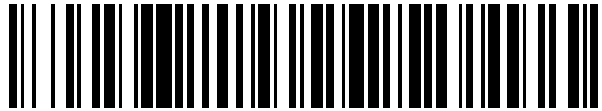


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 955 164**

51 Int. Cl.:

H01M 12/06 (2006.01)
H01M 6/50 (2006.01)
H01M 4/04 (2006.01)
H01M 4/12 (2006.01)
H01M 10/42 (2006.01)
H01M 4/02 (2006.01)
H01M 50/138 (2011.01)
H01M 50/691 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.12.2017 PCT/IL2017/051407**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **12.07.2018 WO18127905**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.12.2017 E 17890038 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.07.2023 EP 3566260**

54 Título: **Sistema y método para la renovación de ánodos metal-aire**

30 Prioridad:

03.01.2017 US 201715396841

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.11.2023

73 Titular/es:

**PHINERGY LTD. (100.0%)
2 Yodfat St., P.O.B 1290
7129106 Lod, IL**

72 Inventor/es:

**TZIDON, AVIV;
PERETZ, VITAL;
YADGAR, AVRAHAM y
TZIDON, DEKEL**

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 955 164 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

Sistema y método para la renovación de ánodos metal-aire

5 **Antecedentes de la invención**

10 Durante el funcionamiento de una celda de metal-aire, el ánodo metálico de la celda se consume y cambia a forma de óxido. Como se sabe en la técnica, para reanudar el funcionamiento de la celda, la unidad de ánodo agotada se retira de la celda y se inserta una nueva unidad de ánodo. De manera similar, el electrolito agotado en la celda puede reemplazarse.

15 Los métodos conocidos para reemplazar el ánodo y/o el electrolito implican drenar el electrolito usado, abrir el sellado de la celda, extraer el ánodo consumido, colocar una nueva unidad de ánodo dentro de la celda, volver a sellar la celda y rellenar con electrolito nuevo. Este proceso es largo y engorroso.

Existe la necesidad de un método y medios que permitan la restauración rápida de una celda de metal-aire sin abrir la celda.

20 La patente estadounidense número US 6.558.825 B1 de Faris et al. divulga un sistema de conversión de energía, que comprende: un contenedor de depósito que incluye al menos dos cámaras de volumen inversamente variable para almacenar respectivamente una cantidad de combustible y recibir una cantidad de gases de escape; unos medios para disminuir el volumen de la primera cámara al mismo tiempo que aumenta el volumen de la segunda cámara; al menos un dispositivo de conversión de energía; unos primeros medios para comunicar combustible entre el al menos un dispositivo de conversión de energía y una primera de las cámaras en el contenedor de depósito; y unos segundos medios para comunicar el escape entre el al menos un dispositivo de conversión de energía y una segunda de las cámaras en el contenedor de depósito.

30 La patente US 5.434.020 de Cooper divulga una celda electroquímica que proporciona el consumo completo de partículas electroquímicamente activas en un lecho permeable a electrolitos que no se empaqueta y tiene una cavidad de celda ahusada limitada por dos superficies no paralelas separadas por una distancia que promueve el puente de partículas a través de la cavidad. La relación espacio/tamaño de partícula se mantiene a medida que las partículas se consumen, disminuyen de tamaño y se desplazan desde el punto de entrada hasta el extremo más estrecho de la celda. Una celda de esta configuración soporta un lecho de baja densidad de empaquetamiento que se mantiene en un estado estacionario dinámico mediante la formación y el colapso alternativos de puentes de partículas a través del espacio y los vacíos asociados en toda el área activa de la celda. El diseño de celda se puede aplicar a celdas de zinc/aire recargables y a baterías de almacenamiento de zinc/ferrocianuro.

40 La patente US 3.847.671 de Leparulo et al. divulga un sistema de batería despolarizado de metal y gas construido de modo que tanto el contenido sólido como el líquido puedan drenarse de la batería después de la descarga. La rejilla negativa y el electrodo despolarizado por gas en cada celda definen un compartimento que puede rellenarse con una suspensión de electrolito y polvo de metal activo, recargando así la batería en el tiempo que tarda en drenarse y rellenarse con dicha suspensión. También se describe un sistema para recoger los productos de descarga de una batería de este tipo y reducir los iones metálicos a metal, que luego pueden ser suspendidos con electrolito y devueltos a las celdas de la batería. El sistema preferido utiliza zinc, KOH y aire y es especialmente adecuado para la propulsión de vehículos y similares.

Sumario de la invención

50 Se divulga un método para la renovación de un ánodo consumido en una celda de metal-aire sin dismantelar la celda según la reivindicación 1, que comprende electrolito circulante a través de la celda para evacuar la suspensión usada de la celda; hacer circular electrolito con suspensión fresca en la celda y permitir la sedimentación de la suspensión fresca dentro de la celda para formar un ánodo; aplicar presión externa a una pared flexible de la celda, compactando así la suspensión para reducir los espacios entre sus partículas; y aliviar la presión aplicada externamente, en el que la aplicación y el alivio de la presión externa se llevan a cabo por medio de un elemento de presurización colocado adyacente y exterior a la celda, y proporcionando electrolito fresco con suspensión de gránulos de metal fresco para compensar la pérdida de electrolito.

60 En algunas realizaciones, la compactación de la suspensión se lleva a cabo por medio de un globo/capa presurizado colocado entre dos celdas adyacentes. En algunas realizaciones, la capa/globo presurizado se dispone entre dos lados de ánodo adyacentes de dos celdas adyacentes. En algunas realizaciones, la capa/globo presurizado se dispone entre el lado del ánodo de una celda y el lado del cátodo de una celda adyacente.

65 En algunas realizaciones, el método comprende suministrar oxígeno al cátodo por medio de al menos un globo perforado y una capa porosa.

En algunas realizaciones, la presión se controla por medio de al menos uno de sensor de presión y conductividad detectada entre la suspensión y el colector de corriente.

5 Se describe una celda de metal-aire que permite la renovación de un ánodo consumido sin desmantelar la celda según la reivindicación 10, que comprende: una pared porosa dispuesta en la cara exterior del cátodo de la celda y que define la primera cara exterior de la celda; una capa de cátodo de aire adyacente a la pared porosa; una pared separadora dispuesta en la cara interior de la capa de cátodo de aire; un volumen del espacio de la celda para contener electrolito y suspensión de gránulos de metal; una abertura en el volumen del espacio de la celda para permitir el flujo circulante de fluido para evacuar la suspensión usada de la celda; una abertura en el volumen del espacio de la celda para permitir el flujo de electrolito con suspensión de gránulos de metal para fluir hacia el volumen del espacio de la celda; una capa colectora de corriente flexible para formar un ánodo, estando hecha dicha capa colectora de corriente flexible de material conductor de corriente dispuesto en el espacio; y una pared flexible que define una segunda cara exterior de la celda, en el que la pared flexible y la capa colectora de corriente flexible son tan comprimibles como para ser empujadas hacia el interior de la celda sujetas a la presión aplicada a la cara exterior de la pared flexible, reduciendo así el volumen del espacio, y en el que la capa de colector de corriente flexible permite el flujo de electrolito y suspensión a través de ella mientras permite la compactación de gránulos de metal en la suspensión sobre la capa de colector de corriente flexible.

20 Breve descripción de los dibujos

El objeto considerado como la invención se señala en particular y se reivindica claramente en la parte final de la memoria descriptiva. La invención, sin embargo, tanto en organización como en método de operación, junto con objetos, características y ventajas de la misma, puede entenderse mejor por referencia a la siguiente descripción detallada cuando se lee con los dibujos adjuntos, en los cuales:

25 Las figuras 1A - 1C representan esquemáticamente tres etapas de un proceso de eliminación de electrolito usado y suspensión de una celda de metal-aire, en tres etapas consecutivas, según algunas realizaciones que no corresponden a la invención;

30 Las figuras 2A - 2C representan esquemáticamente tres etapas consecutivas, respectivamente, de un proceso de recarga de electrolito fresco y suspensión fresca en una celda de metal-aire según algunas realizaciones que no forman parte de la presente invención;

La figura 3 es una ilustración esquemática de una celda de metal-aire que permite la reformación de un ánodo, según algunas realizaciones de la presente invención;

35 La figura 4 presenta esquemáticamente un conjunto de celdas de metal-aire, según algunas realizaciones de la presente invención;

La figura 5A presenta esquemáticamente un conjunto de celdas de metal-aire, según algunas realizaciones de la presente invención;

La figura 5B presenta esquemáticamente un conjunto de celdas de metal-aire 550, según algunas realizaciones de la presente invención; y

40 La figura 6 presenta esquemáticamente un conjunto de celdas de metal-aire, según algunas realizaciones de la presente invención.

45 Se apreciará que, por simplicidad y claridad de la ilustración, los elementos mostrados en las figuras no han sido necesariamente dibujados a escala. Por ejemplo, las dimensiones de algunos de los elementos pueden exagerarse en relación con otros elementos para mayor claridad. Además, cuando se considere apropiado, los números de referencia se pueden repetir entre las figuras para indicar elementos correspondientes o análogos.

Descripción detallada de la invención

50 En la siguiente descripción detallada, se exponen numerosos detalles específicos para proporcionar una comprensión completa de la presente invención. Sin embargo, se entenderá por parte de los expertos en la técnica, que la presente invención puede ponerse en práctica sin estos detalles específicos. En otros casos, procedimientos, y componentes bien conocidos no se han descrito en detalle para no oscurecer la presente invención.

55 Por lo general, una celda de metal-aire usada contiene, además del electrolito usado, residuos oxigenados del ánodo que pueden acumularse en el fondo de la carcasa de la celda o residir como suspensión en el electrolito. De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, la restauración de una celda de metal-aire no implica el desmantelamiento de la celda usada y no implica la eliminación del ánodo usado de la celda usada. De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, la celda utilizada permanece cerrada herméticamente y a prueba de fugas.

60 Se hace referencia a las **figuras 1A-1C**, que representan esquemáticamente tres etapas de un proceso de eliminación de electrolito usado y suspensión de la celda de metal-aire 100, en tres etapas consecutivas, de acuerdo con algunas realizaciones que no son de acuerdo con la invención. La celda de metal-aire 100 comprende una carcasa de celda 102, una abertura de extracción/recarga de electrolito y suspensión de la celda 104, una entrada de electrolito 106, un tubo de suministro de suspensión y electrolito fresco 1002 y un tubo de retorno de suspensión y electrolito 1004. La

carcasa de celda 102 está cerrada herméticamente a los líquidos, lo que permite que el flujo entre y/o salga solo a través de las aberturas 104 y 106, que pueden controlarse para abrirse o cerrarse según las etapas que se describen a continuación. La suspensión de electrolito fresco y gránulos de metal fresco se puede mantener en un contenedor respectivo (no mostrado) y se puede proporcionar, en el momento adecuado, a través del tubo 1002. El tubo 1004 se puede usar para hacer fluir fuera de la carcasa 102 el exceso de electrolito fresco y suspensión o electrolito y suspensión usados, como se explica a continuación. La entrada 106 se puede usar para proporcionar electrolito nuevo desde un contenedor de electrolito nuevo (no mostrado) a la carcasa de celda 102. La carcasa de celda 102 puede contener electrolito usado 120 con suspensión de gránulos de metal usados 122. Cuando se requiere la eliminación del electrolito usado y la suspensión, el electrolito usado y la suspensión usada pueden bombearse fuera de la carcasa de celda 102 haciendo circular electrolito fresco a través de la entrada 106 y permitiendo que el contenido de la carcasa de celda 102 fluya hacia afuera a través del tubo 1004. En esta etapa, el tubo 1002 está cerrado. El flujo empujado de electrolito nuevo se bombea a la carcasa de celda 102, y el electrolito usado 220 con la suspensión usada 122 se expulsa de la carcasa de celda 102 a través de la abertura 104 y el tubo 1004. El flujo de entrada de electrolito nuevo a través de la abertura 106 puede provocar un flujo turbulento dentro de la carcasa de celda 102 y desmenuza las partículas del ánodo, como se muestra en las figuras 1A, 1B y 1C, donde el contenido de suspensión usada 122 en el electrolito mezclado dentro de la carcasa de celda 102 se reduce gradualmente hasta que prácticamente toda la suspensión usada se elimina de la carcasa de celda 102 y la carcasa se llena sustancialmente solo con electrolito nuevo. De acuerdo con algunas realizaciones, se pueden usar uno o más sensores para determinar cuándo la suspensión usada 122 y el electrolito usado 120 se han eliminado suficientemente de la carcasa de celda 102. Dichos sensores pueden ser sensores de caudal, sensores de transparencia/opacidad/turbidez, sensores de viscosidad, etc.

Cuando el electrolito usado y/o la suspensión usada se han eliminado lo suficiente de la carcasa de celda 102, el controlador de la batería comienza a recargar electrolito nuevo cargado con gránulos nuevos de metal del tipo de material utilizable como ánodo en la celda 102. Los gránulos de metal frescos comprenden principalmente gránulos de metal no oxigenados. Los gránulos de metal fresco pueden residir en el electrolito fresco en forma de suspensión, de modo que pueda ser arrastrado junto con un flujo del electrolito, preferiblemente al menos parcialmente suspendido en el electrolito opcionalmente circulado/dirigido con cierta tendencia a hundirse con la fuerza de gravedad. Se hace referencia ahora a las **figuras 2A-2C**, que representan esquemáticamente tres etapas consecutivas de un proceso de recarga de electrolito fresco y suspensión fresca en la celda de metal-aire 100 y, por lo tanto, recargar y renovar el ánodo en la celda/batería de metal-aire, según algunas realizaciones que no forman parte de la invención. El electrolito fresco 220 con gránulos de metal fresco suspendidos 222 en forma de suspensión se puede bombear, hacer circular o impulsar de otro modo a través del tubo de suministro 1002, fluyendo sobre la entrada de la abertura 104, por lo que al menos una cantidad de la suspensión suspendida 222 ingresa a la carcasa 102 y se hunde en la misma. Debido a la tendencia de la suspensión 222 a hundirse, el volumen creciente que ocupa gradualmente dentro de la carcasa de celda 102, como se ve en las figuras 2A, luego 2B y finalmente 2C, obliga al volumen correspondiente de electrolito fresco 220 a salir de la carcasa de celda 102 y fluir a través del tubo de retorno 1004 hacia un contenedor respectivo. El tubo de retorno 1004 también se usa para recibir la cantidad en exceso de electrolito con suspensión que no fluye desde el tubo de suministro 1002 a la carcasa de celda 102, para dirigirlo al contenedor respectivo (no mostrado). La etapa de recarga de la carcasa de celda 102 con electrolito fresco y suspensión de gránulos de metal fresco se puede detener según el tiempo de circulación predefinido o una o más de las siguientes indicaciones: peso de gránulos frescos que se tomaron del contenedor de electrolito fresco y suspensión fresca, conductividad entre las partículas de suspensión y el colector de corriente o cualquier otra sonda dedicada, sensor de caudal, sensor de transparencia/opacidad/turbidez, sensor de viscosidad, etc.

Se observará que la eliminación del electrolito usado con la suspensión de metal usado puede hacerse en un contenedor respectivo (no mostrado), como se sabe en la técnica. También se observará que el electrolito fresco utilizable para la eliminación de electrolito usado y suspensión de metal usado, como se describe anteriormente con respecto a las figuras 1A-1C, puede guardarse en un contenedor adecuado (no mostrado), como se sabe en la técnica, y se puede proporcionar a la carcasa de celda 102 para eliminar el electrolito usado y la suspensión usada mediante una bomba adecuada o un medio similar, como se sabe en la técnica. También se observará que el electrolito fresco con suspensión de metal fresco suspendido puede mantenerse en un contenedor adecuado (no mostrado) que puede estar provisto de medios de agitación tales como un agitador giratorio o un flujo de agitación.

De acuerdo con algunas realizaciones, después de que la suspensión 220 se asienta dentro de la celda, los tubos 1002, 1004, 104 y 106 pueden cerrarse, dejando la carcasa de celda 102 llena de electrolito fresco y suspensión de gránulos de metal fresco, o puede mantenerse abierta deliberadamente para permitir la compensación por cambios de volumen.

La suspensión fresca que se rellenó en la carcasa de celda 102 se puede usar para reformar y renovar el ánodo consumido en la celda de metal-aire, según algunas realizaciones de la presente invención, como se describe a continuación.

De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, la renovación de un ánodo consumido se lleva a cabo proporcionando una suspensión de gránulos metálicos frescos (con algunos restos de partículas oxigenadas) con electrolito fresco y empujando una cantidad relativamente grande de gránulos metálicos para que entren en contacto de alta conductividad con el colector de corriente dispuesto en la celda. Los gránulos de metal se comprimen sobre el

colector de corriente, formando así un ánodo con el colector de corriente. Para lograr este objetivo, se aplica presión sobre la suspensión, preferiblemente desde un lado exterior de la celda que está más alejado del lado del cátodo, comprimiendo y reduciendo la cantidad de electrolito dentro de la celda, entre las partículas, y mejorando la conductividad entre el metal/partículas conductoras y entre las partículas y el colector de corriente.

Los ejemplos de celdas representadas en las figuras 1A-1C y 2A-2C se ilustran con una dimensión circular en una de sus dimensiones en 3D. Sin embargo, sería evidente para los expertos en la técnica que las celdas operativas de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención pueden tener otras formas o formas en esa dimensión, como una forma rectangular o cuadrada, sin desviarse del alcance de las realizaciones de la invención descritas en el presente documento.

Se hace referencia ahora a la **figura 3**, que es una ilustración esquemática de la sección transversal de la celda de metal-aire 300 que permite la reformación del ánodo, según algunas realizaciones de la presente invención. La sección transversal se realiza a lo largo de las líneas CSL marcadas por líneas discontinuas en forma circular (figura 3A) y forma rectangular (figura 3B). La celda 300 comprende un volumen de espacio sellado líquido 303 confinado en la cubierta de la celda 302, la parte inferior de la celda 302B, la parte superior de la celda 302A, la pared del cátodo 340 y la pared flexible/comprimible 310. La pared separadora 304 se puede hacer, como se sabe en la técnica, para separar el electrolito y la suspensión que residen en el espacio 303 y el cátodo de aire 340 ubicado en el lado exterior de la pared separadora 304, permitiendo que solo el electrolito y, por lo tanto, el flujo eléctrico lo atraviesen. En el otro lado del cátodo de aire 340, se dispone una pared de soporte porosa 306. La pared porosa 306 puede estar hecha de material que proporcione suficiente soporte mecánico para el cátodo de aire 340 y para la pared del separador 304, para poder soportar las presiones que se desarrollan en la celda 300. La pared de soporte porosa 306 también puede estar hecha de un material que permita el paso de gas a través de la misma, por ejemplo, para proporcionar aire al cátodo 340. El colector de corriente 320 está dispuesto dentro del espacio 303. El colector de corriente 320 puede estar hecho de metal u otro material con alta conductividad y puede tener la forma de una malla de alambre con orificios de malla lo suficientemente grandes como para permitir el flujo libre de electrolito y suspensión a través de los orificios de un lado a otro, al tiempo que permite la unión de gránulos de metal en una suspensión sobre el colector de corriente 320, como se explica a continuación, según algunas realizaciones de la presente invención. La carcasa de celda 302 puede estar equipada con medios de control de presión internos 302B, que pueden ser cualquier tipo de alivio de presión y/o control que permita establecer el nivel requerido de presión dentro de la carcasa de celda 300 cuando, por ejemplo, el volumen de la carcasa de celda y/o el volumen del electrolito y la suspensión en la carcasa de celda cambia. Por ejemplo, si el volumen interno de la carcasa de celda 300 disminuye debido, por ejemplo, a la presión externa EP que se ejerce sobre la pared flexible 310, que la empuja hacia adentro de modo que el movimiento de la pared 310 a la posición de la pared 310A y, como resultado, el espacio interno 303 se reduce. Según algunas realizaciones, los medios de mantenimiento de la presión, como los medios de control de la presión 302B, pueden hacer que la presión acumulada dentro de la carcasa de celda 302 aumente hasta un nivel definido. El aumento de la presión y la disminución del volumen pueden provocar que cierta cantidad de electrolito se extraiga de la suspensión, elevando así el contenido relativo de suspensión fresca en el electrolito. Además, al menos parte de la suspensión puede unirse al colector de corriente 320 y, en general, reducir las distancias entre los gránulos de metal en la suspensión y, por lo tanto, reducir la resistencia eléctrica general en una trayectoria de corriente desde el colector de corriente 320 hacia el cátodo 340 a través del electrolito y la suspensión en el espacio 303. Otro método para controlar la cantidad de presión requerida es medir la conductividad entre el colector de corriente y el cátodo o electrodo adicional (no mostrado) insertado en el espacio de suspensión 303.

El espacio 303 puede así llenarse con electrolito nuevo y suspensión de gránulos de metal fresco 330 como se explicó anteriormente con respecto a las figuras 2A-2C. Cuando está suficientemente lleno, la presión externa EP puede ejercerse sobre la pared flexible 310, compactando el espacio 303 como se explica también en detalle a continuación. Según algunas realizaciones, la presión EP ejercida sobre la pared flexible 310 induce la misma presión dentro del espacio 303. Si se requiere, la presión resultante en el espacio 303 se puede controlar para que sea igual, para que no supere o para que sea inferior a un nivel de presión predefinido. La presión dentro del espacio 303 puede controlarse y/o medirse mediante un regulador de presión/manómetro 302B, como se conoce en la técnica.

Un ciclo de: aplicar presión externa EP en la pared flexible 310, exprimir cierta cantidad de electrolito de la suspensión en la carcasa de celda y fuera de la carcasa de celda aumentando así el contenido relativo de gránulos de metal en la suspensión, liberando la presión externa y permitiendo que la carcasa de celda 303 recupere un mayor volumen debido al retroceso de la pared flexible 310, y compensar la pérdida de electrolito proporcionando una cantidad adicional de electrolito fresco con gránulos de metal fresco puede repetirse tantas veces como sea necesario. Por ejemplo, según algunas realizaciones de la presente invención, este ciclo puede repetirse hasta que la cantidad creciente de gránulos de metal aumente la conductividad eléctrica, entre el colector de corriente 320 y el cátodo 340 o el electrodo adicional (no mostrado) insertado en el espacio de suspensión 303, por encima del nivel predefinido. El método descrito anteriormente para aumentar el contenido relativo de gránulos de metal en la suspensión de electrolito fresco se puede aplicar a la unidad de metal-aire que comprende una pluralidad de celdas, tal como la celda 300.

La pared flexible 310 también se usa para compensar los cambios en la acumulación de presión dentro de la celda debido al cambio de volumen resultante de la transformación del metal en óxido de metal durante el funcionamiento de la celda.

Se hace referencia ahora a **figura 4**, que presenta esquemáticamente un conjunto de celdas metal-aire 400, según algunas realizaciones de la presente invención. El conjunto de celdas 400 puede comprender una pluralidad de celdas 400A, 400B, 400C, etc. Cada una de las celdas 400A, 400B, 400C puede construirse y funcionar de manera similar a la celda 300 de la figura 3, con los cambios necesarios, como se describe en detalle a continuación. Las celdas 400A, 400B, 400C, etc., pueden colocarse una al lado de la otra en al menos dos disposiciones diferentes: ánodo a ánodo (o cátodo a cátodo) y ánodo a cátodo. El conjunto de celdas 400 de la figura 4 está dispuesto esquemáticamente en una disposición de ánodo a ánodo (ATA). Las celdas 400A-400C se presentan en una etapa vacía, que contiene muy poco o nada de electrolito y suspensión.

Cada una de las celdas 400A - 400C comprende un espacio sellado con líquido 403 confinado en una cubierta de celda como se describe anteriormente entre la parte inferior de la celda 402, la parte superior de la celda (no se muestra para no oscurecer el dibujo), la pared del separador 404 y la pared del cátodo 440. La pared separadora 404 se puede hacer, como se sabe en la técnica, para separar el electrolito y la suspensión que residen en el espacio 403 y el cátodo de aire 440 ubicado en el lado exterior de la pared separadora 404, permitiendo que solo el electrolito y el flujo eléctrico lo atraviesen. En el otro lado del cátodo de aire 440, se dispone una pared de soporte porosa 406. La pared porosa 406 puede estar hecha de material que proporcione suficiente soporte mecánico para el cátodo de aire 440 y para la pared del separador 404, para poder soportar las presiones que se desarrollan en la celda 400A/400B/400C. La pared de soporte porosa 406 también puede estar hecha de un material que permita el paso de gas a través de la misma, por ejemplo, para proporcionar aire al cátodo 440. El colector de corriente 420 está dispuesto dentro del espacio 403. El colector de corriente 420 puede estar hecho de metal u otro material con alta conductividad eléctrica y puede tener la forma de una malla de alambre con orificios de malla lo suficientemente grandes como para permitir el flujo libre de electrolito y la suspensión suspendida a través de los orificios de un lado a otro, al tiempo que permite la unión de gránulos de metal en una suspensión sobre el colector de corriente 420, como se explica a continuación, según algunas realizaciones de la presente invención. De acuerdo con algunas realizaciones, el colector de corriente 420 puede estar hecho de una lámina de metal flexible colocada junto a la pared flexible 410, lo que permite que la presión externa EP compacte la suspensión dentro del volumen 403.

Entre cada par de celdas adyacentes que están dispuestas ánodo a ánodo, tal como las celdas 400A y 400B, que tienen sus paredes flexibles 410 una frente a la otra, se puede colocar un elemento de aplicación de presión, como un elemento de presurización inflable 450, de manera que provoque la aplicación de presión sobre la cara exterior de las paredes flexibles 410 cuando se inflan. En algunas realizaciones, el elemento de presurización 450 puede ser un globo dispuesto entre paredes flexibles adyacentes 410. El globo 450 puede tener su abertura de inflado ubicada en un lugar con respecto a las envolturas exteriores de la celda 402A y 402B de modo que sea fácil conectarlo a los medios de inflado. El globo 450 puede adaptarse para inflarse con líquido o gas, por ejemplo, el globo 450 puede adaptarse para inflarse con líquido presurizado, por ejemplo, agua, o por gas a presión, por ejemplo, aire.

Entre cada uno de los otros tipos de pares de celdas adyacentes, estando dispuesto de cátodo a cátodo, puede disponerse el espacio de suministro de gas 460, permitiendo el suministro de gas portador de oxígeno tal como aire.

Se hace referencia ahora a la **figura 5A**, presentando esquemáticamente el conjunto de celdas metal-aire 500, según algunas realizaciones de la presente invención. El conjunto de celdas 500 puede comprender una pluralidad de celdas 400A, 400B, 400C, etc. Los elementos de la figura 5A que corresponden a elementos similares de la figura 4 son similares en estructura y funcionalidad. Cada una de las celdas 400A, 400B, 400C está construida y funciona de manera similar a las celdas 400A, 400B, 400C, respectivamente, de la figura 4, como se describe anteriormente. Un cambio sustancial entre el conjunto de celdas 500 y el conjunto de celdas 400 es la disposición de un par de celdas que tienen sus lados catódicos uno al lado del otro. En el conjunto de celdas 500, entre las celdas de al menos algunos de los pares que tienen celdas que tienen sus lados catódicos uno al lado del otro, pueden disponerse medios de soporte de suministro de gas y fuerza contraria 470. Tales medios pueden comprender un globo inflable que tenga cierto nivel de porosidad en su envoltura. El material del que está hecho el globo se selecciona para poder soportar el nivel de presión que debe proporcionar para proporcionar una fuerza contraria que se ejerza sobre la pared porosa 406, por ejemplo, cuando el globo 450 proporciona la presión principal. Además, el globo 470 puede estar diseñado para liberar a través de su envoltura porosa gas con oxígeno, tal como aire, a una velocidad suficiente para enriquecer el aire en los cátodos de aire 440 con suficiente oxígeno.

Se hace referencia ahora a la **figura 5B**, presentando esquemáticamente el conjunto de celdas metal-aire 550, según algunas realizaciones de la presente invención. El conjunto de celdas 550 puede comprender una pluralidad de celdas 400A, 400B, 400C, etc. Los elementos de la figura 5B que corresponden a elementos similares de las figuras 4 y 5A son similares en estructura y funcionalidad. Cada una de las celdas 400A, 400B, 400C está construida y funciona de manera similar a las celdas 400A, 400B, 400C, respectivamente, de la figura 5, como se describe anteriormente. Un cambio sustancial entre el conjunto de celdas 550 y el conjunto de celdas 500 es que las celdas 400A - 400C están llenas de electrolito fresco y suspensión de gránulos de metal fresco. El conjunto de celdas 550 se muestra en una configuración que es adecuada para aplicar presión sobre las paredes flexibles de las celdas por medio de los medios que proporcionan presión 450, aplicando contrapresión sobre las paredes porosas de soporte mediante la contrafuerza y los medios de suministro de gas 475, para permitir el enriquecimiento de la cantidad relativa de gránulos de metal en el electrolito de las celdas, como se describió anteriormente.

5 En la disposición de celdas del tipo de ánodo a cátodo, se proporcionan medios de aplicación de presión entre la pared flexible de un lado y la pared de soporte porosa del cátodo de la celda adyacente en el otro lado de los medios de aplicación de presión. En esta disposición de celda, los medios de aplicación de presión pueden ser medios sellados de gas/líquido capaces de aplicar únicamente presión mecánica sobre las paredes de sus lados. De acuerdo con otra realización más, los medios de aplicación de presión pueden tener uno de sus lados no poroso y el otro lado poroso, por lo que este globo puede ser capaz de proporcionar tanto una fuerza mecánica de presurización/compresión sobre una pared flexible adyacente como una fuerza contraria con gas de oxígeno enriquecido proporcionado a la pared porosa de soporte del cátodo en su otro lado adyacente.

10 Se hace referencia a la **figura 6** que presenta esquemáticamente un conjunto de celdas metal-aire 600, según algunas realizaciones de la presente invención. El conjunto 600 comprende una pluralidad de celdas de metal-aire 600A, 600B, 600C, etc. orientadas entre sí con el lado del ánodo de una mirando hacia el lado del cátodo de su celda adyacente. Cada una de las celdas 600A - 600C tiene una estructura similar a las celdas 400A - 400C de las figuras 5A, 5B con elementos similares que tienen los mismos números, sin embargo, con sus lados uno frente al otro de manera diferente a la disposición de las figuras 5A, 5B, ya que el uso y el papel de los elementos de presurización inflables 650, 660 es diferente aquí. El elemento inflable 650 se puede usar para aplicar presión sobre la pared flexible 410 de la celda 600A, mientras que la pared de soporte 406 de la celda 600B proporciona un soporte contrario al elemento inflable 650 y se puede alimentar con aire fresco mediante el suministro de aire. El segundo elemento inflable 660 está dispuesto entre la pared flexible 10 de la celda 600B y la pared de soporte 406 de la celda 600C. El segundo elemento inflable 660 puede tener en su cara más cercana a la pared de soporte de la celda 600C una pluralidad de pequeños orificios de ventilación adaptados para liberar aire a una velocidad definida cuando el segundo elemento inflable 660 se infla para ejercer presión sobre la pared flexible, proporcionando así aire fresco al cátodo de la celda 600C.

25 En una realización, los ánodos de esta invención comprenden zinc. En una realización, el ánodo comprende Zn y ZnO. En una realización, para un ánodo que comprende partículas (gránulos), Zn y ZnO están presentes en la misma partícula. En una realización, en una colección de partículas utilizadas como ánodo, algunas partículas comprenden Zn y otras comprenden ZnO. En una realización, las partículas de Zn en los ánodos de esta invención pueden comprender algo de ZnO en la superficie de la partícula.

30 En una realización, los ánodos de esta invención comprenden metal, metaloide, aleación de metal, óxido de metal o una combinación de los mismos. En una realización, el metal/metaloide se selecciona de Zn, Fe, Sn, Si, Ge o una combinación de los mismos. En una realización, el óxido metálico se selecciona de óxidos de Zn(II), Fe(II) o Fe(III), Sn(II), Si(IV), Ge(IV). En una realización, los ánodos de esta invención comprenden una combinación de metal(es) y óxido(s) de metal seleccionados de las listas descritas anteriormente en el presente documento. En una realización, para una colección de partículas, todas las partículas comprenden los mismos materiales. En una realización, para una colección de partículas, el contenido de material de algunas partículas es diferente del contenido de material de otras partículas.

REIVINDICACIONES

1. Método para la renovación de un ánodo consumido en una celda de metal-aire sin dismantelar la celda, comprendiendo el método:
- 5 hacer circular electrolito a través de la celda para evacuar la suspensión usada de la celda;
 hacer circular electrolito con suspensión fresca en la celda y permitir la sedimentación de la suspensión fresca dentro de la celda para formar un ánodo;
 aplicar presión externa a una pared flexible de la celda, exprimiendo así una cierta cantidad de electrolito de la suspensión en la carcasa de celda y fuera de la carcasa de celda, aumentando así el contenido relativo de gránulos de metal en la suspensión y compactando así la suspensión para reducir los espacios entre sus partículas;
 10 aliviar la presión aplicada externamente; y
 proporcionar electrolito fresco con una suspensión de gránulos de metal fresco para compensar la pérdida de electrolito,
 15 en el que la aplicación y el alivio de la presión externa se lleva a cabo por medio de un elemento de presurización colocado adyacente y exterior a la celda.
2. Método de la reivindicación 1, en el que el elemento de presurización está dispuesto entre dos lados de ánodo adyacentes de dos celdas adyacentes.
- 20 3. Método de la reivindicación 1, en el que el elemento de presurización está dispuesto entre el lado del ánodo de una celda y el lado del cátodo de una celda adyacente.
4. Método de la reivindicación 1, que comprende además aplicar una presión contraria al lado del cátodo.
- 25 5. Método de la reivindicación 1, que comprende además suministrar oxígeno al cátodo por medio de al menos un globo perforado y una capa porosa.
6. Método de la reivindicación 1, que comprende además controlar la presión aplicada por al menos uno de sensor de presión y conductividad detectada entre la suspensión y el colector de corriente.
- 30 7. Método de la reivindicación 1, que comprende además controlar el volumen de la celda para compensar el cambio en el volumen de la suspensión debido a la transformación de metal en óxido de metal.
8. Método de la reivindicación 1, que comprende además controlar la conductividad a través de la suspensión para compensar el cambio en la conductividad de la suspensión debido a la transformación de metal conductor a óxido de metal no conductor.
- 35 9. Método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el metal de la suspensión se selecciona de la lista de metales Zn, Fe, Sn, Si y Ge.
- 40 10. Celda de metal-aire que permite la renovación de un ánodo consumido sin dismantelar la celda, comprendiendo la celda de metal-aire:
- 45 una pared porosa dispuesta en la cara exterior del cátodo de la celda y que define una primera cara exterior de la celda;
 una capa de cátodo de aire adyacente a la pared porosa;
 una pared separadora dispuesta en la cara interior de la capa de cátodo de aire;
 un volumen de espacio de la celda para contener electrolito y suspensión de gránulos de metal;
 50 una abertura en el volumen del espacio de la celda para permitir el flujo circulante de fluido para evacuar la suspensión usada de la celda;
 una abertura en el volumen del espacio de la celda para permitir el flujo de electrolito con suspensión de gránulos de metal para fluir hacia el volumen del espacio de la celda;
 una capa colectora de corriente flexible para formar un ánodo, estando hecha dicha capa colectora de corriente flexible de material conductor de corriente dispuesto en el espacio; y
 55 una pared flexible que define una segunda cara exterior de la celda,
 en el que la pared flexible y la capa colectora de corriente flexible son tan comprimibles que se empujan hacia el interior de la celda sujeta a la presión aplicada a la cara exterior de la pared flexible, reduciendo así el volumen del espacio; y
 en el que la capa de colector de corriente flexible permite el flujo de electrolito y suspensión a través de la misma mientras permite la compactación de gránulos de metal en la suspensión sobre la capa de colector de corriente flexible.
- 60 11. Celda de metal-aire de la reivindicación 10, en la que la pared porosa está adaptada para permitir el flujo de gas que contiene oxígeno a través de la misma.
- 65

12. Celda de la reivindicación 10, en la que el volumen del espacio de la celda está adaptado para contener una composición de suspensión que comprende electrolito, partículas de metal, partículas de óxido de metal, aditivos.

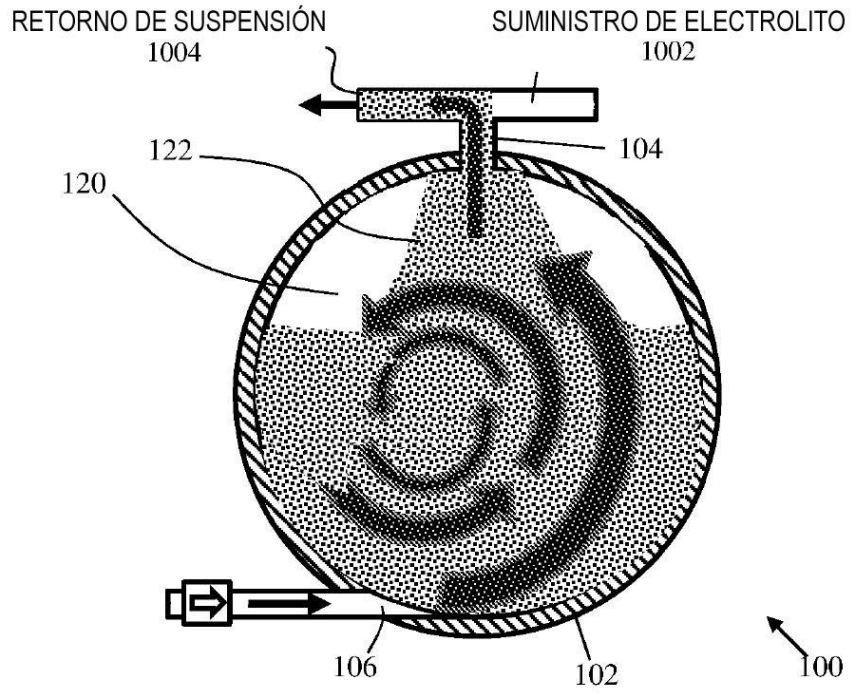


Fig. 1A

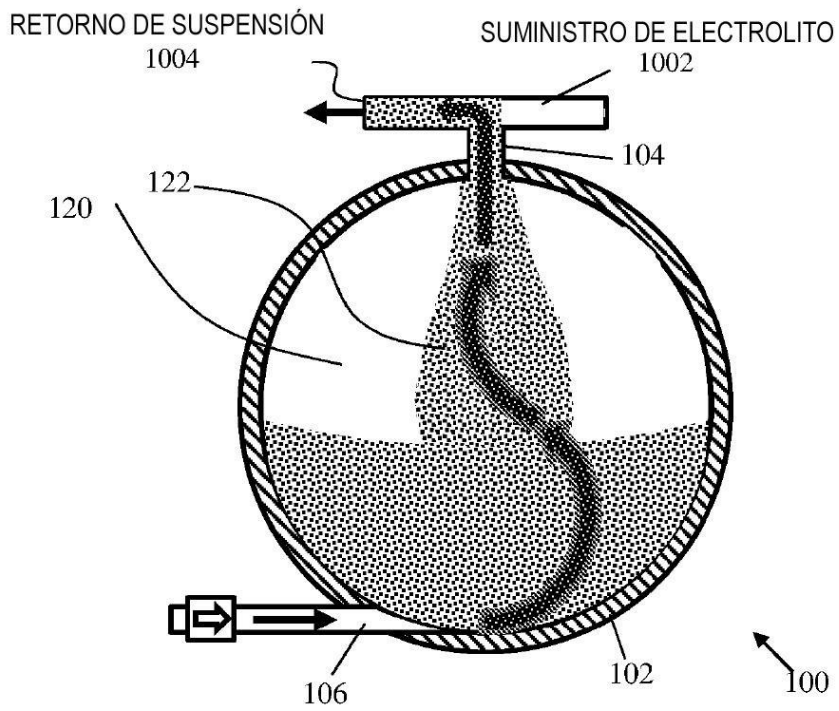


Fig. 1B

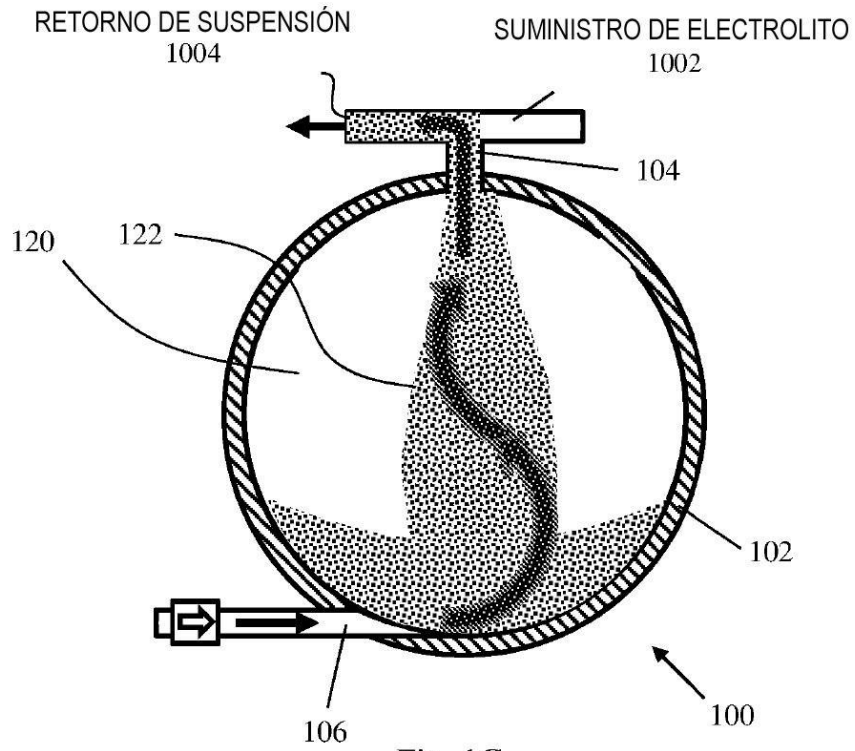


Fig. 1C

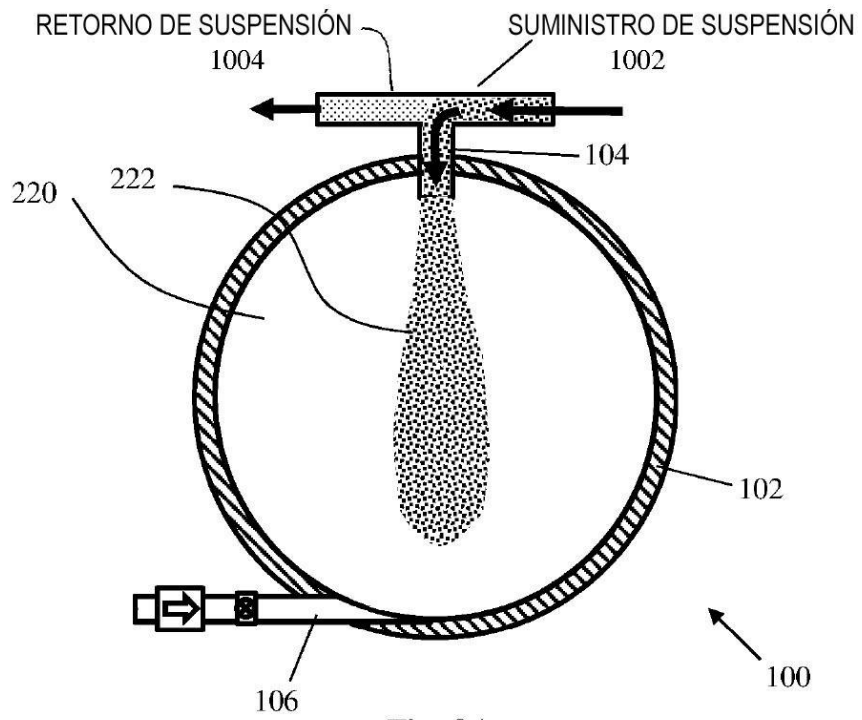


Fig. 2A

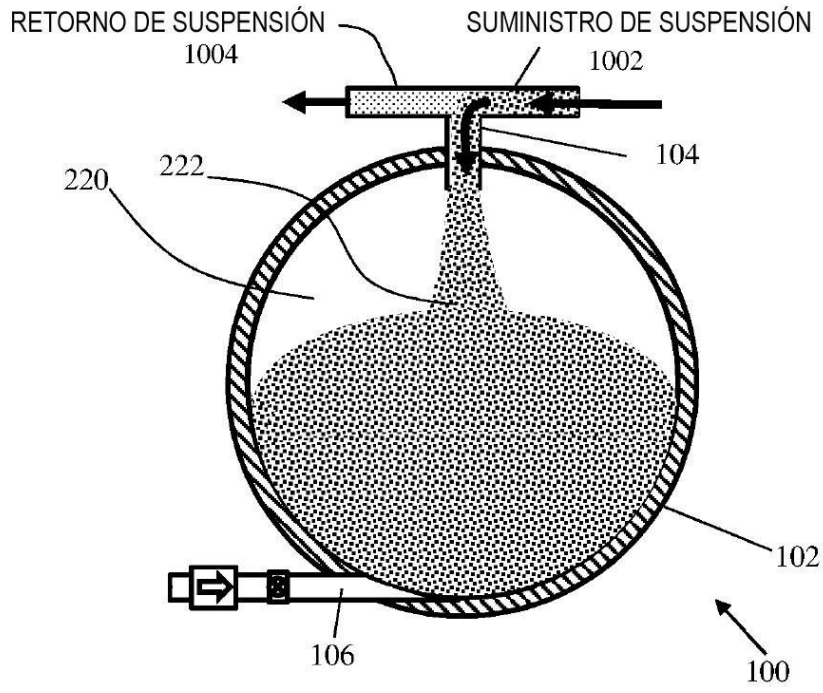


Fig. 2B

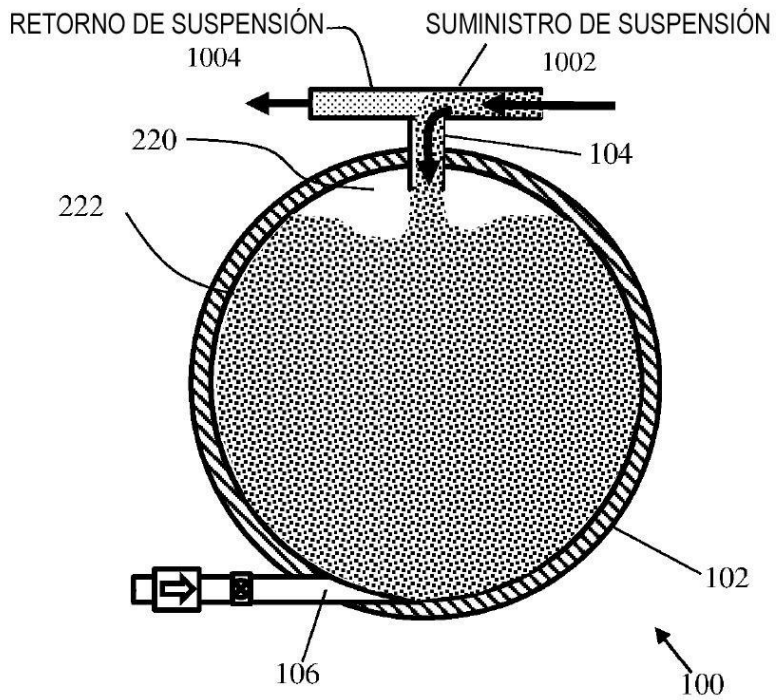


Fig. 2C

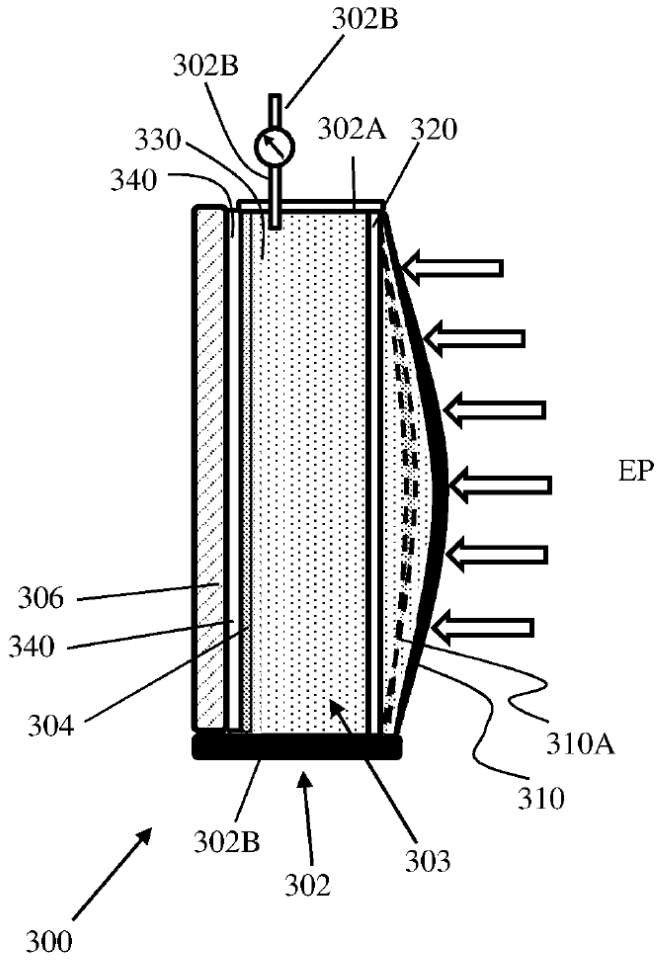


Fig. 3

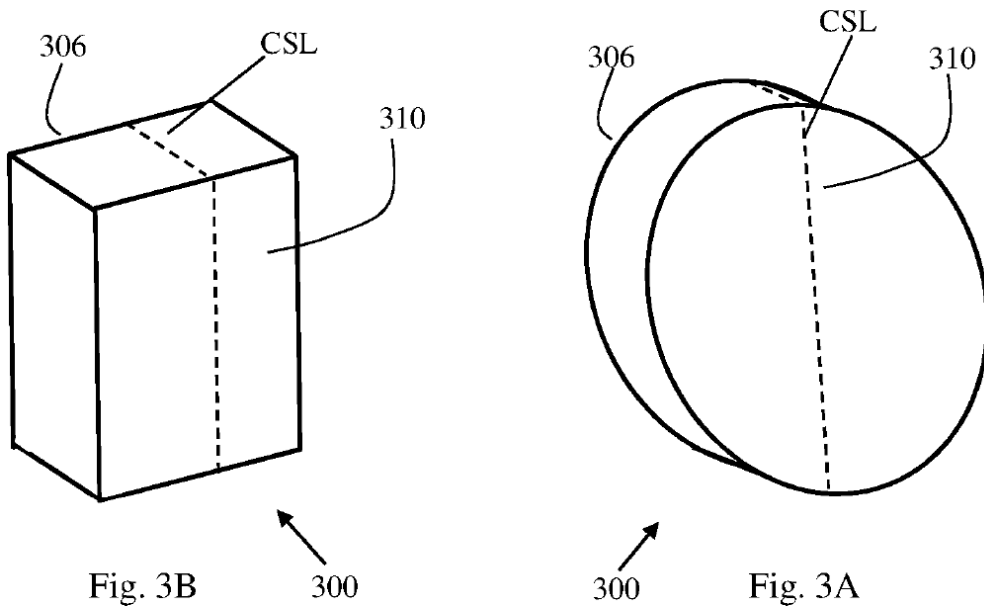


Fig. 3B

Fig. 3A

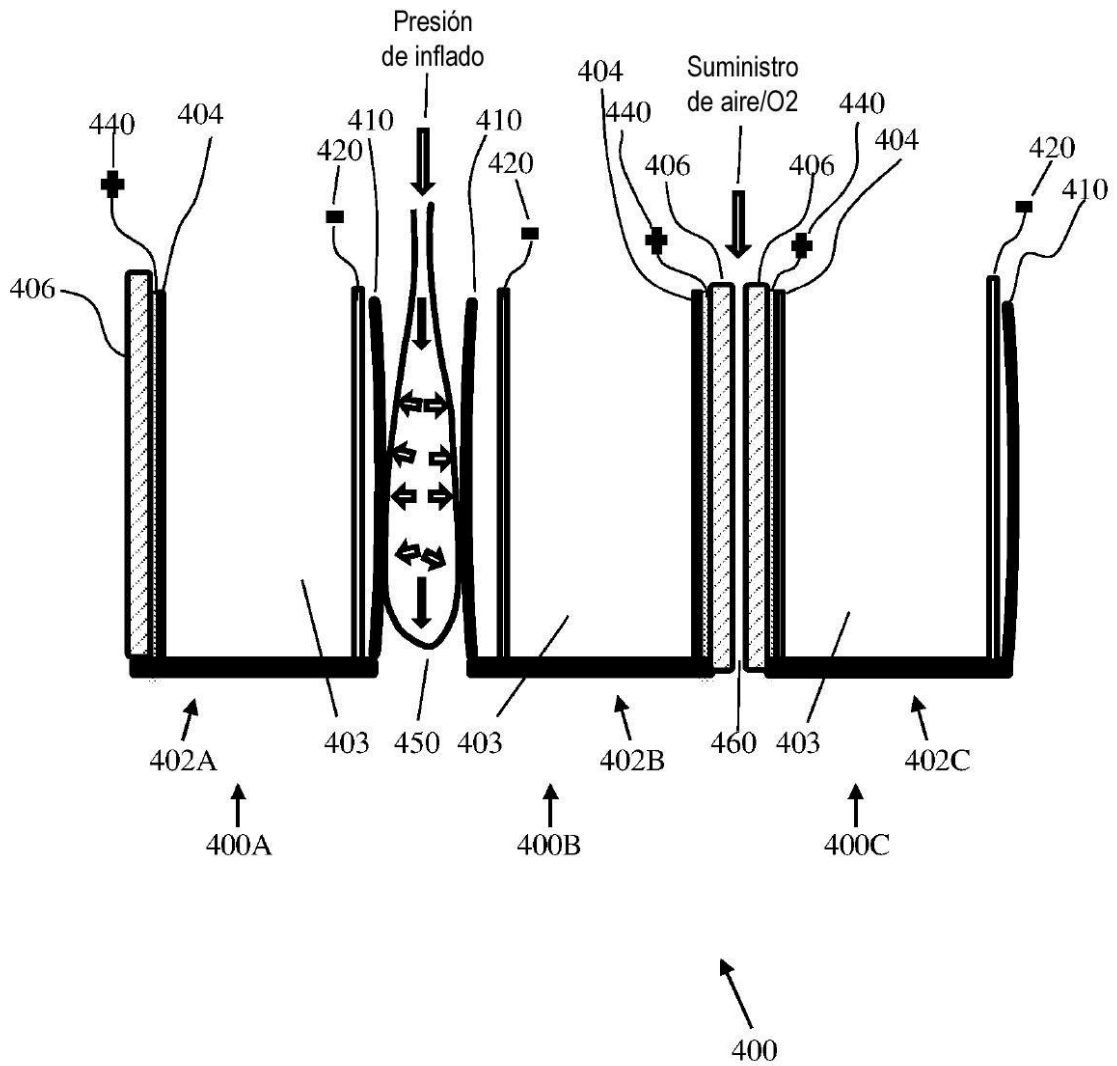


Fig. 4

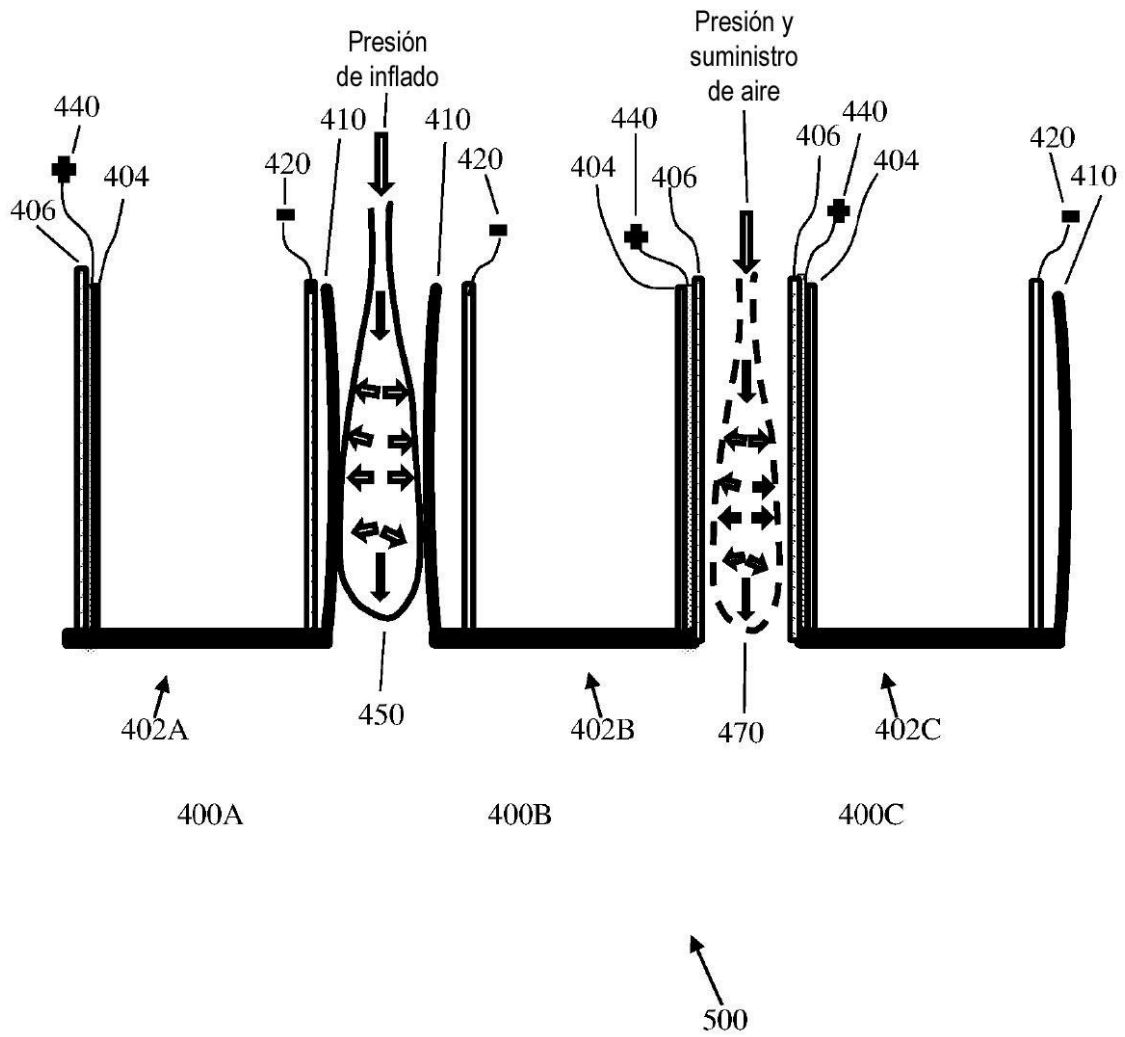


Fig. 5A

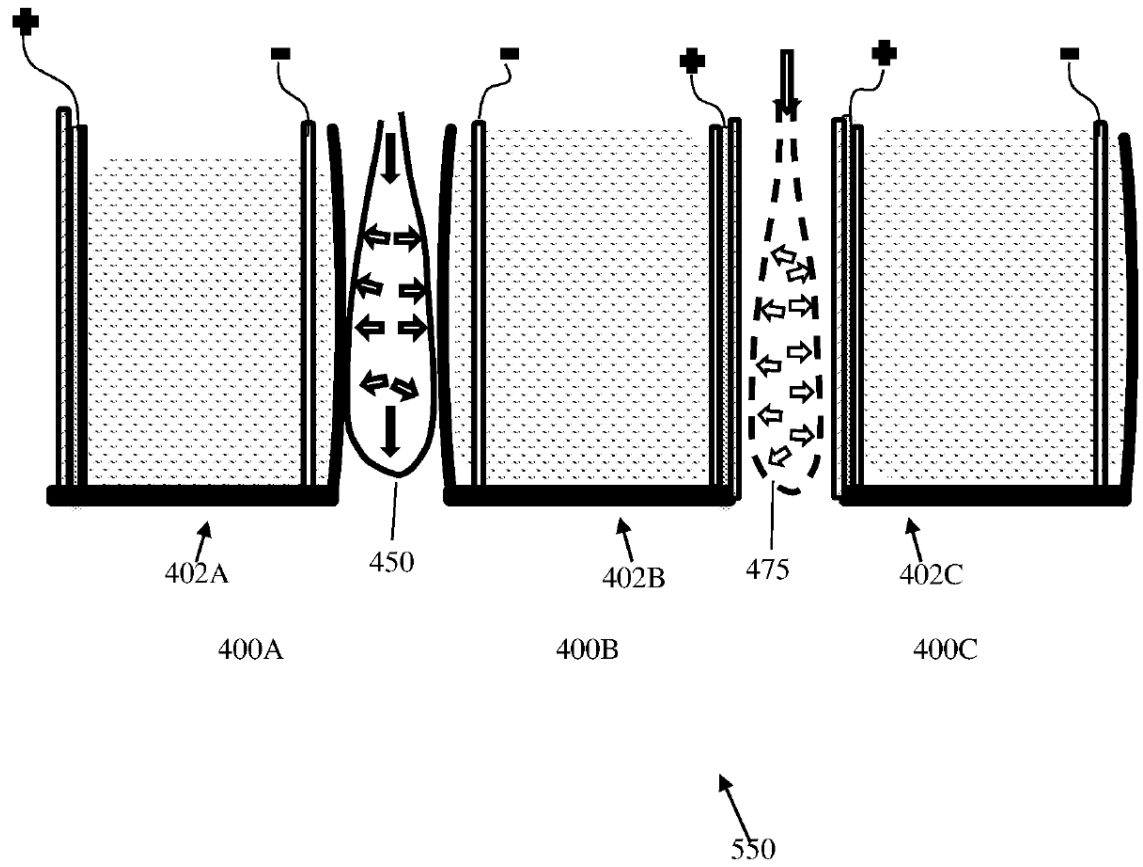


Fig. 5B

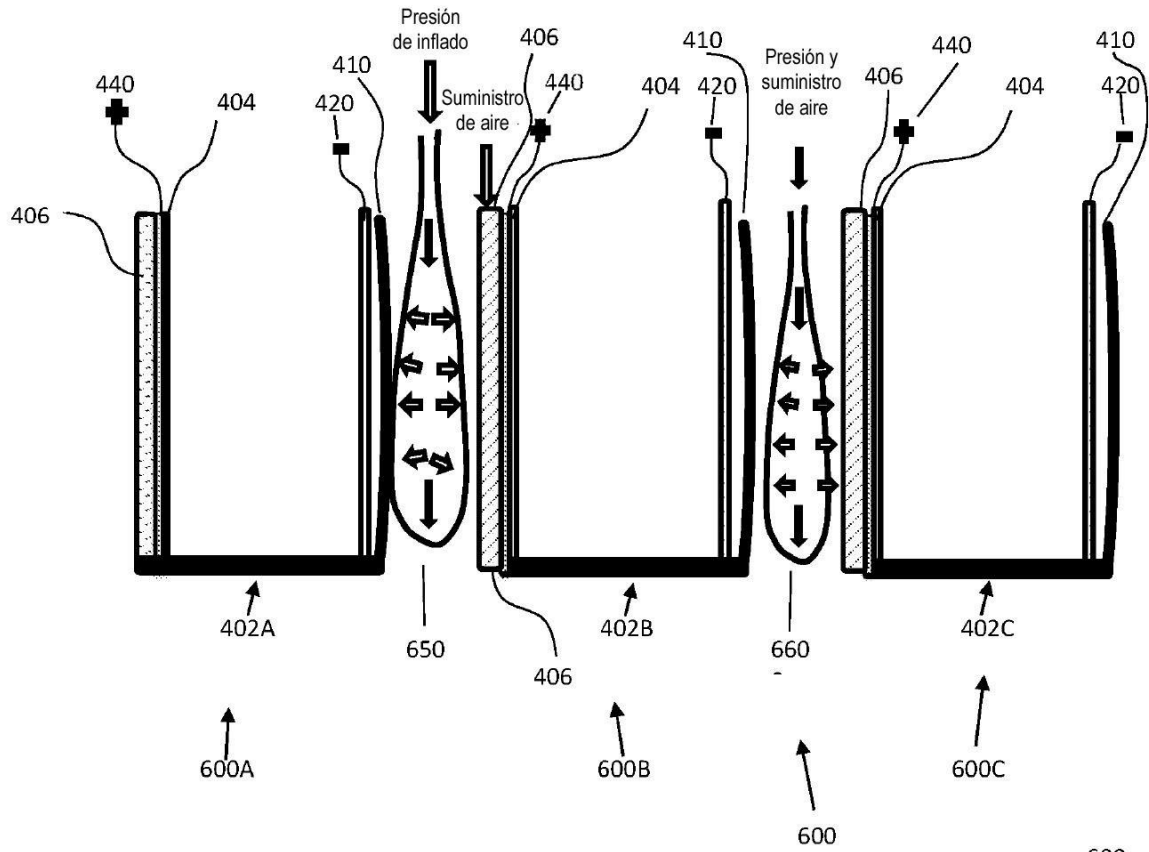


Fig. 6

600