

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 636 901**

51 Int. Cl.:

C01B 13/02 (2006.01)

B01D 53/04 (2006.01)

B01D 53/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.03.2011** **PCT/US2011/029535**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.11.2011** **WO11136881**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.03.2011** **E 11712408 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.05.2017** **EP 2563718**

54 Título: **Método y aparato para suministrar oxígeno**

30 Prioridad:

28.04.2010 US 769030

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

10.10.2017

73 Titular/es:

PRAXAIR TECHNOLOGY, INC. (100.0%)
39 Old Ridgebury Road
Danbury, CT 06810, US

72 Inventor/es:

SWAMI, SADASHIV;
BARRETT, PHILIP A. y
KELLY, RICHARD MARTIN

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 636 901 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

Método y aparato para suministrar oxígeno

5 Campo de la Invención

La presente invención se refiere a un método y aparato para administrar oxígeno en el cual el oxígeno se separa del aire mediante el uso de un dispositivo eléctrico de separación en el cual el oxígeno se separa del aire a través del transporte iónico de oxígeno en un conductor iónico. Más específicamente, la presente invención se refiere al método y aparato en el cual se almacena el oxígeno separado en un adsorbente para que el oxígeno pueda ser suministrado tanto desde el adsorbente como del dispositivo eléctrico de separación de oxígeno.

10 Antecedentes de la Invención

El oxígeno puede ser separado del aire mediante el uso de dispositivos eléctricos de separación de oxígeno. Estos dispositivos emplean un elemento de membrana que contiene un electrolito, como la circona estabilizada con itrio que se coloca entre un electrodo cátodo y un electrodo ánodo y colectores de corriente ubicados en las superficies externas de los electrodos para aplicar un potencial eléctrico entre los electrodos y, por lo tanto, el electrolito. Cuando la membrana se calienta a una temperatura en la cual puede ocurrir el transporte iónico de oxígeno y se aplica el potencial eléctrico a los electrodos, el aire que se encuentra en contacto con el electrodo cátodo se ionizará en iones de oxígeno y será transportado al electrodo ánodo. En el electrodo ánodo, los iones de oxígeno se recombinarán en moléculas de oxígeno que pueden juntarse para producir un producto de oxígeno. Estos dispositivos tienen un uso particular en aplicaciones industriales en la que es necesario oxígeno de pureza ultra alta.

Aunque hay muchas formas de estos dispositivos, típicamente el elemento de membrana cuenta con una estructura en capas que emplea capas de electrolitos, electrodos y colectores de corriente en forma de placa plana o tubular. Adicionalmente, los elementos de membrana están conectados por medio de un distribuidor para juntar el oxígeno separado mediante el uso de los elementos de membrana. El conjunto puede alojarse dentro de un recinto calentado eléctricamente para calentar las membranas a su temperatura de funcionamiento. El aire es administrado en el recinto para tomar contacto con los elementos de membrana. Por ejemplo, cuando se utilizan formas tubulares de los elementos de membrana, los tubos pueden conectarse a un distribuidor y el aire introducido en el recinto calentado a través de un soplador o similar toma contacto con las superficies externas de los tubos. El oxígeno separado se juntará dentro de los tubos y será liberado del recinto calentado por medio de un conducto de salida conectado al distribuidor.

Como se indica más arriba, los dispositivos eléctricos de separación de oxígeno tienen aplicaciones particulares en las que se requiere el suministro de oxígeno de pureza ultra alta. Las potenciales aplicaciones incluyen su uso en analizadores de combustión para efectuar el análisis de elementos, uso de un gas de proceso en la fabricación microelectrónica, y uso de gas de purga en cortes con láser. En estas aplicaciones, el requerimiento de oxígeno será variable y cuando la instalación se cierra, ya no se requerirá oxígeno. Sin embargo, es muy costoso diseñar tal dispositivo de separación con tasas de flujo de oxígeno variables que satisfagan la demanda de oxígeno para aplicaciones de clientes amplias. De hecho, en la mayoría de los casos, el usuario requerirá tasas más altas de flujo de oxígeno para períodos de tiempo cortos, por ejemplo, de cinco a ocho horas. A pesar de que tales dispositivos de separación de oxígeno se pueden diseñar para suministrar el oxígeno a tasas de flujo de oxígeno variables, el separador de oxígeno será muy costoso y en la mayoría de los casos poco utilizado. Es mucho más práctico diseñar el dispositivo de separación de oxígeno con una tasa fija de flujo de oxígeno, por ejemplo, 0,5, 1,0, 1,5 o 2,0 litros estándar por minuto que funcione de manera continua siete días a la semana. Este diseño incrementará el uso del dispositivo de separación de oxígeno manteniendo los costes de fabricación a un nivel práctico más bajo.

El problema de diseñar un dispositivo de separación de oxígeno con un bajo rendimiento fijo, como se ha descrito más arriba, es que también debe administrarse un volumen de reserva de oxígeno suficiente para que el cliente pueda extraer oxígeno a una tasa de flujo alta (mayor que la tasa de generación) durante los picos de utilización del dispositivo. Sin embargo, el almacenamiento de oxígeno es una propuesta exigente debido a que la presión de funcionamiento de un dispositivo de separación de oxígeno es generalmente muy baja. Para proporcionar un volumen de reserva de oxígeno significativo, el oxígeno en cuestión debe ser comprimido para su almacenamiento en un recipiente pequeño o mediante la provisión de una cámara de compensación adicional voluminosa. Ambas opciones tienen desventajas inherentes. Por ejemplo, el coste de un compresor de oxígeno puede ser mucho mayor que el propio dispositivo de separación de oxígeno y es comercialmente prohibitivo dada la alternativa de suministrar el oxígeno a partir de cilindros de gas. Las cámaras de compensación son menos costosas comparadas con los compresores pero ocupan un espacio muy valioso, lo que es de suma importancia en laboratorios. Además, para poder suministrar un volumen de reserva suficiente en una cámara de compensación, el oxígeno debe ser almacenado a presiones muy elevadas, por ejemplo por sobre los 500 psig. Sin embargo, hacer funcionar elementos de membrana tubulares a altas presiones incrementa la tensión circunferencial tubular dentro de estos elementos causando un posible fallo. Además, la oxidación de los electrodos y la densificación del colector de corriente pueden ser peligrosos a presiones tan altas.

El documento US 2007/062707 A1 describe un método de suministro de oxígeno para hacer frente a la demanda del usuario, que comprende: (a) separar el oxígeno del aire a través del transporte iónico de oxígeno dentro de un generador de oxígeno de cerámica para producir una corriente de oxígeno separado; (b) almacenar al menos parte del oxígeno contenido dentro de la corriente de oxígeno separada en un recipiente de almacenamiento; y (c)

suministrar oxígeno al usuario mediante la combinación de la parte restante de la corriente de oxígeno separado con la corriente de oxígeno del recipiente de almacenamiento para formar una corriente de oxígeno combinada a partir de la cual el oxígeno es administrado a través de un regulador para hacer frente a la demanda de oxígeno del usuario.

Como se describirá, la presente invención provee de un método y aparato de suministro de oxígeno que emplea un dispositivo eléctrico de separación de oxígeno de una forma más práctica y eficiente que la contemplada en la técnica anterior señalada más arriba.

Compendio de la Invención

En un aspecto, la presente invención provee un método de suministro de oxígeno para hacer frente a las demandas del usuario. Según este aspecto de la presente invención, el oxígeno se separa del aire a través del transporte iónico de oxígeno dentro de un dispositivo eléctrico de separación de oxígeno para producir una corriente de oxígeno separado. Al menos parte del oxígeno contenido en la corriente de oxígeno separado se almacena al introducir al menos parte de la corriente de oxígeno separado dentro de un lecho adsorbente. El oxígeno se suministra para hacer frente a la demanda del usuario por medio de la liberación de una corriente de oxígeno de lecho adsorbente desde el lecho adsorbente que contiene el oxígeno previamente almacenado dentro del lecho adsorbente y la combinación de al menos una parte restante de la corriente de oxígeno separado con la corriente de oxígeno de lecho adsorbente para formar una corriente de oxígeno combinada.

De esta manera, el dispositivo de separación de oxígeno puede diseñarse con una menor capacidad nominal de producción para el oxígeno. Como se describirá, durante períodos de baja demanda que incluyen períodos en los que no existe demanda, tales como en la noche, el dispositivo de separación de oxígeno almacenará todo o parte del oxígeno generado en el lecho adsorbente, para que durante los períodos de alta demanda, el oxígeno de lecho adsorbente y el oxígeno generado estén disponibles para hacer frente a la demanda. Como el lecho adsorbente utilizado contiene un adsorbente, no es necesario comprimir el oxígeno o almacenar el oxígeno a una presión más baja dentro de una cámara de compensación para hacer frente a esa demanda. Además, el uso de un lecho adsorbente que consiste en un recipiente adsorbente que contiene un adsorbente permite que se almacene más oxígeno en una cámara más pequeña para hacer frente a la demanda de usuario.

En una realización particular, durante un período inicial de suministro de oxígeno, el oxígeno se suministra únicamente por la corriente de oxígeno de lecho adsorbente y durante ese período, la presión dentro del lecho adsorbente disminuye continuamente y el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno se encuentra en un estado desactivado y no está produciendo el oxígeno. En un período subsiguiente del suministro del oxígeno, que comienza cuando la presión dentro del lecho adsorbente disminuye a un nivel de presión predeterminado menor, el dispositivo de separación de oxígeno se activa para producir la corriente de oxígeno separado y, durante el período subsiguiente, la demanda del usuario puede ser menor, igual o mayor que la tasa a la cual el oxígeno es capaz de producirse por medio del dispositivo eléctrico de separación de oxígeno. En este respecto, si la demanda de usuario es menor que la tasa a la que el oxígeno es capaz de producirse mediante el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno, la parte de la corriente de oxígeno separado se introduce en el lecho adsorbente para almacenar parte del oxígeno contenido en la corriente de oxígeno separado dentro del lecho adsorbente y la parte restante de la corriente de oxígeno separado se suministra al usuario para hacer frente a la demanda del usuario. Durante la introducción de la parte de la corriente de oxígeno separado en el lecho adsorbente, la presión dentro del lecho adsorbente aumenta continuamente y cuando la presión dentro del lecho adsorbente aumenta a un nivel de presión predeterminado más alto que es mayor que el nivel de presión predeterminado menor, el dispositivo de separación de oxígeno vuelve al estado desactivado. Si la demanda de usuario es sustancialmente igual a la tasa a la cual el oxígeno es producido por el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno, el oxígeno se suministra únicamente por la corriente de oxígeno separado y no por la corriente de oxígeno de lecho adsorbente. Si la demanda de usuario es mayor a la tasa a la cual se produce el oxígeno por medio del dispositivo eléctrico de separación de oxígeno, el oxígeno se suministra por la corriente combinada donde la corriente combinada se forma de la corriente de oxígeno de lecho adsorbente y toda la corriente de oxígeno separado. Si el usuario no demanda oxígeno y la presión dentro del lecho adsorbente es igual o menor que el nivel menor de presión predeterminado, el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno se activa y toda la corriente de oxígeno separado se introduce en el lecho adsorbente hasta que se alcance el mayor nivel de presión predeterminado y el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno vuelva al estado desactivado.

En otra realización, la demanda de usuario puede oscilar entre períodos en los que no existe demanda de usuario y los que sí existe demanda de usuario de oxígeno. En este caso, cuando no existe demanda de usuario y la presión dentro del lecho adsorbente está por debajo del nivel predeterminado, el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno se activa y toda la corriente de oxígeno separado se introduce en el lecho adsorbente. Cuando la presión dentro del lecho adsorbente alcanza un nivel predeterminado, el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno se

desactiva. Cuando existe demanda de usuario, el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno se activa y el oxígeno se suministra al usuario mediante la corriente combinada en donde la corriente combinada se forma a partir de toda la corriente de oxígeno de lecho adsorbente y la corriente de oxígeno separado.

En cualquier realización de la presente invención, el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno y el recipiente adsorbente están contenidos dentro de un sistema para distribuir el oxígeno y el oxígeno se suministra por medio de un suministro de reserva del oxígeno tras la incapacidad del sistema de hacer frente a la demanda de usuario de oxígeno. Además, la presión de oxígeno del oxígeno que se distribuye para hacer frente a la demanda de usuario puede regularse a un nivel por debajo del de la corriente de oxígeno de lecho adsorbente y la corriente de oxígeno separado.

En otro aspecto, la presente invención provee un aparato para suministrar oxígeno para hacer frente a la demanda de usuario. En este aspecto, se configura un dispositivo eléctrico de separación de oxígeno para separar el oxígeno del aire a través de transporte iónico de oxígeno y así producir una corriente de oxígeno separado. Se proporciona un lecho adsorbente que contiene un adsorbente. Una red de flujo conecta el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno con el lecho adsorbente de modo que al menos parte de la corriente de oxígeno separado se introduzca en el lecho adsorbente y al menos parte del oxígeno contenido en la corriente de oxígeno separado se almacene en el lecho adsorbente. La red de flujo tiene una salida en comunicación de flujo tanto con el lecho adsorbente como con el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno de modo que el oxígeno pueda ser suministrado desde la salida como una corriente combinada compuesta de al menos una parte restante de la corriente separada producida por el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno y una corriente de oxígeno de lecho adsorbente producida por el oxígeno previamente almacenado dentro del lecho adsorbente para hacer frente a la demanda de usuario de oxígeno.

En una realización, se provee un sistema de control que reacciona ante la presión dentro del lecho adsorbente y se configura de tal modo que cuando la presión se encuentra a un nivel de presión más bajo, el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno se activa para producir la corriente de oxígeno separado y cuando la presión se encuentra a un nivel más alto de presión, mayor que el nivel de presión más bajo, el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno se desactiva y queda en estado desactivado en el cual la corriente de oxígeno separado no se produce. La red de flujo cuenta con al menos una válvula de retención posicionada para evitar el flujo del lecho adsorbente hacia el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno de modo que cuando existe demanda de usuario, y la presión se encuentre a un nivel de presión más alto, el oxígeno suministrado a partir de la salida consiste únicamente en la corriente de oxígeno de lecho adsorbente hasta que la presión dentro del lecho adsorbente haya descendido a un nivel de presión más bajo, tras lo cual el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno se activa y a partir de entonces el oxígeno se suministra según la demanda de usuario. Si la demanda de usuario es menor al caudal de la corriente de oxígeno separado, el oxígeno suministrado a partir de la salida consiste en la parte restante de la corriente de oxígeno separado y la parte de la corriente de oxígeno es suministrada al lecho adsorbente. Si la demanda de usuario es igual al caudal de la corriente de oxígeno separado, el oxígeno suministrado de la salida consiste en toda la corriente de oxígeno separado y, si la demanda de usuario es mayor al caudal de la corriente de oxígeno separado, el oxígeno suministrado desde la salida consiste en la corriente combinada.

En otra realización, el sistema de control reacciona a la presión dentro del lecho adsorbente y se configura de manera tal que cuando la presión se encuentra a un nivel de presión más bajo, el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno se activa para producir la corriente de oxígeno separado y cuando la presión se encuentra a un nivel más alto de presión, mayor que el nivel de presión más bajo, el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno se desactiva y queda en un estado desactivado en el cual la corriente de oxígeno separado no se produce. La red de flujo cuenta con al menos una primera válvula de retención para evitar el flujo del lecho adsorbente hacia el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno y dos rutas de flujo paralelas de dirección contraria. Una de las dos rutas de flujo paralelas se comunica, en un extremo, con el lecho adsorbente, y en el otro extremo, se comunica con el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno y la otra de las dos rutas de flujo paralelas, en un extremo, se comunica con el lecho adsorbente y, en el otro extremo, se comunica con la salida. Una de las dos rutas de flujo paralelas cuenta con una segunda válvula de retención posicionada para evitar el flujo desde el lecho adsorbente hacia el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno y la otra de las dos rutas de flujo cuenta con una tercera válvula de retención para evitar el flujo del dispositivo eléctrico de separación de oxígeno hacia el lecho adsorbente, de modo que cuando el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno se activa al nivel de presión más bajo, la corriente de oxígeno separado fluirá hacia el lecho adsorbente a través de una de las dos rutas de flujo. La red de flujo también está provista de un regulador de presión posicionado dentro de la otra de las dos rutas de flujo, entre la tercera válvula de retención y el lecho adsorbente y está configurada para reducir la presión de línea de la corriente de oxígeno de lecho adsorbente de modo que la corriente de oxígeno de lecho adsorbente pueda combinarse con la corriente de oxígeno separado. El sistema de control está también configurado para activar selectivamente el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno cuando la presión se encuentra a un nivel de presión más alto y existe una demanda de usuario tal que el oxígeno entregado de la salida de la red de flujo consiste en la corriente combinada que a su vez consiste en la corriente de oxígeno de lecho adsorbente que fluye a través de la otra de las dos rutas de flujo hacia la salida y la corriente de oxígeno separado fluye desde el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno hacia la salida.

En cualquier realización, un regulador de presión de salida puede conectarse a la salida para regular la presión de oxígeno del oxígeno entregado de la salida a un nivel por debajo del nivel de la corriente de oxígeno de lecho adsorbente y la corriente de oxígeno separado. Además, puede proveerse un sistema de reserva de suministro que contenga un cilindro de oxígeno conectado a la salida. El sistema de reserva de suministro está configurado para entregar oxígeno desde el cilindro de oxígeno cuando el nivel de presión de oxígeno cae por debajo de un nivel de presión predeterminado. También, en cualquier realización de la presente invención, el adsorbente puede ser una zeolita seleccionada de un grupo que comprende 5A, CaNaX, CaX, LiX o mezclas similares.

Adicionalmente, en cualquier realización, el lecho adsorbente puede ser provisto con un recipiente adsorbente para contener el adsorbente. Una tubería en T con una sección base está unida al recipiente adsorbente, la sección base de la tubería en T con una abertura lateral. Un tubo de inmersión alargado se extiende a través de la sección base dentro del recipiente de adsorción de modo que se define un espacio anular entre el tubo de inmersión alargado y la sección base. El espacio anular se comunica con la abertura lateral de la sección base. El tubo de inmersión y la abertura lateral están conectados a la red de flujo de modo que la corriente de oxígeno separado fluye dentro del tubo de inmersión y el recipiente adsorbente y la corriente de oxígeno de lecho adsorbente fluyen hacia el espacio anular y fuera de la abertura lateral hacia la red de flujo o la corriente de oxígeno separado fluya hacia dentro de la abertura lateral, a través del espacio anular y hacia dentro del recipiente adsorbente y la corriente de oxígeno de lecho adsorbente fluye a través del tubo de inmersión hacia la red de flujo.

Breve descripción de los dibujos

Mientras que la memoria descriptiva concluye con reivindicaciones que distintivamente señalan la materia cuyos Solicitantes consideran su invención, se cree que la invención será mejor entendida cuando se la relacione con los dibujos que la acompañan en los que:

Figura 1 es un diagrama esquemático de un aparato para llevar a cabo un método conforme a una realización de la presente invención;

Figura 2 es un diagrama esquemático de un aparato para llevar a cabo un método conforme a otra realización de la presente invención; y

Figura 3 es un diagrama esquemático de un lecho adsorbente que puede ser utilizado en relación con cualquier realización de la presente invención.

Descripción detallada

En cuanto a la Figura 1, se ilustra un aparato 1 para suministrar oxígeno para hacer frente a la demanda de usuario. La demanda de usuario podría estar conforme a los requerimientos de una persona que usa el aparato 1 o de una máquina conectada al aparato 1. El aparato 1 generalmente consiste en un dispositivo eléctrico de separación de oxígeno 2, un lecho adsorbente 3, una red de flujo 4 y un controlador 5 que controla el funcionamiento del dispositivo eléctrico de separación de oxígeno 2.

Debe notarse que no se prefiere ninguna forma particular del dispositivo eléctrico de separación de oxígeno. Sin embargo, el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno 2 consiste en un recinto aislado 10 que contiene una entrada 12 para recibir una corriente de aire 14. Alojado dentro del recinto aislado 10 hay un conjunto de elementos de separación de oxígeno 16 que se encuentran en la forma de tuberías cerradas y que como se conoce en la técnica consiste en una capa externa de electrodos cátodos que pueden ser manganita de lantano estroncio (LSM, por su sigla en inglés), una capa de electrodo que puede ser circonita, una capa interna de electrodo ánodo que puede ser manganita de lantano estroncio (LSM) y capas de colector de corriente que pueden ser de plata. Cuando los elementos de separación de oxígeno 16 se calientan a una temperatura funcionamiento por lo general de aproximadamente 675°C y se aplica un potencial eléctrico a las capas de colector de corriente internas y externas, el oxígeno dentro del aire se ionizará y los iones de oxígeno serán conducidos por medio del electrolito en una dirección desde la capa del electrodo cátodo hacia la capa del electrodo ánodo. El oxígeno se junta dentro de un distribuidor 18 y se entrega a través de un conducto 20 como una corriente de oxígeno separado. El conducto 20 forma parte del distribuidor 18. Una corriente de retenido 22 compuesta por aire empobrecido de oxígeno es entregada mediante una salida 24. Aunque no se encuentra ilustrado, la corriente de aire entrante 14 puede ser motivada a través del recinto aislado 10 por medio de un soplador. Los elementos eléctricos de calor 26 están provistos dentro del recinto aislado 10 para calentar los elementos de separación de oxígeno 16 hasta su temperatura de funcionamiento a la cual iones de oxígeno serán conducidos a través del electrolito de los mismos. Preferentemente, con el fin de obtener las máximas ventajas de la presente invención, el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno está diseñado de una forma muy conocida para aquellos calificados en técnica de producir el oxígeno separado a una presión de entre 200 psig y aproximadamente 500 psig.

El lecho adsorbente 3 consiste en un recipiente adsorbente 26 en forma de cilindro de gas que está lleno de adsorbente 28. El recipiente adsorbente 26 puede ser un cilindro médico tipo D o E que ha sido aprobado debidamente para su uso como recipiente de presión. Además, el recipiente adsorbente 26 puede ser cualquier recipiente de presión certificado por ASME. El recipiente adsorbente 26 está preferentemente alojado en una cámara 30 que soporta al dispositivo eléctrico de separación de oxígeno 2 de modo que el ensamblaje ocupe una huella

mínima. Dicho esto, el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno 2 y el lecho adsorbente 3 pueden estar en recintos separados. Además, a pesar de que se ilustra un único lecho adsorbente 3, una serie de lechos adsorbentes pueden estar conectados en paralelo o en serie. El lecho adsorbente 3 adsorbe el oxígeno separado mediante el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno 2 de modo que, como será descrito, el oxígeno puede ser suministrado para hacer frente a la demanda de usuario tanto del dispositivo eléctrico de separación de oxígeno 2 y el lecho adsorbente 3 en caudales que exceden las capacidades del dispositivo eléctrico de separación de oxígeno 2 solo.

El adsorbente 28 está formado preferentemente por zeolitas, por ejemplo, 5A, CaNaX, CaX, LiX o mezclas de las anteriores. Estos materiales permiten que se pueda almacenar más oxígeno en el recipiente adsorbente 26 en comparación con un cilindro sin rellenar en condiciones de funcionamiento similares de temperatura y presión.

Tamices moleculares de carbón, carbón activado, materiales en base de fullereno muestran también propiedades similares y, en algunas instancias, estos materiales tienen mayor capacidad de almacenamiento de oxígeno en comparación con material zeolita. En teoría, cualquier material que tenga buena capacidad de adsorción para el oxígeno puede ser utilizado como adsorbente para el almacenamiento de oxígeno. Sin embargo, algunos materiales, especialmente aquellos con base de carbón, no son compatibles con el oxígeno debido a su potencial inflamable. Los adsorbentes de zeolita, tal como se describe anteriormente, son económicos y muestran compatibilidad con el oxígeno. Sin embargo, en casos en los que es necesaria una densidad de almacenamiento mayor, se puede utilizar un material con base de carbón (siempre que el material fuese compatible con el oxígeno en esas condiciones de funcionamiento).

Al disminuir la temperatura, los adsorbentes de zeolita han demostrado una mayor capacidad de almacenamiento de oxígeno. Sin embargo, no es económicamente viable crear condiciones de bajas temperaturas en el aparato 1. El oxígeno de pureza ultra alta producido por el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno 2 se encuentra a una temperatura muy elevada, pero en el momento en que alcanza el lecho adsorbente 3, casi se equilibra con la temperatura ambiente. Por lo tanto, cualquier material que muestre una mayor capacidad de almacenamiento de oxígeno a temperatura ambiente puede emplearse como adsorbente. En este respecto, el recinto que aloja el lecho adsorbente 3 debe ser capaz de disipar el calor de adsorción y de tomar el calor de los alrededores para colaborar con la desorción. Además de la capacidad de almacenamiento de oxígeno del material, hay algunos otros factores que determinan la densidad de almacenamiento de oxígeno. Estos factores incluyen un área de superficie accesible, espacio vacío, y material y contenido ligantes usados durante la manufactura de las perlas del adsorbente como también cualquier otro aditivo que no se elimina al concluir la manufactura. Los materiales con mayor densidad aparente tienen mayor capacidad de almacenamiento de oxígeno, por lo tanto, se prefieren estos materiales. Típicamente, el material ligante no tiene la capacidad de almacenar oxígeno y, por lo tanto, reduce la capacidad general de almacenamiento de oxígeno. Por lo tanto, también se prefiere un adsorbente sin o con mínimo contenido ligante. Se ha de notar que otras geometrías son posibles, como material extruido y sedimentos. En términos del tamaño de las partículas adsorbentes, se puede utilizar cualquier tamaño y/o distribución de partículas que puedan ser retenidas dentro del recipiente adsorbente y que, al comprimir las de manera apropiada, alcancen una capacidad funcional de oxígeno mayor que la del recipiente vacío al cargarse y descargarse con oxígeno bajo las mismas condiciones de presión y temperatura.

La capacidad de almacenamiento de oxígeno del adsorbente de zeolita se ve afectada de manera significativa por la presencia de humedad. Cierta residuo de humedad está presente en el adsorbente tras su manufactura. Por lo tanto, es importante seleccionar un adsorbente con un bajo contenido residual de humedad, menos de 1,0, preferentemente menos de 0,5 porcentaje en peso. Además, existe la posibilidad de que la humedad quede atrapada en los tamices al cargar el cilindro con adsorbente. Por lo tanto, se debe tener extremo cuidado para evitar que los tamizadores entren en contacto con la humedad. Este problema se puede evitar cargando el cilindro con gotas de adsorbente bajo una atmósfera de gas seco, por ejemplo, una atmósfera de nitrógeno utilizando una caja de guantes. Es importante mencionar, sin embargo, que el uso de una atmósfera de nitrógeno introduce otra impureza, concretamente, nitrógeno dentro del lecho adsorbente 3. El nitrógeno no reduce de significativamente la capacidad de almacenamiento de oxígeno de zeolita, pero tiene una tendencia a adherirse firmemente al lecho de zeolita. El oxígeno generado por el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno es de pureza ultra alta y, por lo tanto, incluso niveles de partes por millón de nitrógeno en el gas resultante no serán aceptables. Como es sabido por los expertos en la técnica, el nitrógeno puede ser retirado efectivamente del adsorbente 28 tanto sometiendo el lecho adsorbente 3 a un ciclo de evacuación y presurización de oxígeno, como sometiendo el lecho adsorbente 3 a un ciclo de presurización y despresurización a temperatura elevada, o cargando el recipiente adsorbente 26 con el adsorbente 28 en una atmósfera de oxígeno. A pesar de que sólo se muestra un lecho adsorbente 3, como le ocurriría a los expertos en la técnica, dependiendo del tamaño del aparato 1, se puede usar múltiples lechos adsorbentes conectados en paralelo o en serie.

La red de flujo 4 consiste en un distribuidor 18 formado por un conducto 20 y conductos de salida 32 que se comunican entre el conducto 20 y los elementos de separación de oxígeno 16 para recibir corrientes de oxígeno separado. El conducto 20 está también conectado al lecho adsorbente 3 por medio de un conducto de salida 34 que contiene un elemento de filtro 36 para evitar que las partículas compuestas por el adsorbente 28 se descarguen con

el oxígeno de lecho de adsorbente y un conducto 38. En este respecto, cuando el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno 2 se activa, el oxígeno separado fluirá a través de los conductos de salida 32 hacia el conducto 20 y luego a través de los conductos 38 y 34 hacia el lecho adsorbente 3 donde el oxígeno se almacenará en el lecho adsorbente. En este respecto, una fracción mayor de oxígeno almacenada se adsorberá en el adsorbente 28 y una fracción restante será almacenada en espacios intersticiales entre partículas adsorbentes. Cuando existe demanda de usuario de oxígeno, una corriente de oxígeno de lecho adsorbente fluirá a través del conducto de salida 34 y el conducto 38 y también, como se describirá más adelante, potencialmente, la corriente de oxígeno separado que fluye por los conductos de salida 32 hacia el conducto 20. Durante ese tiempo la corriente de oxígeno de lecho adsorbente se produce a partir de oxígeno previamente almacenado dentro del recipiente adsorbente 26 por desorción de oxígeno del adsorbente 28 y de oxígeno residual presurizado contenido en el recipiente adsorbente 26. La corriente combinada resultante del oxígeno de lecho adsorbente y oxígeno separado se combinarán en el conducto de salida 40 y fluirán por la salida 42 del aparato 1 hacia el usuario. Se provee una válvula de seguridad 44 para descargar presiones de oxígeno excesivas y, de ser necesario, para una aplicación particular un regulador de presión 46 para reducir la presión de la corriente combinada que fluye por el conducto de salida 40. Se provee una válvula de retención 47 para evitar el reflujo del usuario hacia el aparato 1, lo que podría contaminar dicho aparato.

Durante cualquier entrega de oxígeno de lecho adsorbente desde el lecho de adsorción 3, se evita el reflujo hacia el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno 2 mediante las válvulas de control 48. Como se puede apreciar, si el conducto 20 estuviera conectado separadamente al conducto de salida 40, sólo una válvula de retención ascendente de la conexión sería necesaria. Sin embargo, el uso de válvulas de control múltiples 48 también sirve para aislar cada elemento de separación de oxígeno 16 en caso de fallo de cualquiera de estos elementos.

Los elementos de separación de oxígeno 16 se calientan a una temperatura de funcionamiento por medio de elementos de calor 26 que estarían ubicados dentro del recinto 10. La energía eléctrica para calentar los elementos 26 se provee por un suministro de energía eléctrica directa 54 que convierte la corriente alterna de una fuente de energía eléctrica alterna 56 en corriente directa. Un termopar 57 se conecta al controlador 5 por medio de una conexión eléctrica 58. Una entrada al controlador 5 es una temperatura a punto de ajuste. El controlador 5 está a su vez conectado a un rectificador controlado de silicio 60 ("SCR" por su sigla en inglés) por medio de una conexión eléctrica 62. El termopar 57 transmite continuamente una señal atribuible a la temperatura dentro del recipiente aislado 10. Cuando esta temperatura cae por debajo del punto de ajuste, el controlador 5 activa el rectificador controlado de silicio 60 para dar energía a los elementos de calor 26 por medio de una conexión eléctrica 64. El rectificador controlado de silicio 60 se enciende por medio de una fuente de energía de CA 56. Si la temperatura dentro del recipiente aislado 10 se eleva por encima del punto de ajuste de temperatura, el controlador 5 funciona para desactivar el rectificador controlado de silicio 60 y por lo tanto la energía suministrada a los elementos de calor 26.

El controlador 5 está también programado para controlar el funcionamiento de los elementos de separación de oxígeno 16. Como se mencionó anteriormente, se suministra energía a los elementos de separación de oxígeno 16 por medio de una fuente de energía 54 que está conectada a los elementos de separación de oxígeno 16 por medio de una conexión eléctrica 68. En este respecto, los elementos de separación de oxígeno 16 pueden estar conectados en serie eléctrica. La fuente de energía 54 es activada por el controlador 5 en respuesta a la presión medida dentro del conducto de salida 34 por medio de un transductor de presión 70 conectado al controlador 5 por medio de una conexión eléctrica 72 para la transmisión de una señal atribuible a la presión dentro del conducto de salida 34 y por lo tanto dentro del recipiente adsorbente 26 del lecho adsorbente 3.

Con respecto al funcionamiento del dispositivo eléctrico de separación de oxígeno 2, el controlador 5 está programado con una presión de ajuste más baja, por ejemplo 230 psig y una presión de ajuste más alta 250 psig. El controlador 5 está también programado para activar la fuente de energía 54 cuando la presión, según lo detecta el transductor de presión 70, cae por debajo de los 230 psig y para desactivar la fuente de energía 54 cuando la presión alcanza los 250 psig. Como consecuencia, cuando existe demanda de usuario, el oxígeno es suministrado por oxígeno de lecho adsorbente como una corriente de oxígeno de lecho adsorbente a través del conducto de salida 34, conducto 38, conducto 20 del distribuidor 18 y luego a través del conducto de salida 40 hacia la salida 42. Las válvulas de control 48 evitan que el flujo de oxígeno fluya nuevamente hacia los elementos de separación de oxígeno 16. El flujo continúa desde el lecho adsorbente 3 hasta que se alcanza el nivel de presión 230 psig y luego la fuente de energía 54 se activa junto con los elementos de separación de oxígeno 16 para separar el oxígeno de la corriente de aire entrante 14. Los elementos de separación de oxígeno 16 continuarán suministrando oxígeno hasta que la presión alcance nuevamente los 250 psig. Esta presión se obtendrá cuando la demanda de cliente para el suministro de oxígeno sea menor de lo que es capaz de suministrar el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno 2, o cuando no exista demanda alguna.

A modo de ejemplo, suponiendo que el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno 2 es capaz de proveer alrededor de 2 litros estándar de oxígeno por minuto y también que la demanda de usuario oscilará entre menos de 2 litros estándar de oxígeno por minuto y hasta 4 litros estándar por minuto, la demanda de cliente será mayor o menor que el caudal de suministro de oxígeno que el dispositivo 2 es capaz de entregar. En este respecto, si la demanda de cliente es mayor de la que pueda ser suministrada por el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno

2, por encima de los 2 litros estándar por minuto, aunque el oxígeno sea inicialmente suministrado por el lecho adsorbente 3, cuando se alcanza la presión de 230 psig, como lo detecta el transductor de presión 70, el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno 2 se activará por medio del controlador 5 y luego, el oxígeno será suministrado como una corriente combinada compuesta por la corriente de oxígeno separada de oxígeno producida por el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno 2 y la corriente de oxígeno de lecho adsorbente producida por el lecho adsorbente 3. Si la demanda del cliente fuera igual al rendimiento del dispositivo eléctrico de separación de oxígeno 2, por ejemplo, 2 litros estándar por minuto, entonces el oxígeno será suministrado únicamente por la corriente de oxígeno separado. Suponiendo que la demanda de cliente es menor que el oxígeno que es capaz de entregar el dispositivo de separación de oxígeno 2, entonces el oxígeno será suministrado por parte de la corriente de oxígeno separado y la otra parte de la corriente de oxígeno separado será introducida en el lecho adsorbente 3 para ser adsorbida por el adsorbente 28. Cuando no existe demanda, toda la corriente de oxígeno separado se introducirá en el lecho adsorbente 3. En cualquier caso en que la demanda de cliente esté por debajo de lo que pueda ser producido por el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno o que no exista demanda, la fuente de energía 54 sólo será desactivada cuando la presión detectada por el transductor de presión 70 alcance el punto de ajuste más alto de presión, por ejemplo 250 psig.

La opción del intervalo de presión depende de la forma de la isoterma de adsorción y de los límites de presión de funcionamiento en el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno 2. Además, la opción de intervalo de presión depende del requerimiento del cliente cuando el aparato 1 está instalado en la ubicación del cliente. Por ejemplo, donde los requerimientos del cliente dicten un mínimo de 50 psig de presión de oxígeno para la aplicación del usuario final, el recipiente adsorbente 26 debe ser medido de la forma apropiada para suministrar suficiente volumen de reserva de oxígeno para que la presión nunca descienda de los 50 psig. La presión más alta, por ejemplo 250 psig, se selecciona en base a la forma de la isoterma de adsorción para optimizar la capacidad de almacenamiento de oxígeno para un tamaño de recipiente dado.

Aunque el controlador 5 ha sido descrito como independientemente sensible a una temperatura de punto de ajuste detectada por el termopar 57 y las temperaturas de punto de ajuste, es posible que el controlador 5 se programe para activar los elementos de calor 26 cuando la presión de ajuste más baja ha sido alcanzada y para desactivar los elementos de calor 26 hasta alcanzar la temperatura de punto de ajuste. Sin embargo, esto sería indeseable ya que la temperatura de los elementos de separación de oxígeno 16 circularía y esa circulación podría llevar a una tasa de fallos elevada de dichos elementos.

Preferiblemente, se provee un sistema de refuerzo de suministro de oxígeno para suministrar oxígeno cuando la presión en la salida 42 cae por debajo de un nivel indicador predeterminado de fallos en el aparato 1. El sistema de refuerzo de suministro está provisto de un cilindro de oxígeno 80 para este propósito. La presión del oxígeno suministrado por el cilindro de oxígeno 80 se reduce mediante un regulador de presión 82. Se proporciona una válvula de aislamiento 84 para poder fijarse en posición abierta y cerrada para suministrar oxígeno de manera selectiva hacia la salida 42 y se proporciona una válvula de retención 86 para evitar el reflujo de gases potencialmente impuros del usuario hacia el cilindro de oxígeno 80. Por ejemplo, suponiendo que el regulador de presión 46 está configurado a 50 psig, el regulador de presión 82 será configurado a una presión ligeramente más baja, por ejemplo 40 psig. Durante el funcionamiento normal, la válvula de retención 86 evitará el reflujo hacia el cilindro de oxígeno 80. Tras un fallo completo del aparato 1 o tras un fallo del aparato 1 en alcanzar una demanda sostenida mayor que la del aparato 1, la válvula de aislamiento 84 se fija a una posición abierta y se suministrará oxígeno desde el cilindro de oxígeno 80 con la válvula de retención 47, evitando que el oxígeno fluya nuevamente hacia el aparato 1. Aunque no está ilustrado, la válvula de aislamiento 84 puede controlarse automáticamente mediante un transductor de presión ubicado más abajo de la válvula de retención 86 para fijar la válvula de aislamiento en posición abierta cuando la presión cayó por debajo de un punto de ajuste, por ejemplo 50 psig.

En referencia a la Figura 2, se ilustra un Aparato 1' el cual está diseñado para funcionar conforme a una demanda cíclica. El Aparato 1' se diferencia del aparato 1 principalmente en el diseño de la red de flujo, que está designada en el Aparato 1' como red de flujo 4'. La red de flujo 18' tiene una primera válvula de retención 90 para evitar el reflujo del lecho adsorbente 3 hacia el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno 2. Además, la red de flujo 4' también cuenta con dos rutas de flujo paralelas 92 y 94. La primera ruta de flujo 92, en un extremo, está comunicada con el lecho adsorbente 3 y en el otro extremo se comunica con dispositivo eléctrico de separación de oxígeno 2. Una segunda válvula de retención 96 se ubica dentro de la primera de las rutas de flujo 92 para evitar el flujo dentro de la primera ruta de flujo 92 desde el lecho adsorbente 3 hasta dispositivo eléctrico de separación de oxígeno 2. La segunda de las dos rutas de flujo 94 tiene una tercera válvula de retención 98 para evitar el flujo desde el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno 2 hacia el lecho adsorbente 3. Adicionalmente, se ubica un regulador de presión 100 dentro de la segunda de las rutas de flujo 94 entre la tercera válvula de retención 98 y el lecho adsorbente 3. El regulador de presión 100 está configurado para reducir la presión de línea de la corriente de oxígeno de lecho adsorbente desde el lecho adsorbente 3 hacia la del dispositivo eléctrico de separación de oxígeno 2.

El Controlador 5' es similar al controlador 5 y proporciona control a los elementos de calor 26 de la misma manera que el controlador 5. El Controlador 5' está provisto de un punto de ajuste de presión que es atribuible a una presión que indica que el lecho adsorbente 3 está completamente cargado de oxígeno, por ejemplo 250 psig como se

indicara anteriormente. Durante el funcionamiento, cuando no hay demanda y cuando la presión detectada por el transductor de presión 70 está por debajo de los 250 psig, la fuente de energía 54 se activa por medio del controlador 5' para aplicar energía eléctrica al dispositivo eléctrico de separación de oxígeno 2. El oxígeno dentro de una corriente de oxígeno separado luego fluye desde el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno 2 a través de la primera de las rutas de flujo 92, evitando que entre flujo en la segunda de las rutas de flujo 94 por la tercera válvula de retención 98. Cuando se alcanza la presión del punto de ajuste, se desactiva la fuente de energía 54. Mediante la primera válvula de retención 90, se evita el reflujo de oxígeno del lecho adsorbente 3 hacia el ahora inactivo dispositivo eléctrico de separación de oxígeno 2. Cuando existe una demanda de oxígeno, el controlador 5' activa la fuente de energía 54 para suministrar energía al dispositivo eléctrico de separación de oxígeno 2 para producir una corriente de oxígeno separado. Al mismo tiempo, el oxígeno será desorbido por el lecho de adsorción 3 para producir una corriente de oxígeno de lecho adsorbente. Esta corriente fluirá en la segunda de las rutas de flujo 94 luego de haber sido reducida la presión por el regulador de presión 100 para que coincida con la presión de dentro de la corriente separada producida por el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno 2. Se evita el flujo de la corriente de oxígeno de lecho adsorbente dentro de la primera de las rutas de flujo 92 mediante la segunda válvula de retención 96. La corriente de oxígeno de lecho adsorbente se combina con la corriente de oxígeno separado para producir una corriente de oxígeno combinada que se reduce en presión mediante el regulador de presión 46 y luego descarga al usuario mediante la salida 42. Aunque no se encuentre ilustrado, se podría proveer un suministro de oxígeno de respaldo, tal como un cilindro de oxígeno 80 y su red de flujo asociada.

En referencia a la Figura 3, se ilustra un lecho de adsorción 3' preferido, el cual es particularmente útil con el aparato 1' como se ve en la Figura 2. El lecho de adsorción 3' está provisto con un recipiente adsorbente 26 que contiene un adsorbente 28. Se provee una tubería en T 102, la cual cuenta con una sección base 104 y una abertura lateral 106. La sección base 104 de la tubería en T 102 está conectada al recipiente adsorbente 26 y un tubo de inmersión 108 se extiende a lo largo de la sección base 104 de la tubería en T 102 hasta el adsorbente 28 y preferentemente termina en un revestimiento 110 para evitar que partículas del adsorbente 28 sean arrastradas hacia el interior del tubo de inmersión 108. El tubo de inmersión 108 puede estar conectado a la primera de las rutas de flujo 92 del Aparato 1'. Aunque no esté ilustrado, el tubo de inmersión 108 estaría conectado directamente o por medio de un conducto a la segunda válvula de retención 96 en el extremo 112 del tubo de inmersión 108 para permitir que la corriente de oxígeno separada, designada por el número de referencia 114, pase hacia dentro del recipiente adsorbente 26 a través del tubo de inmersión 108. En el extremo 112 del tubo de inmersión 108, la sección base 104 de la tubería en T 102 está sellada alrededor del tubo 108 por medio de un elemento anular 116 soldado alrededor de su periferia externa a la sección base 104 y, en su periferia interna, al tubo de inmersión 108. Esto proporciona un espacio anular 118 dentro de la tubería en T 102 para que el oxígeno de lecho adsorbente fluya hacia afuera de la abertura 106 de la tubería en T 102, como la corriente de oxígeno de lecho adsorbente, la cual está designada con el número 120. Alternativamente, se utiliza un accesorio con orificio pasante especial en el extremo 112 del tubo de inmersión 108 para sellar la sección base 104 de la tubería en T 102. El tubo de inmersión se extiende a través del accesorio con orificio pasante y dentro la tubería en T 102. Cuando el accesorio con orificio pasante está sujeto al extremo 112 de la tubería en T 102, éste sella el extremo 112 de la tubería en T 102. De este modo, la abertura 106 de la tubería en T 102 estaría conectada al regulador de presión 100 como se muestra en la Figura 2, ya sea de directa o indirectamente, por medio de una tubería adecuada. Preferentemente, se proporciona lana de vidrio 122 para evitar que las partículas del adsorbente sean liberadas a través de la abertura 106. La ventaja de la disposición anterior es aumentar la efectividad de la purga y así reducir el tiempo de purga durante el arranque inicial. Cabe destacar que el lecho adsorbente 3' también podría ser usado con el aparato 1 que aparece en la Figura 1 con una ligera modificación a la red de flujo 4. Dicha modificación involucraría conectar el tubo de inmersión 108 al conducto 20 del distribuidor 18 y conectar, de forma separada, la abertura 106 al conducto de salida 40. Además, el lecho de adsorción 3' también se puede utilizar de modo que la dirección del flujo sea opuesta a la descrita anteriormente, en la cual la corriente de oxígeno de lecho adsorbente fluye a través del tubo de inmersión 108 y el oxígeno separado fluye hacia la abertura lateral 106 de la tubería en T 102 y a través del espacio anular 118.

REIVINDICACIONES

1. Un método de suministro de oxígeno para hacer frente a la demanda de usuario que comprende:

5 separar el oxígeno del aire por medio del transporte de iones de oxígeno dentro de un dispositivo eléctrico de separación de oxígeno para producir una corriente de oxígeno separado;
almacenar al menos parte del oxígeno contenido dentro de la corriente de oxígeno separado al introducir al menos parte de la corriente de oxígeno separado en un lecho adsorbente y almacenar parte del oxígeno dentro del lecho adsorbente; y
10 suministrar el oxígeno para hacer frente a la demanda de usuario liberando una corriente de aire de lecho adsorbente desde el lecho adsorbente que contiene el oxígeno previamente almacenado dentro del lecho adsorbente y combinar la corriente de oxígeno separado con la corriente de oxígeno de lecho adsorbente para formar una corriente de oxígeno combinada.

- 15 2. El método de la reivindicación 1, en el cual:

durante un período inicial de suministro del oxígeno, el oxígeno se suministra únicamente de la corriente de oxígeno de lecho adsorbente;
durante el período inicial de suministro de oxígeno, la presión dentro del lecho adsorbente desciende continuamente y el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno se encuentra desactivado y no se encuentra produciendo oxígeno;
20 en un período posterior al suministro de oxígeno, el cual comienza cuando la presión dentro del lecho adsorbente desciende a un nivel de presión predeterminado más bajo, el dispositivo de separación de oxígeno se activa para producir la corriente de oxígeno separado; y
25 durante el período subsiguiente del suministro de oxígeno:

si la demanda de usuario es menor que la tasa a la que el oxígeno es capaz de producirse por medio del dispositivo eléctrico de separación de oxígeno, la parte de la corriente de oxígeno separado se introduce en el lecho adsorbente para almacenar parte del oxígeno contenido en la corriente de oxígeno separado y la parte restante de la corriente de oxígeno separado se suministra al usuario para hacer frente a la demanda de usuario;
30 durante la introducción de la parte de la corriente de oxígeno separado en el lecho adsorbente, la presión dentro del lecho adsorbente aumenta y cuando la presión dentro del lecho adsorbente aumenta a un nivel de presión predeterminado más alto que es mayor que el nivel de presión predeterminado más bajo, el dispositivo de separación de oxígeno vuelve al estado desactivado;
35 si la demanda de usuario es igual que la tasa a la que el oxígeno es producido por el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno, el oxígeno es suministrado únicamente a partir de la corriente de oxígeno separado y
si la demanda de usuario es mayor que la tasa a la que se produce el oxígeno en el dispositivo
40 eléctrico de separación de oxígeno, el oxígeno se suministra a partir de la corriente combinada, la cual está formada a partir de la corriente de oxígeno de lecho adsorbente y toda la corriente de oxígeno separado.

3. El método de la reivindicación 2, en donde si no existe demanda de usuario y la presión dentro del lecho adsorbente es igual o menor que el nivel de presión predeterminado más bajo, el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno se activa y toda la corriente de oxígeno separado se introduce en el lecho adsorbente hasta que se alcance el nivel de presión predeterminado más alto y el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno regresa a su estado desactivado.

- 50 4. El método de la reivindicación 1, en donde:

la demanda de usuario oscila entre períodos en los que no existe demanda de usuario y los que existe demanda de usuario de oxígeno;
cuando no existe demanda de usuario y la presión dentro del lecho adsorbente está por debajo del nivel predeterminado, se activa el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno y se introduce toda la corriente de oxígeno separado en un lecho adsorbente y se adsorbe el oxígeno contenido en la corriente de separación de oxígeno dentro del adsorbente;
55 cuando la presión dentro del lecho adsorbente alcanza un nivel predeterminado, se desactiva el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno; y
cuando existe demanda de usuario, se activa el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno y suministra el oxígeno al usuario desde la corriente combinada, la cual está formada por toda la corriente de oxígeno de lecho adsorbente y la corriente de oxígeno separado.

5. El método de la reivindicación 1 o reivindicación 4, en donde el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno y el recipiente adsorbente están contenidos dentro de un sistema para entregar el oxígeno y el oxígeno se suministra

a partir de un suministro de oxígeno de reserva tras la incapacidad del sistema de hacer frente a la demanda de usuario de oxígeno.

6. El método de la reivindicación 1 o reivindicación 2 o reivindicación 3 o reivindicación 4, en donde la presión de oxígeno del oxígeno entregado para hacer frente a la demanda de usuario se regula a un nivel por debajo del nivel de la corriente de oxígeno de lecho adsorbente y la corriente de oxígeno separado.

7. Un aparato para suministrar oxígeno para hacer frente a la demanda de usuario que comprende un dispositivo eléctrico de separación de oxígeno configurado para separar el oxígeno del aire mediante el transporte de iones de oxígeno y de este modo producir una corriente de oxígeno separado; un lecho adsorbente que contiene un adsorbente; una red de flujo que conecta el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno al lecho adsorbente de modo que al menos parte de la corriente de oxígeno separado se introduzca en el lecho adsorbente y al menos parte del oxígeno contenido en la corriente de oxígeno separado se almacene en el lecho adsorbente; y la red de flujo que contiene una salida en comunicación de flujo tanto con el lecho adsorbente como con el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno de modo que sea posible que el oxígeno se suministre desde la salida como una corriente combinada compuesta por al menos una parte restante de la corriente separada producida por el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno y una corriente de lecho adsorbente producida por el oxígeno previamente almacenado en el lecho adsorbente para hacer frente a la demanda de usuario de oxígeno.

8. El aparato de la reivindicación 7, en donde:

un sistema de control reacciona ante la presión dentro del lecho adsorbente y está configurado de modo que cuando la presión está a un nivel de presión más bajo, el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno se activa para producir la corriente de oxígeno separado y cuando la presión está a un nivel más alto de presión, mayor que el nivel de presión más bajo, el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno se desactiva y se encuentra en estado desactivado en el cual la corriente de oxígeno separado no se produce; la red de flujo tiene al menos una válvula de retención ubicada para evitar el flujo del lecho adsorbente hacia el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno de modo que cuando existe demanda de usuario, y la presión se encuentra en el nivel de presión más alto, el oxígeno suministrado desde la salida consiste únicamente en la corriente de oxígeno de lecho adsorbente hasta que la presión dentro del lecho adsorbente haya descendido a un nivel de presión más bajo, tras lo cual el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno se activa y, de allí en adelante: si la demanda de usuario es menor al caudal de la corriente de oxígeno separado, el oxígeno suministrado desde la salida consiste en la parte restante de la corriente de oxígeno separado y la parte de la corriente de oxígeno se suministra al lecho adsorbente; si la demanda de usuario es igual al caudal de la corriente de oxígeno separado, el oxígeno suministrado desde la salida consiste en toda la corriente de oxígeno separado; y si la demanda de usuario es mayor al caudal de la corriente de oxígeno separado el oxígeno suministrado desde la salida consiste en la corriente combinada.

9. El aparato de la reivindicación 7, en donde:

un sistema de control reacciona ante la presión dentro del lecho adsorbente y está configurado de modo que cuando la presión se encuentra a un nivel de presión más bajo, el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno se activa para producir la corriente de oxígeno separado y cuando la presión se encuentra a un nivel de presión más alto, mayor al nivel de presión más bajo, el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno se desactiva y se encuentra en un estado desactivado en el cual no se produce la corriente de oxígeno separado; la red de flujo tiene al menos una primera válvula de retención para evitar el flujo desde el lecho adsorbente hacia el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno; una de las dos rutas de flujo paralelas, en un extremo, se comunica con el lecho adsorbente y, en el otro extremo, se comunica con el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno y la otra de las dos rutas de flujo paralelas, en un extremo, se comunica con el lecho adsorbente y, en el otro extremo, se comunica con la salida, y la ruta de flujo paralela que cuenta con una segunda válvula de retención se posiciona para evitar el flujo desde el lecho adsorbente hacia el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno y la otra de las dos rutas de flujo que cuenta con una tercera válvula de retención que evita el flujo desde el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno hacia el lecho adsorbente de modo que cuando el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno se activa al nivel de presión más bajo, la corriente de oxígeno separado fluirá hacia el lecho adsorbente a través de una de las dos rutas de flujo; la red de flujo que cuenta también con un regulador de presión ubicado dentro de la otra de las dos rutas de flujo, entre la tercera válvula de retención y el lecho adsorbente, y configurado para reducir la presión de línea de la corriente de oxígeno de lecho adsorbente de modo que sea capaz de combinarse con la corriente de oxígeno separado; y el sistema de control configurado para activar selectivamente el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno cuando la presión se encuentra al nivel de presión más alto y existe una demanda de usuario, de modo que el oxígeno entregado de la salida de la red de flujo consiste en la corriente combinada que a su vez consiste en

una corriente de oxígeno de lecho adsorbente que fluye a través de la otra de las rutas de flujo hacia la salida y la corriente de oxígeno separado que fluye desde el dispositivo eléctrico de separación de oxígeno hacia la salida.

- 5 10. El aparato de la reivindicación 7 o reivindicación 8 o reivindicación 9, en donde un regulador de presión de salida está conectado a la salida para regular la presión de oxígeno del oxígeno entregado desde la salida a un nivel más bajo del nivel de la corriente de oxígeno de lecho adsorbente y la corriente de oxígeno.
- 10 11. El aparato de la reivindicación 10, en el cual un sistema de suministro de reserva contiene un cilindro de oxígeno que está conectado a la salida, el sistema de suministro de reserva configurado para entregar oxígeno desde el cilindro de oxígeno cuando el nivel de la presión de oxígeno cae por debajo de un nivel de presión predeterminado.
- 15 12. El aparato de la reivindicación 7 o reivindicación 8 o reivindicación 9, en donde el adsorbente es una zeolita seleccionada de un grupo compuesto por 5A, CaNaX, CaX, LiX o mezclas de las anteriores.
13. El aparato de la reivindicación 7 o reivindicación 8 o reivindicación 9, en donde:
20 el lecho adsorbente cuenta con un recipiente adsorbente que contiene el adsorbente, una tubería en T con una sección base unida al recipiente adsorbente, la sección base de la tubería en T tiene un abertura lateral y un tubo de inmersión alargado que se extiende a través de la sección base hasta el recipiente adsorbente de modo que se defina un espacio anular entre el tubo de inmersión alargado y la sección base, el espacio anular está comunicado con la abertura lateral de la sección base; y
25 el tubo de inmersión y la abertura lateral están conectados a la red de flujo de modo que tanto la corriente de oxígeno separado fluya dentro del tubo de inmersión y el recipiente adsorbente y la corriente de oxígeno de lecho adsorbente fluyen a través del espacio anular y fuera de la abertura lateral en la red de flujo como la corriente de oxígeno separado fluya hacia dentro de la abertura lateral, a través del espacio anular y en el lecho adsorbente y la corriente de oxígeno de lecho adsorbente a través del tubo inmersión hacia la red de
30 flujo.

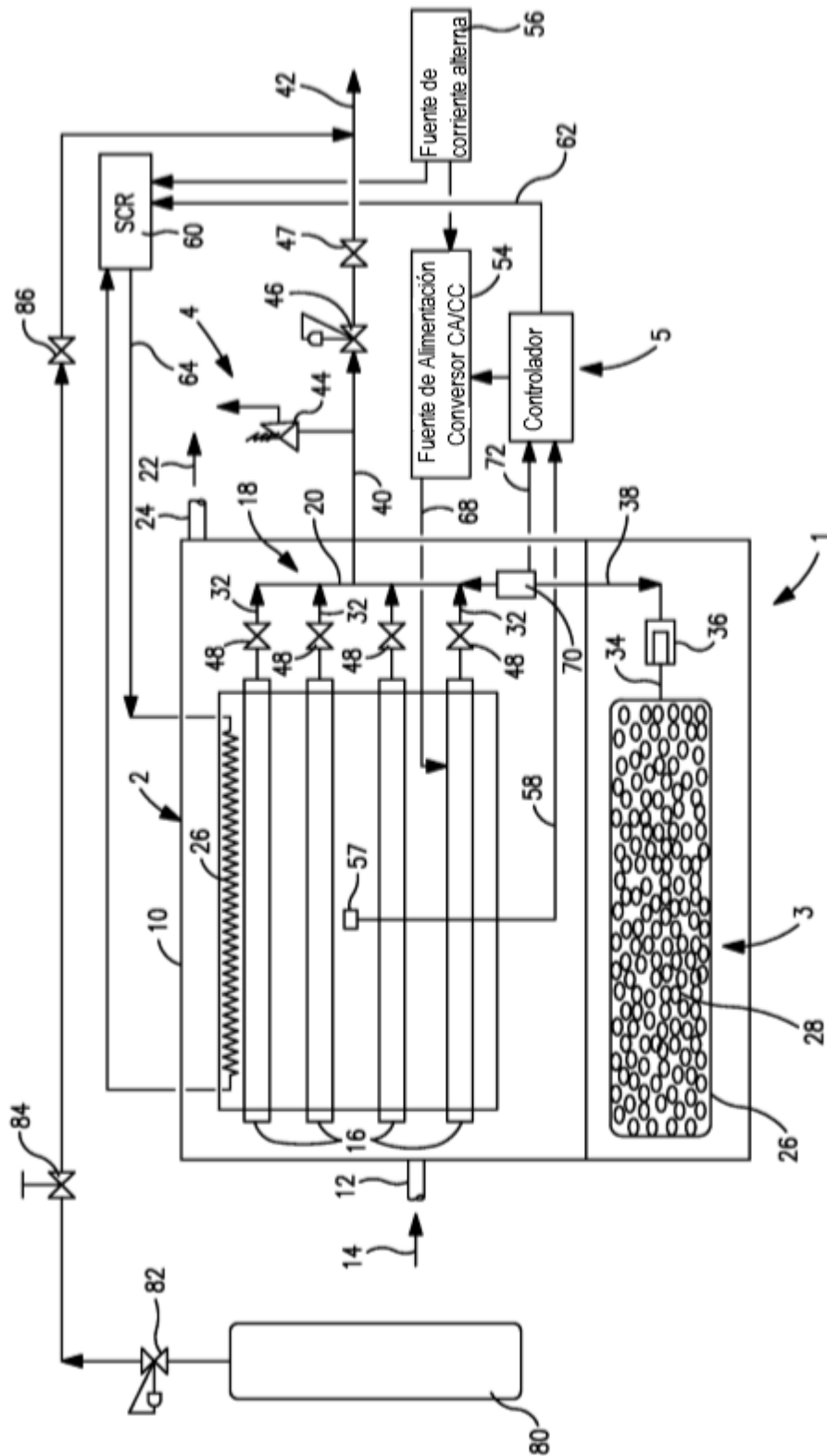


FIG. 1

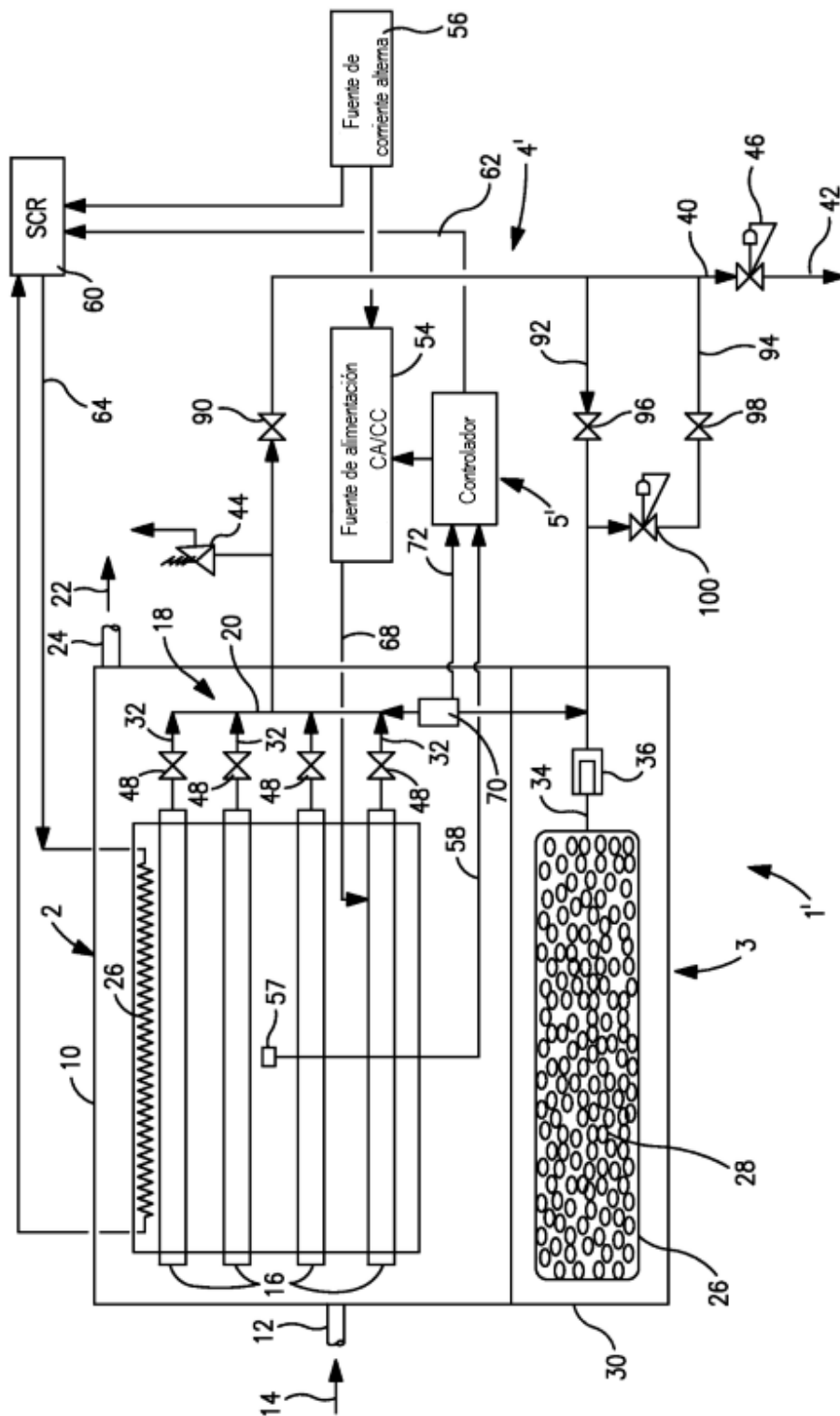


FIG. 2

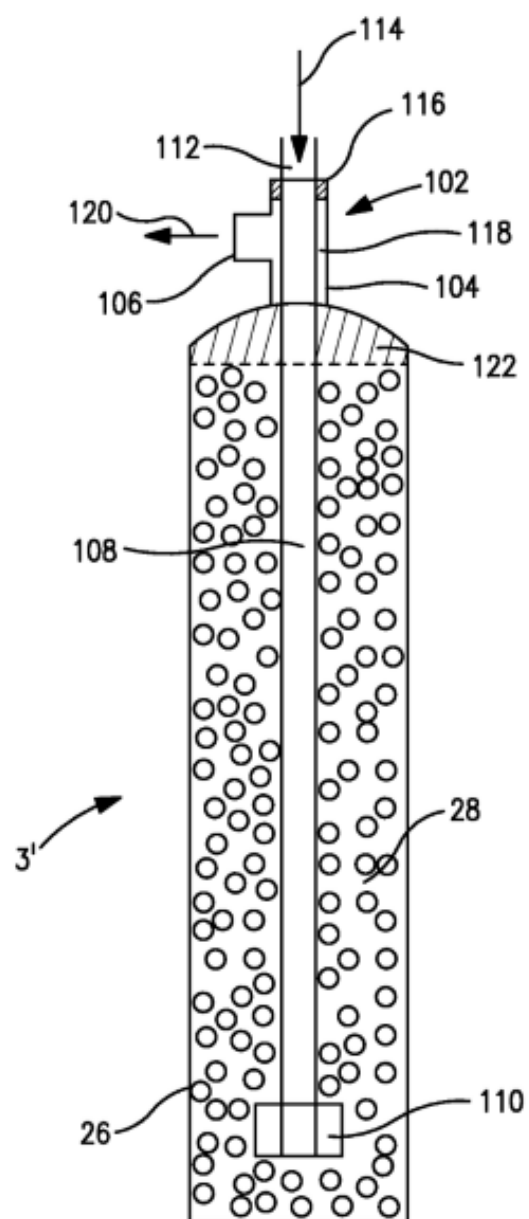


FIG. 3