distribuidos sobre la extensión de la placa bipolar 1. En implementaciones ventajosas, como en las realizaciones mostradas, se proporciona una pluralidad de primeros o segundos elementos de transmisión de corriente 6_1 , 6_2 tanto para la primera estructura de transmisión de corriente 4 como para la segunda estructura de transmisión de corriente 5.

[0041] En realizaciones ventajosas, como se muestra por ejemplo en las Figs. 7 y 9, los primeros elementos de transmisión de corriente 6_1 y/o los segundos elementos de transmisión de corriente 6_2 están dispuestos con distancias adyacentes iguales N_A sobre una extensión de área de la placa bipolar 1 y de las placas de electrodos 2, 3 o sobre radios diferentes R_1 , R_2 , ... con respecto a una zona central M_B de la placa bipolar 1 y las placas de electrodos 2, 3 distribuidas en la dirección circunferencial, como en los ejemplos de realización mostrados, donde ambas variantes de disposición también pueden realizarse simultáneamente. En este caso, los radios sucesivos tienen la misma separación, y los respectivos elementos de transmisión de corriente 6 también están dispuestos con esta separación entre sí en el radio respectivo en la dirección circunferencial.

[0042] Las figuras 4 y 5 ilustran una realización del elemento de transmisión de corriente 6 con un borde exterior circular 9 del que sobresalen orejetas de fijación radiales 11, que sirven para facilitar la fijación del elemento de transmisión de corriente 6 a la respectiva placa de electrodos 2, 3 o, alternativamente, a la placa bipolar 1, por ejemplo, mediante un proceso de soldadura, especialmente, soldadura por puntos. La realización mostrada del

elemento de transmisión de corriente también proporciona un ahorro de material y una reducción de peso en comparación con la realización del elemento de transmisión de corriente con un anillo circular exterior.

[0043] Las figuras 3 y 9 ilustran realizaciones en las que el borde exterior 9 del respectivo elemento de transmisión de corriente 6 es anular y está conectado mecánica y eléctricamente a la placa de electrodos asociada 2, 3 a través de puntos de fijación 12, por ejemplo, en forma de puntos de soldadura.

[0044] La fig. 6 ilustra la fijación y el contacto eléctrico de una placa de electrodos del lado extremo 2, 3, que es la última de la estructura de la pila, con una placa final 13 estanca a los fluidos a través de la estructura intermedia de transmisión de corriente del lado extremo 4, 5 mediante uniones atornilladas, cada una de las cuales comprende un tornillo 14, que se pasa a través de un orificio realizado a tal efecto en la superficie de contacto central 7 del respectivo elemento de transmisión de corriente 6 de esta estructura de transmisión de corriente del lado extremo 4, 5 y se atornilla en la placa final.

[0045] Se puede establecer una distancia definida deseada A1, A2 entre la placa bipolar 1 y la respectiva placa de electrodos 2, 3 estirando previamente mecánicamente los elementos de transmisión de corriente 6, es decir, moviendo la superficie de contacto central 7 perpendicular a su plano de superficie con respecto al borde exterior 9 del respectivo elemento de transmisión de corriente 6 10, incluida la posibilidad de establecer las distancias A1, A2 de la placa bipolar 1 a una u otra placa de electrodos 2, 3 de manera diferente, es decir, diferentes distancias de la placa bipolar 1 al ánodo por un lado y al cátodo por otro lado. Debido a esta desviación mecánica de la superficie de contacto central 7 con respecto al borde exterior 9, los brazos de transmisión de corriente 8 se alargan un poco y forman una cesta transmisora de corriente radial, que se extiende desde la superficie de contacto central 7 y tiene un efecto de flexibilidad elástica, de modo que la superficie de electrodo de las placas de electrodos 2, 3 en la zona de un respectivo elemento de transmisión de corriente 6 y entre estas se puede ajustar en una medida suficiente a un contorno entre ellos, lo que favorece la conexión mecánica y eléctrica.

[0046] En las realizaciones correspondientes, el estiramiento mecánico tiene lugar más allá de la expansión elástica de los elementos de transmisión de corriente 6, es decir, en particular de los brazos de transmisión de corriente 8, de modo que en este caso los propios elementos de transmisión de corriente 6 pueden funcionar como componentes de determinación y mantenimiento de la distancia. En realizaciones alternativas, el estiramiento mecánico sólo tiene lugar hasta un grado que queda dentro de la expansión elástica de los elementos de transmisión de corriente 6 o de los brazos de transmisión de corriente 8. En este caso, otros elementos de separación entre la placa bipolar 1, por un lado, y las respectivas placas de electrodos 2, 3, por otro, garantizan el mantenimiento de las distancias deseadas A1, A2 entre estos componentes.

[0047] A través del espesor y la anchura de los brazos de transmisión de corriente 8 y su número se puede adaptar y ajustar de forma deseada la densidad de corriente transmisible por el elemento de transmisión de corriente respectivo 6.

[0048] Todos los componentes de la unidad de empaquetado de electrodos se pueden fabricar, si se desea, de los mismos materiales como chapa de acero y níquel, lo que es por ejemplo ventajoso en cuanto a resistencia a los ciclos de temperatura. Mediante la elección del material correspondiente para la placa de electrodos, las placas bipolares y el elemento de transmisión de corriente así como a través de la elección adecuada del número de elementos de transmisión de corriente se pueden optimizar además los costes y el esfuerzo para la fabricación de la unidad de empaquetado de electrodos. En la práctica pueden utilizarse tanto materiales de chapa cubiertos de material anticorrosivo, así como también materiales de chapa de acero o cubiertos de níquel o chapas de níquel puro para la formación de la placa bipolar y la placa de electrodo. Mediante la elección correspondiente de la composición del material de acero y el espesor del revestimiento de níquel se puede ajustar de forma deseada la flexibilidad elástica, es decir el efecto de muelle de los elementos de transmisión de corriente con sus brazos de transmisión de corriente, como otro parámetro de influencia junto a la forma de meandro de los brazos de transmisión de corriente.

[0049] El consumo de material puede mantenerse comparativamente bajo. Así por ejemplo al formar en una sola pieza los elementos de transmisión de corriente a partir de las placas de electrodos puede quedar típicamente una cuota de material de aproximadamente el 40% o más para la placa de electrodos. Las placas de electrodos se pueden proporcionar sin borde perforado, lo que evita cantos afilados, que pueden representar un riesgo de lesión para la membrana. Opcionalmente se puede proporcionar un borde para la placa de electrodos alejado del lado de la membrana.

[0050] A través de la elección correspondiente del número de elementos de transmisión de corriente y su distribución sobre la superficie de la placa bipolar o las placas de electrodo se puede definir la densidad de corriente de trabajo normal y la densidad de corriente máxima definida para la unidad de empaquetado de electrodos en el funcionamiento de reactor definido previsto.

[0051] Para aplicaciones prácticas correspondientes el elemento de transmisión de corriente respectivo se puede dimensionar de forma que sobre cada superficie de contacto céntrica sin enfriamiento se pueda transmitir una

densidad de corriente existente típicamente en reactores del tipo contemplado en el orden de magnitud de $1\text{A}/\text{cm}^2$ y esta densidad de corriente se pueda introducir en la superficie de la sección transversal respectiva de una placa de electrodos típicamente de por ejemplo aprox. $0,5\text{mm}$ sin grandes pérdidas de transición.

[0052] A continuación se explican brevemente ejemplos prácticos de realizaciones. De acuerdo con las realizaciones según las Figs. 3, 4, 9 y 10, la unidad de empaquetado de electrodos puede realizarse en cinco capas, en las que los componentes individuales, es decir, la placa bipolar 1, las placas de electrodos 2, 3 y los elementos de transmisión de corriente 6, están conectados entre sí de forma no separable mediante puntos de soldadura. Las dos placas exteriores, es decir, las dos placas de electrodos 2, 3, son los llamados electrodos de trabajo de un electrolizador con una estructura de placas correspondiente, es decir, el ánodo y el cátodo. Ambos pueden estar formados por simples placas perforadas planas que tienen un agujero perforado con un diámetro de, por ejemplo, aproximadamente 10 mm en los puntos de conexión con las superficies de contacto centrales 7 de los elementos de transmisión de corriente 6, por lo que sólo se pierden aproximadamente $78,5\text{ mm}^2$ de la superficie del electrodo por elemento de transmisión de corriente 6 en estos ejemplos.

[0053] Mediante el uso de los elementos de transmisión de corriente 6 separados y los agujeros perforados relativamente pequeños en las placas de electrodos 2, 3 para la posterior fijación de los elementos de transmisión de corriente 6 en la parte posterior de cada placa de electrodos 2, 3, los elementos de transmisión de corriente 6 se fijan cada uno con varios puntos de soldadura, véanse los puntos de soldadura 12, en el borde exterior 9 del elemento de transmisión de corriente 6, que actúa como anillo de fijación del electrodo de trabajo para el elemento de transmisión de corriente 6. Los elementos de transmisión de corriente 6 están dispuestos y fijados en el ánodo y en el cátodo en, preferiblemente, exactamente la misma retícula predeterminada. De este modo se garantiza una densidad de corriente homogénea desde los elementos de transmisión de corriente 6 hacia las placas de electrodos 2, 3 en todos los puntos de los electrodos de trabajo y que las superficies de contacto centrales 7 de la placa bipolar 1 estén alineadas en ambos lados, como puede verse en la Fig. 10, de modo que sólo se requiere un único punto de soldadura para la fijación de dos elementos de transmisión de corriente 6 alineados y opuestos entre sí en la placa bipolar 1 y el flujo de corriente tiene lugar directamente a través de este punto de soldadura. Para los puntos de soldadura, es de sobre todo importante una buena conductividad eléctrica, la estabilidad mecánica es comparativamente poco crítica, ya que en las aplicaciones consideradas sólo se producen fuerzas mecánicas relativamente bajas.

[0054] Para la fabricación de una unidad de empaquetado de electrodos de este tipo, resulta por tanto el siguiente orden. En primer lugar, se prefabrican la placa bipolar 1, las placas de electrodos 2, 3 y los elementos de transmisión de corriente 6, por ejemplo, mediante el troquelado o el recorte de una chapa base alisada y, si es necesario, la posterior perforación de las placas de electrodos 2, 3. Los orificios de soldadura para soldar los elementos de transmisión de corriente 8 a la placa bipolar 1 se forman a partir de las placas de electrodos 2, 3, de nuevo, por ejemplo, mediante el troquelado o el recorte. Opcionalmente, los componentes prefabricados están niquelados y las placas de electrodos 2, 3 están provistas de un recubrimiento catalíticamente activo en una de sus caras, si es necesario. Posteriormente, los elementos de transmisión de corriente 6 se fijan a la parte posterior de las placas de electrodos 2, 3 mediante soldadura según un patrón de distribución predeterminado, tras lo cual la placa bipolar 1 se junta con los elementos de transmisión de corriente 6 de las dos placas de electrodos 2, 3. Mediante la soldadura multicapa, todos los elementos de transmisión de corriente 6 de las placas de electrodos 2, 3 pueden soldarse a la placa bipolar 1 para formar la unidad de empaquetado de electrodos como un conjunto coherente. Opcionalmente, los bordes laterales de las placas de electrodos 2, 3 pueden ser ligeramente rebordeados en todo su contorno hacia la placa bipolar 1 en una herramienta especial correspondiente.

[0055] En la realización de una sola pieza de los elementos de transmisión de corriente 6 con las placas de electrodos 2, 3 es posible una producción especialmente sencilla y económica de la unidad de empaquetado de los electrodos con una pérdida de material mínima. En este caso, los elementos de transmisión de corriente 6 se cortan o perforan directamente del material de las placas de electrodos 2, 3 y luego se estiran previamente desde el plano de las superficies de los electrodos de las dos placas de electrodos 2, 3 para soldarlos posteriormente a la placa bipolar 1 como en el ejemplo anteriormente mencionado. En esta realización, puede reducirse por ejemplo a sólo entre el 4% y el 6% la pérdida de material debida a la formación de los elementos de transmisión de corriente 6 de las placas de electrodos 2, 3. Al mismo tiempo, la fabricación se ve facilitada por el hecho de que es posible utilizar en gran medida piezas idénticas, ya que sólo se necesitan dos elementos de placa diferentes para formar la unidad de empaquetado de electrodos que consta de la placa bipolar 1, las placas de electrodos 2, 3 y las estructuras de transmisión de corriente 4, 5.

[0056] Como clarifican los ejemplos de realización mostrados y explicados detalladamente más arriba, la invención proporciona una unidad de empaquetado de electrodos muy ventajosa para un conjunto de pila de un reactor electroquímico, en particular un reactor para la electrólisis del agua alcalina, atmosférica o bajo presión, o un reactor de pila de combustible.

[0057] La unidad de empaquetado de electrodos puede estar constituida por componentes poco separados, que se pueden unir entre sí eléctrica y mecánicamente por ejemplo a través de la soldadura por puntos, donde se

pueden conseguir resistencias de transición eléctrica comparativamente pequeñas. Un revestimiento habitual de la placa de electrodos puede ocurrir individualmente antes del montaje de la unidad de empaquetado de electrodos o alternativamente después de la formación de la unidad de empaquetado de electrodos según necesidad.

REIVINDICACIONES

1. Unidad de empaquetado de electrodos para un conjunto de pila de un reactor electroquímico, en particular un reactor de electrólisis o un reactor de pila de combustible, que tiene
5 - una placa bipolar estanca (1),
 - una primera placa de electrodos (2) y una segunda placa de electrodos (3), dispuestas cada una a una distancia en lados enfrentados de la placa bipolar, y
 - una primera estructura de transmisión de corriente (4) entre la placa bipolar y la primera placa de electrodos, y una segunda estructura de transmisión de corriente (5) entre la placa bipolar y la segunda placa de electrodos,
10 **caracterizada por el hecho de que**
 - la primera y/o la segunda estructura de transmisión de corriente (4, 5) contiene al menos un elemento de transmisión de corriente (6) que tiene una superficie de contacto central (7) y una pluralidad de brazos de transmisión de corriente (8) que se extienden con un curso serpenteante desde la superficie de contacto central radialmente hacia fuera hasta un borde exterior (9) del elemento de transmisión de corriente y mantienen la
15 superficie de contacto central perpendicular a su plano superficial de forma elástica en el borde exterior
 - donde el elemento de transmisión de corriente contacta con su superficie de contacto central la placa bipolar y con su borde exterior la primera o la segunda placa de electrodos o contacta con su superficie de contacto central la primera o la segunda placa de electrodos y con su borde exterior la placa bipolar.
- 20 2. Unidad de empaquetado de electrodos según la reivindicación 1, **caracterizada** además **por el hecho de que** el elemento de transmisión de corriente está fabricado en una sola pieza con la primera o la segunda placa de electrodos y está unido a la placa bipolar con su superficie de contacto central.
- 25 3. Unidad de empaquetado de electrodos según la reivindicación 1, **caracterizada** además **por el hecho de que** el elemento de transmisión de corriente está fabricado como un componente separado con un borde exterior anular, donde está unido con su superficie de contacto central a la placa bipolar y con su borde exterior a la primera o la segunda placa de electrodos, o donde está unido con su superficie de contacto central a la primera o la segunda placa de electrodos y con su borde exterior a la placa bipolar.
- 30 4. Unidad de empaquetado de electrodos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada** además **por el hecho de que** el borde exterior del elemento de transmisión de corriente es circular.
- 35 5. Unidad de empaquetado de electrodos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada** además **por el hecho de que** una distancia radial (A_R) entre la superficie de contacto central y el borde exterior es mayor que una dimensión máxima (M_E) de la superficie de contacto central.
- 40 6. Unidad de empaquetado de electrodos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada** además **por el hecho de que** el elemento de transmisión de corriente comprende más de dos, en particular más de siete, brazos de transmisión de corriente.
- 45 7. Unidad de empaquetado de electrodos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizada** además **por el hecho de que** se proporciona una pluralidad de dichos elementos de transmisión de corriente, de los cuales la primera estructura de transmisión de corriente incluye al menos un primer elemento de transmisión de corriente (6_1) y la segunda estructura de transmisión de corriente incluye al menos un segundo elemento de
50 transmisión de corriente (6_2), donde el primer elemento de transmisión de corriente y el segundo elemento de transmisión de corriente están dispuestos en lados enfrentados de la placa bipolar con superficies de contacto centrales superpuestas en la placa bipolar.
- 55 8. Unidad de empaquetado de electrodos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada** además **por el hecho de que** se proporciona una pluralidad de dichos elementos de transmisión de corriente, de los cuales la primera estructura de transmisión de corriente incluye una pluralidad de primeros elementos de transmisión de corriente (61) dispuestos distribuidos sobre la extensión de dicha placa bipolar y/o la segunda estructura de transmisión de corriente incluye una pluralidad de segundos elementos de transmisión de corriente (62) dispuestos distribuidos sobre la extensión de dicha placa bipolar.
- 60 9. Unidad de empaquetado de electrodos según la reivindicación 8, **caracterizada** además **por el hecho de que** los primeros elementos de transmisión de corriente y/o los segundos elementos de transmisión de corriente están dispuestos con las mismas distancias adyacentes (N_A) a través de una extensión areal de la placa bipolar y las placas de electrodos y/o están dispuestos en radios diferentes con respecto a un área central (M_B) de la placa bipolar y de las placas de electrodos distribuidas en una dirección circunferencial.

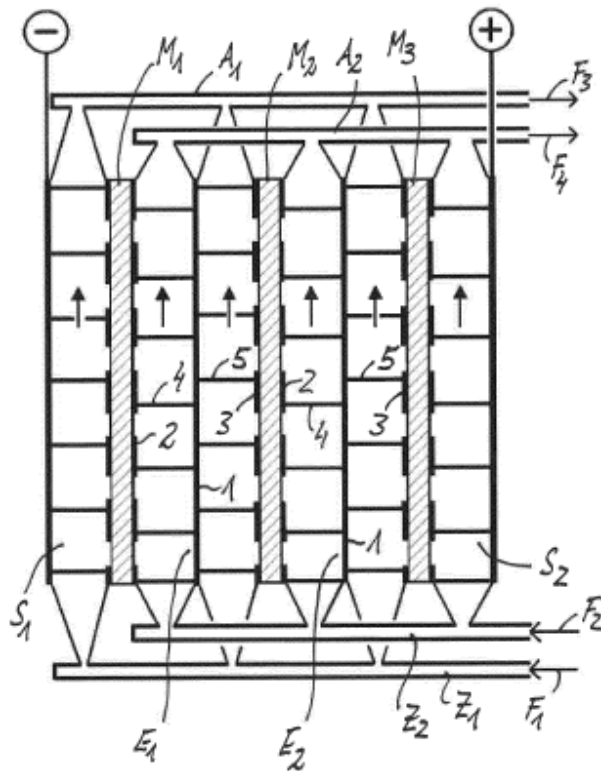


FIG. 1

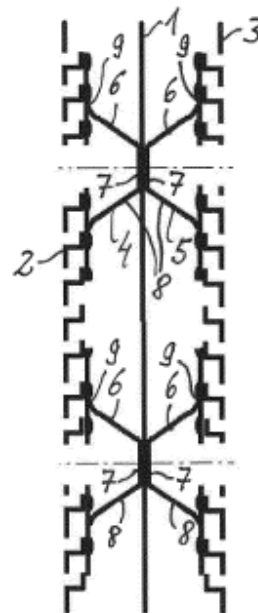


FIG. 2

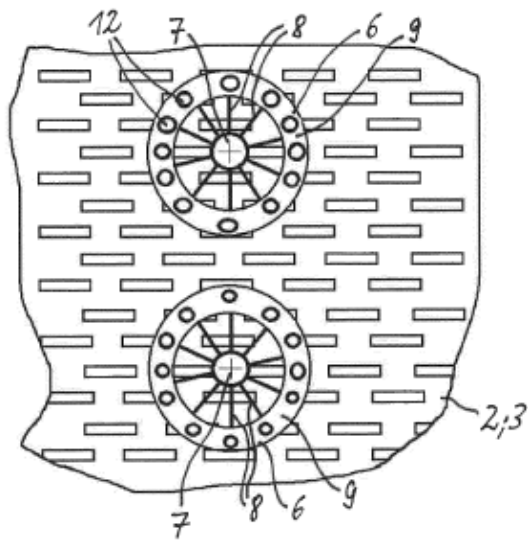


FIG. 3

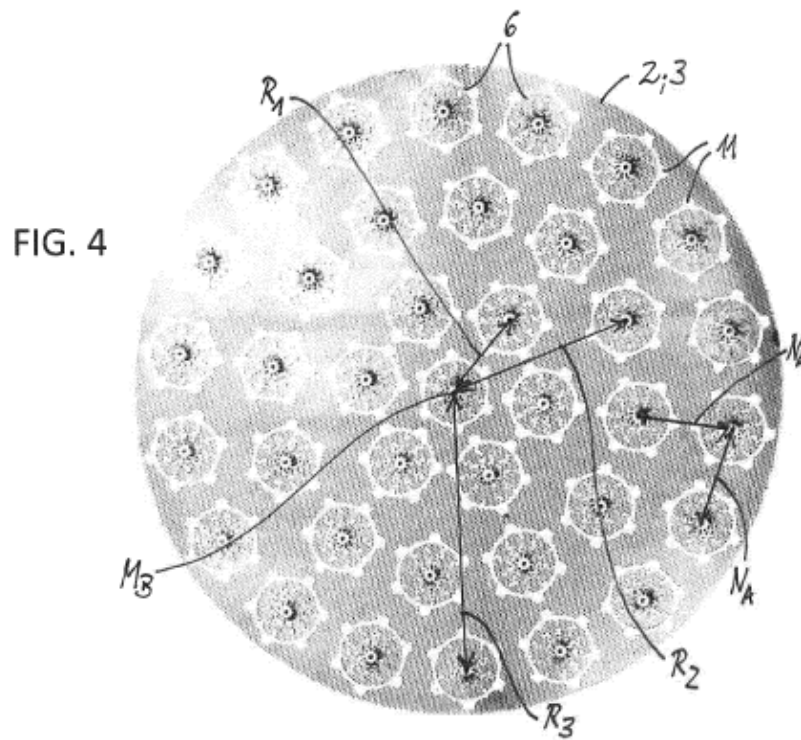


FIG. 4

FIG. 5

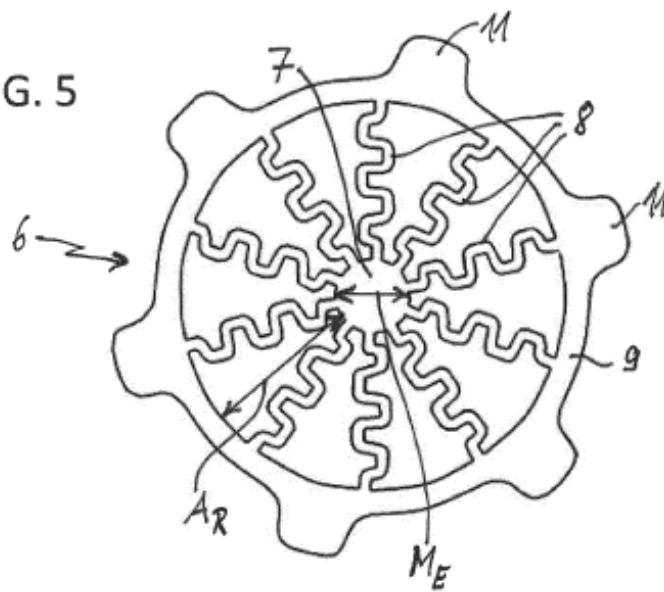
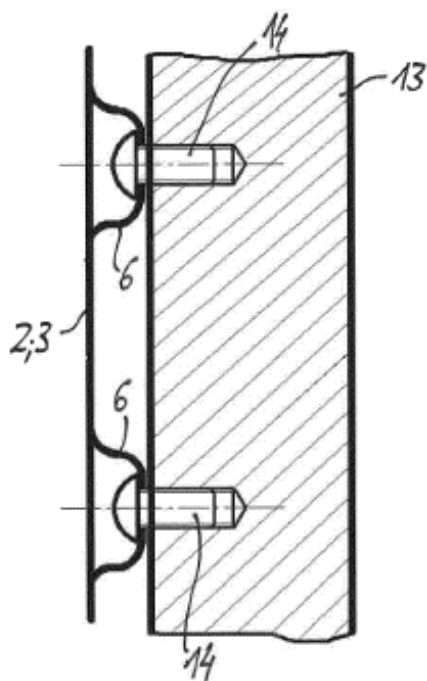
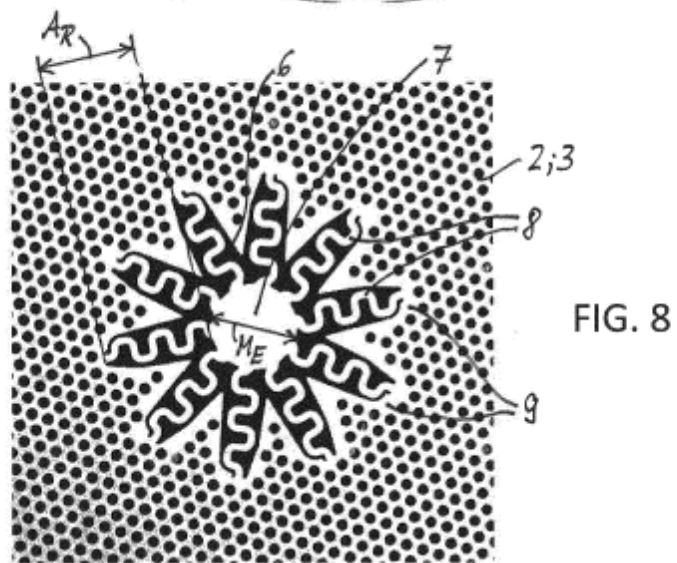
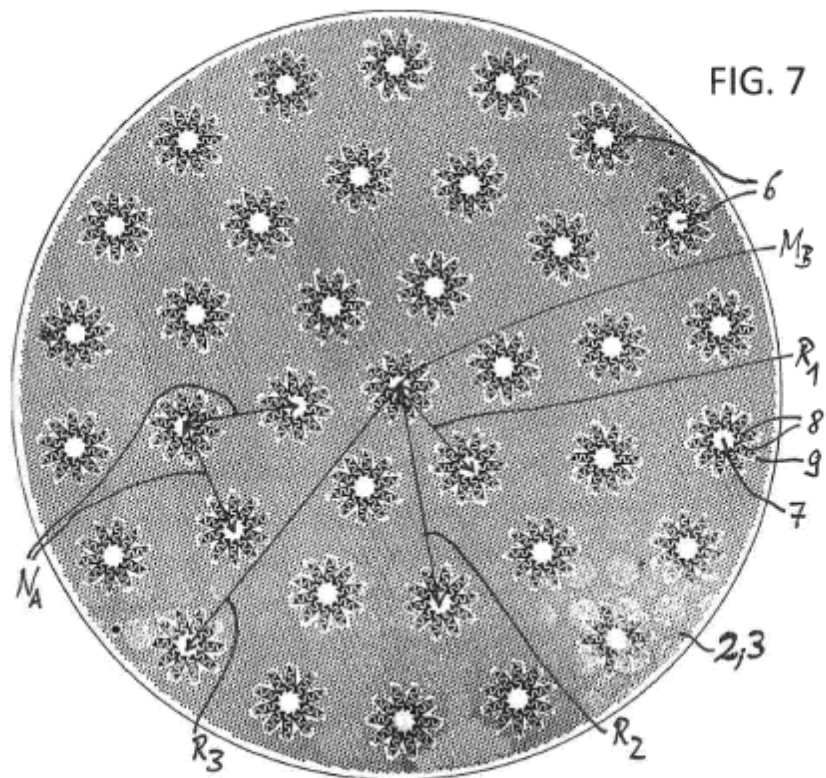


FIG. 6





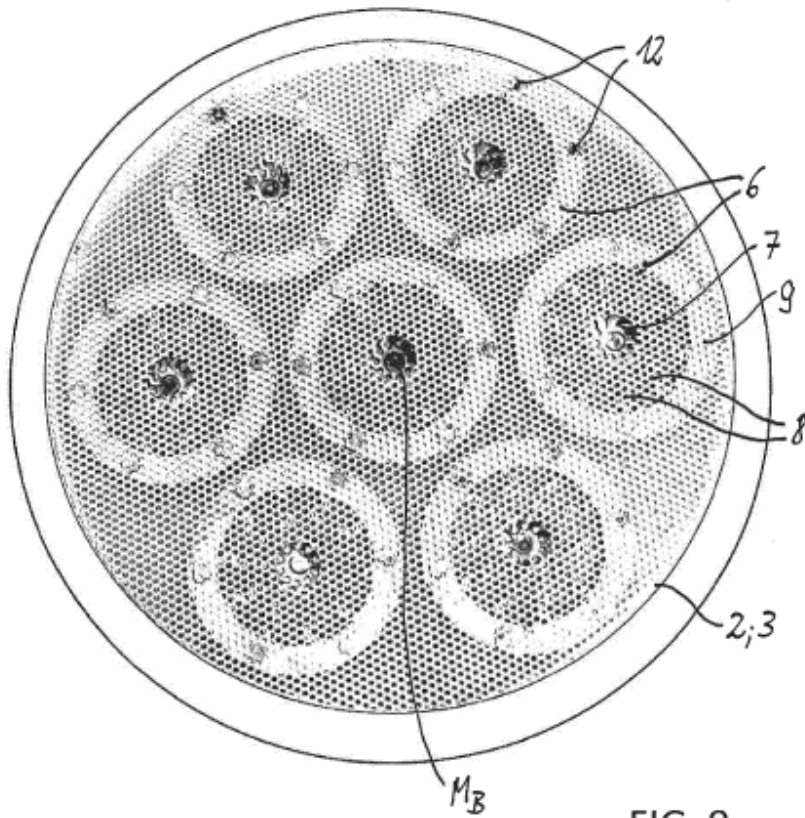


FIG. 9

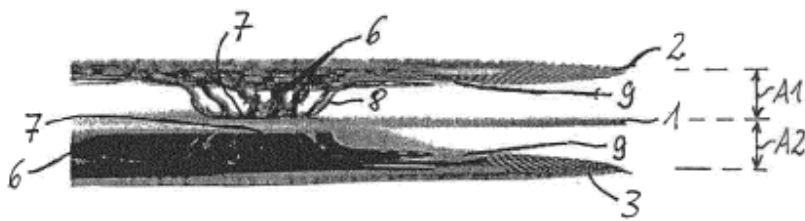


FIG. 10