



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 360 346**

(51) Int. Cl.:

B01D 53/047 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **05745102 .3**

(96) Fecha de presentación : **09.05.2005**

(97) Número de publicación de la solicitud: **1772182**

(97) Fecha de publicación de la solicitud: **11.04.2007**

(54) Título: **Procedimiento de adsorción por cambio de presión con recirculación completa en dos pasos para la separación de gases.**

(30) Prioridad: **11.06.2004 CN 2004 1 0046598**

(73) Titular/es: **CHENGDU TIANLI CHEMICAL
ENGINEERING TECHNOLOGY Co., Ltd.
Yulin 5 Northstreet
Chengdu Sichuan 610041, CN**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
03.06.2011

(72) Inventor/es: **Song, Yuwen**

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
03.06.2011

(74) Agente: **Curell Aguilá, Marcelino**

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

Procedimiento de adsorción por cambio de presión con recirculación completa en dos pasos para la separación de gases.

5

Campo técnico

La presente invención implica un procedimiento de adsorción por cambio de presión con recirculación completa en dos pasos para la separación de gases utilizando la tecnología de separación de gases mediante adsorción por cambio de presión en dos pasos. Pertenece al campo de la separación de gases mediante adsorción por cambio de presión.

10

Antecedentes de la invención

15 Es conocido que la tecnología anterior de separación de gases por cambio de presión habitualmente presenta la siguiente desventaja de si obtener el producto a partir de la fase fuertemente adsorbida (por ejemplo, esta tecnología se ha empleado para producir dióxido de carbono puro a partir de la fase fuertemente adsorbida) u obtener el producto a partir de la fase débilmente adsorbida (por ejemplo, esta tecnología se ha empleado para producir hidrógeno puro a partir de la fase débilmente adsorbida) u obtener el producto a partir de ambas, la fase débilmente adsorbida y la fuertemente adsorbida (por ejemplo, esta tecnología se ha aplicado también en la producción de carbamida a partir de gas de desplazamiento de amoníaco sintético eliminando el carbono). Este tipo de patentes incluyen los documentos CN1235862A, CN1248482A, CN1357404A, CN1347747A, CN1342509A, CN1334135A y CN1334136A, etc. Sin embargo se ha observado que la tecnología de adsorción de gases por cambio de presión convencional adolece de los inconvenientes significativos en cuanto a la pérdida de los gases eficaces y el elevado coste operativo, etc. La presente invención implica mejoras basadas en la tecnología de separación de gases mediante adsorción por cambio de presión mencionada anteriormente, en concreto, en la presente invención casi no hay pérdida del gas eficaz, y además, esta invención no necesita las instalaciones de vacío complicadas a una presión de adsorción adecuada. Por tanto, el coste del equipo y el consumo de energía se reducirán notablemente.

30

La patente US nº 5.547.492 da a conocer un procedimiento de adsorción por cambio de presión en dos pasos, sin embargo este procedimiento no es un procedimiento de recirculación completa porque se producen tanto un producto fuertemente adsorbido como uno débilmente adsorbido a partir del segundo paso. Además este documento no da a conocer la utilización de una despresurización por igualación de dos extremos (2ED') o las etapas equivalentes de despresurización en el sentido de la corriente seguida de despresurización a contracorriente (ED, BD1, BD2).

35

Sumario de la invención

40 La presente invención adopta el procedimiento de adsorción por cambio de presión en dos pasos para separar el componente fuertemente adsorbido y el débilmente adsorbido de la mezcla de gases, y el producto puede ser el componente fuertemente adsorbido o el componente débilmente adsorbido o ambos al mismo tiempo. En la presente invención, lo fuertemente adsorbido y lo débilmente adsorbido es relativo y no es absoluto, esto significa que el mismo componente es el componente fuertemente adsorbido en una mezcla de gases, pero es el componente débilmente adsorbido en otra mezcla de gases. Con el fin de conseguir diferentes objetivos, el mismo componente, incluso si está en la misma mezcla de gases, puede ser el componente fuertemente adsorbido o puede ser el componente débilmente adsorbido; además, el componente fuertemente adsorbido y el componente débilmente adsorbido en la invención pueden ser un único componente o pueden ser la suma de varios componentes. Por ejemplo, en el gas de desplazamiento de amoníaco sintético, contiene sulfuro de hidrógeno, azufre orgánico, vapor de agua, dióxido de carbono, metano, monóxido de carbono, nitrógeno, oxígeno, argón e hidrógeno, etc. Cuando se utiliza esta mezcla para producir carbamida, el sulfuro de hidrógeno, el azufre orgánico, el vapor de agua y el dióxido de carbono se denominan componentes fuertemente adsorbidos; el metano, el monóxido de carbono, el nitrógeno, el oxígeno, el argón y el hidrógeno se denominan componentes débilmente adsorbidos. Cuando se utiliza esta mezcla para producir hidrógeno de alta pureza (99,99%), el sulfuro de hidrógeno, el azufre orgánico, el vapor de agua, el dióxido de carbono, el metano, el monóxido de carbono, el nitrógeno, el oxígeno y el argón se denominan componentes fuertemente adsorbidos, pero el hidrógeno se denomina componente débilmente adsorbido. En este caso, en lo establecido anteriormente, el nitrógeno en el gas de desplazamiento de amoníaco sintético se denomina componente débilmente adsorbido cuando se utiliza para producir carbamida, pero se denomina componente fuertemente adsorbido cuando se utiliza para producir hidrógeno de alta pureza (99,99%). Lo mismo sucede también con el metano, el monóxido de carbono, el nitrógeno, el oxígeno también.

45

50 El objetivo de la presente invención es proporcionar un tipo de procedimiento de separación de gases que presenta una baja inversión y un menor coste operativo utilizando la adsorción por cambio de presión con recirculación completa en dos pasos. El procedimiento puede superar las desventajas de la técnica anterior adoptando la combinación de diferentes equipos y adsorbentes, y puede ahorrar enormemente en el coste operativo y reducir la pérdida de gas eficaz en una medida máxima en comparación con la técnica anterior.

55

La presente invención adopta el procedimiento de adsorción por cambio de presión con recirculación completa en dos etapas para la separación de gases. El procedimiento se utiliza para separar el componente fuertemente adsorbido y el componente débilmente adsorbido de la mezcla de gases; el producto puede ser el componente fuertemente adsorbido o el componente débilmente adsorbido o ambos al mismo tiempo; el procedimiento adopta un dispositivo de adsorción por cambio de presión en dos pasos que funciona en serie; la mezcla de gases se alimenta al dispositivo de adsorción por cambio de presión de primer paso, y el componente fuertemente adsorbido de la mezcla de gases se adsorbe y se concentra como producto; la mezcla de gases intermedia procedente de la salida de la torre de adsorción del dispositivo de adsorción por cambio de presión de primer paso se alimenta al dispositivo de adsorción por cambio de presión de segundo paso; el componente fuertemente adsorbido en la mezcla de gases intermedia se adsorbe adicionalmente, y el componente débilmente adsorbido, no adsorbido, actúa como producto y se alimenta a la siguiente etapa; todo el gas, a excepción del componente débilmente adsorbido que entra en la siguiente etapa en el segundo paso, se devuelve al primer paso para aumentar la presión de la torre de adsorción; la torre de adsorción del primer paso experimenta secuencialmente las siguientes etapas en un periodo de circulación: etapa de adsorción A, despresurización por igualación en dos extremos 2ED', despresurización a contracorriente BD, represurización de gas de segundo paso 2ER, represurización por igualación en dos extremos 2ER' y represurización final FR; la torre de adsorción del segundo paso experimenta secuencialmente las siguientes etapas en un periodo de circulación: adsorción A, despresurización por igualación en el sentido de la corriente ED, despresurización a contracorriente BD, represurización por igualación a contracorriente ER y represurización final FR.

La torre de adsorción del primer paso agrega la etapa de despresurización por igualación en el sentido de la corriente ED tras la etapa de adsorción A; al mismo tiempo, la torre de adsorción del primer paso agrega la etapa de represurización por igualación a contracorriente ER tras la represurización por igualación en dos extremos 2ER'.

La torre de adsorción del primer paso agrega la etapa de evacuación VC tras la etapa de despresurización a contracorriente BD y/o la torre de adsorción del segundo paso agrega la etapa de evacuación VC tras la etapa de despresurización a contracorriente BD.

La torre de adsorción del segundo paso agrega la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP tras la despresurización por igualación en el sentido de la corriente ED; al mismo tiempo, la torre de adsorción del segundo paso agrega la etapa de purga P tras la etapa de despresurización a contracorriente BD; el gas de la etapa de purga P proviene directamente de la torre de adsorción que está en la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP o proviene del recipiente de compensación V que se utiliza para almacenar el gas de la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP.

La torre de adsorción del segundo paso agrega la primera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1 y la segunda etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2 tras la etapa de despresurización por igualación en el sentido de la corriente ED; al mismo tiempo, la torre de adsorción del segundo paso agrega la primera etapa de purga P1 y la segunda etapa de purga P2 tras la etapa de despresurización a contracorriente BD; el gas de la primera etapa de purga P1 proviene directamente de la torre de adsorción que está en la segunda etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2 o proviene del recipiente de compensación V1 que se utiliza para almacenar el gas de la segunda etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2; el gas de la segunda etapa de purga P2 proviene directamente de la torre de adsorción que está en la primera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1 o proviene del recipiente de compensación V2 que se utiliza para almacenar el gas de la primera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1.

La torre de adsorción del segundo paso agrega la primera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1 y la segunda etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2 y la tercera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP3 tras la etapa de despresurización por igualación en el sentido de la corriente ED; al mismo tiempo, la torre de adsorción del segundo paso agrega la primera etapa de purga P1 y la segunda etapa de purga P2 y la tercera etapa de purga P3 tras la etapa de despresurización a contracorriente BD; el gas de la primera etapa de purga P1 proviene directamente de la torre de adsorción que está en la tercera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP3 o proviene del recipiente de compensación V3 que se utiliza para almacenar el gas de la tercera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP3; el gas de la segunda etapa de purga P2 proviene directamente de la torre de adsorción que está en la segunda etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2 o proviene del recipiente de compensación V4 que se utiliza para almacenar el gas de la segunda etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2; el gas de la tercera etapa de purga P3 proviene directamente de la torre de adsorción que está en la primera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1 o proviene del recipiente de compensación V5 que se utiliza para almacenar el gas de la primera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1.

En el primer paso, la concentración promedio de los componentes fuertemente adsorbidos en la mezcla de gases descargada finalmente desde la parte superior de la torre de adsorción tras la etapa de despresurización por igualación en dos extremos 2ER' es superior al 30%.

En el primer paso, la concentración promedio de los componentes fuertemente adsorbidos en la mezcla de gases descargada finalmente desde la parte superior de la torre de adsorción tras la etapa de despresurización por igualación en dos extremos 2ER' es superior al 75%.

5 En el primer paso, la concentración promedio de los componentes fuertemente adsorbidos en el gas de salida de la etapa de adsorción es superior o igual al 2%v.

10 El gas descargado desde la torre de adsorción se descarga al interior del recipiente de compensación V6 en primer lugar y después al recipiente de compensación V7 cuando la torre de adsorción está realizando la etapa de despresurización a contracorriente BD en el segundo paso.

15 Cuando la torre de adsorción del primer paso está realizando la etapa de despresurización por igualación en dos extremos, menos del 50% del gas descargado desde la etapa de despresurización por igualación se introduce desde la parte inferior de la torre de adsorción al interior de la otra torre de adsorción que está realizando la etapa de represurización por igualación.

20 Cuando la torre de adsorción del primer paso está realizando la etapa de despresurización por igualación en dos extremos, el 17-25% del gas descargado desde la etapa de despresurización por igualación se introduce desde la parte inferior de la torre de adsorción al interior de la otra torre de adsorción que está realizando la etapa de represurización por igualación.

25 La presente invención se utiliza para separar el componente fuertemente adsorbido y el componente débilmente adsorbido de la mezcla de gases; el producto puede ser el componente fuertemente adsorbido o el componente débilmente adsorbido o ambos al mismo tiempo; el procedimiento adopta un dispositivo de adsorción por cambio de presión en dos pasos que funciona en serie; la mezcla de gases se alimenta al dispositivo de adsorción por cambio de presión de primer paso, y el componente fuertemente adsorbido de la mezcla de gases se adsorbe y se concentra como producto; la mezcla de gases intermedia procedente de la salida de la torre de adsorción del dispositivo de adsorción por cambio de presión de primer paso se alimenta al dispositivo de adsorción por cambio de presión de segundo paso; el componente fuertemente adsorbido en la mezcla de gases intermedia se adsorbe adicionalmente, y el componente débilmente adsorbido, no adsorbido, actúa como producto y se alimenta a la siguiente etapa; el gas descargado desde la torre de adsorción que está en la primera etapa de despresurización a contracorriente BD1 en el primer paso se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso en la parte inferior para aumentar la presión; todo el gas, a excepción del componente débilmente adsorbido que entra en la siguiente etapa en el segundo paso, se devuelve al primer paso para aumentar la presión de la torre de adsorción; la torre de adsorción del primer paso experimenta secuencialmente las siguientes etapas en un periodo de circulación: etapa de adsorción A, despresurización por igualación en el sentido de la corriente ED, primera despresurización a contracorriente BD1, segunda despresurización a contracorriente BD2, represurización de gas de primer paso 2ER1, represurización de gas de segundo paso 2ER, represurización por igualación a contracorriente ER y represurización final FR; la torre de adsorción del segundo paso experimenta secuencialmente las siguientes etapas en un periodo de circulación: adsorción A, despresurización por igualación en el sentido de la corriente ED, despresurización a contracorriente BD, represurización por igualación a contracorriente ER y represurización final FR. La torre de adsorción del primer paso agrega la etapa de evacuación VC tras la segunda etapa de despresurización a contracorriente BD2 y/o la torre de adsorción del segundo paso agrega la etapa de evacuación VC tras la etapa de despresurización a contracorriente BD.

45 La torre de adsorción del segundo paso agrega la primera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1 y la segunda etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2 y la tercera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP3 tras la etapa de despresurización por igualación en el sentido de la corriente ED; al mismo tiempo, la torre de adsorción del segundo paso agrega la primera etapa de purga P1 y la segunda etapa de purga P2 y la tercera etapa de purga P3 tras la etapa de despresurización a contracorriente BD; el gas de la primera etapa de purga P1 proviene directamente de la torre de adsorción que está en la tercera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP3 o proviene del recipiente de compensación V3 que se utiliza para almacenar el gas de la tercera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP3; el gas de la segunda etapa de purga P2 proviene directamente de la torre de adsorción que está en la segunda etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2 o proviene del recipiente de compensación V4 que se utiliza para almacenar el gas de la segunda etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2; el gas de la tercera etapa de purga P3 proviene directamente de la torre de adsorción que está en la primera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1 o proviene del recipiente de compensación V5 que se utiliza para almacenar el gas de la primera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1.

60 En el primer paso, la concentración promedio de los componentes fuertemente adsorbidos en la mezcla de gases descargada finalmente desde la parte superior de la torre de adsorción tras la etapa de despresurización por igualación en dos extremos 2ER' es superior al 40%.

En el primer paso, la concentración promedio de los componentes fuertemente adsorbidos en la mezcla de gases descargada finalmente desde la parte superior de la torre de adsorción tras la etapa de despresurización por igualación en dos extremos 2ER' es superior al 75%.

- 5 En el primer paso, la concentración promedio de los componentes fuertemente adsorbidos en el gas de salida de la etapa de adsorción es superior o igual al 2%v.

La presión de la mezcla de gases de material de partida es superior o igual a 1,8 MPa(g).

- 10 En el primer paso, la concentración promedio de los componentes fuertemente adsorbidos en la mezcla de gases descargada finalmente desde la torre de adsorción tras la primera etapa de despresurización a contracorriente BD1 es superior al 30%.

- 15 En el primer paso, la concentración promedio de los componentes fuertemente adsorbidos en la mezcla de gases descargada finalmente desde la torre de adsorción tras la primera etapa de despresurización a contracorriente BD1 es superior al 80%.

- 20 Los adsorbentes en la torre de adsorción del primer paso son alúmina activada y gel de sílice de poro fino; la alúmina activada se rellena en la parte inferior de la torre de adsorción; el gel de sílice de poro fino se rellena en la parte superior de la torre de adsorción; el adsorbente en la torre de adsorción del segundo paso es sólo gel de sílice de poro fino.

- 25 Los adsorbentes en la torre de adsorción del primer paso son alúmina activada y gel de sílice de poro fino, o alúmina activada y carbón activado, o alúmina activada y carbón activado y tamiz molecular en secuencia desde la parte inferior hacia arriba; los adsorbentes en la torre de adsorción del segundo paso son carbón activado y tamiz molecular, o tamiz molecular.

- 30 Los adsorbentes en la torre de adsorción del primer paso son alúmina activada y tamiz molecular en secuencia desde la parte inferior hacia arriba; el adsorbente en la torre de adsorción del segundo paso es tamiz molecular. Los adsorbentes en la torre de adsorción del primer paso son alúmina activada y tamiz molecular en secuencia desde la parte inferior hacia arriba; el adsorbente en la torre de adsorción del segundo paso es tamiz molecular. La presente invención puede aumentar la recuperación del gas eficaz hasta el 99,9%, reducir el consumo de electricidad en un 50-90% (aumenta con el aumento de la presión de adsorción). Se observa que la presente invención crea una innovación de los procedimientos de separación de gases en la materia (incluyendo la tecnología de separación de gases en húmedo y la tecnología de separación de gases mediante adsorción por cambio de presión) y soluciona el problema de la pérdida de gas eficaz y el alto consumo de electricidad drásticamente.

Breve descripción de los dibujos

- 40 La figura 1 es el esquema de procedimiento de trabajo de las etapas de tecnología para el dispositivo de adsorción por cambio de presión de primer paso del ejemplo 1.

La figura 2 es el esquema de procedimiento de trabajo de las etapas de tecnología para el dispositivo de adsorción por cambio de presión de segundo paso del ejemplo 1.

- 45 La figura 3 es el diagrama de flujo de tecnología del ejemplo 1.

Descripción detallada de la invención

- 50 La mezcla de gases en la presente invención puede ser gas de desplazamiento de amoniaco sintético, gas de reducción de la presión de amoniaco sintético, gas sintético, gas de agua, gas natural, gas de agua mixto, gas de horno de alta temperatura, gas, gas seco de craqueo, gas asociado a yacimientos petrolíferos y gas de producción de petróleo, etcétera, también puede ser cualquier otra mezcla de gases.

- 55 La presente invención adopta un procedimiento de adsorción por cambio de presión con recirculación completa en dos pasos para la separación de gases. El procedimiento se utiliza para separar el componente fuertemente adsorbido y el componente débilmente adsorbido de la mezcla de gases; el producto puede ser el componente fuertemente adsorbido o el componente débilmente adsorbido o ambos al mismo tiempo; el procedimiento adopta un dispositivo de adsorción por cambio de presión en dos pasos que funciona en serie; la mezcla de gases se alimenta al dispositivo de adsorción por cambio de presión de primer paso, y el componente fuertemente adsorbido de la mezcla de gases se adsorbe y se concentra como producto; la mezcla de gases intermedia procedente de la salida de la torre de adsorción del dispositivo de adsorción por cambio de presión de primer paso se alimenta al dispositivo de adsorción por cambio de presión de segundo paso; el componente fuertemente adsorbido en la mezcla de gases intermedia se adsorbe adicionalmente, y el componente débilmente adsorbido, no adsorbido, actúa como producto y se alimenta a la siguiente etapa; todo el gas, a excepción del componente débilmente adsorbido que entra en la siguiente etapa en el segundo paso, se devuelve al primer paso para aumentar la presión de la torre de adsorción; la

concentración promedio de los componentes fuertemente adsorbidos en el gas de salida de la torre de adsorción del primer paso es superior o igual al 2%v generalmente. Las torres de adsorción del segundo paso se utilizan para adsorber los componentes fuertemente adsorbidos en el gas de salida de la torre de adsorción del primer paso hasta el nivel deseado de la siguiente etapa. Cada torre de adsorción del dispositivo de adsorción por cambio de presión en dos pasos pasa por las etapas a su vez en un ciclo tal como sigue:

5 El primer paso:

10 (1) Adsorción A

15 Parte del componente fuertemente adsorbido se adsorbe por el adsorbente en la torre de adsorción tras introducir la mezcla de gases en la entrada de la torre de adsorción que está en la etapa de adsorción; el componente débilmente adsorbido, no adsorbido, y parte del componente fuertemente adsorbido descargado desde la salida pasan al interior de la torre de adsorción del segundo paso que está en la etapa de adsorción. La cantidad total de componentes fuertemente adsorbidos, adsorbidos, aumentará de manera continua con el aumento del tiempo. La alimentación de gas se detiene cuando el componente adsorbido mencionado anteriormente alcanza la saturación en el adsorbente, lo que significa que la etapa de adsorción ha terminado.

20 (2) Despresurización por igualación en el sentido de la corriente ED

25 La concentración de componente débilmente adsorbido del gas del espacio muerto dentro de la torre de adsorción es bastante alta tras finalizar la etapa de adsorción, es necesario recuperar y reutilizar esta corriente del componente débilmente adsorbido. El gas del espacio muerto descargado en diferentes momentos desde la salida de la torre de adsorción entra en la torre de adsorción que ha completado la etapa de evacuación VC para aumentar la presión. El 30 gas se descarga cada vez y la igualación de la presión se realiza una vez. La concentración de componente fuertemente adsorbido en la salida de la torre de adsorción aumenta de manera continua con el aumento de los tiempos de igualación de la presión. Los tiempos de igualación de la presión se determinan mediante la presión de adsorción y la concentración de componente fuertemente adsorbido en la salida de la torre de adsorción tras la etapa de adsorción. En general, la concentración de componente fuertemente adsorbido en la parte superior de la torre de adsorción debería ser superior al 30%v, mejor superior al 75%v tras la última etapa de despresurización por igualación en el sentido de la corriente ED.

35 (3) Despresurización por igualación en dos extremos 2ED

40 La concentración de componente débilmente adsorbido del gas del espacio muerto dentro de la torre de adsorción es bastante alta y la concentración de componente fuertemente adsorbido es relativamente menor tras finalizar la etapa de adsorción; por un lado, es necesario recuperar y reutilizar esta parte de componente débilmente adsorbido, por otro lado, es necesario aumentar la concentración de componente fuertemente adsorbido, por tanto, el gas dentro de la torre de adsorción debe descargarse para realizar la desorción por despresurización. El gas del espacio 45 muerto descargado en diferentes momentos desde la salida de la torre de adsorción entra en la torre de adsorción que ha completado la etapa de regeneración de primer paso para su presurización. El gas se descarga cada vez y la igualación de la presión se realiza una vez. La concentración de componente fuertemente adsorbido en la entrada y la salida de la torre de adsorción aumenta de manera continua con el aumento de los tiempos de represurización por igualación, al mismo tiempo, se recupera y reutiliza el componente débilmente adsorbido. Cada vez que se realiza la operación de despresurización por igualación mencionada anteriormente, puede realizarse en los dos extremos de la torre de adsorción al mismo tiempo, o puede comenzar con la despresurización por igualación en el sentido de la corriente desde la parte superior de la torre de adsorción en primer lugar, y después realizar la despresurización por igualación a contracorriente a otra torre de adsorción en segundo lugar antes de conseguir el equilibrio de despresurización por igualación en el sentido de la corriente, el objetivo es aumentar la concentración de componente fuertemente adsorbido y recuperar el componente débilmente adsorbido dentro de la torre de adsorción; la tercera manera es realizar la despresurización por igualación en el sentido de la corriente en primer lugar, y después detenerla antes del equilibrio de la presión entre las dos torres de adsorción, y después realizar la despresurización por igualación a contracorriente. La primera manera puede aumentar la eficacia del adsorbente. La 55 cantidad de gas descargada desde la parte inferior de la torre de adsorción debería ser inferior a la cantidad descargada desde la parte superior de la torre de adsorción mientras se realiza la despresurización por igualación en dos extremos. La etapa de despresurización por igualación en dos extremos 2ED' en la presente invención es diferente de la etapa de despresurización por igualación ED habitual. El gas se descarga desde la salida de la torre de adsorción en la etapa de despresurización por igualación ED habitual, en cuanto a dicha despresurización por igualación en el sentido de la corriente, sin embargo, el gas se descarga tanto desde la entrada como de la salida de la torre de adsorción en la etapa de despresurización por igualación de la presión en dos extremos 2ED' en la presente invención.

60 Tras la etapa de adsorción A de la torre de adsorción, los primeros momentos de la operación de igualación de la presión puede utilizar despresurización por igualación en el sentido de la corriente ED, pero los últimos momentos de la igualación de la presión o la última igualación de la presión adopta la despresurización por igualación en dos

extremos 2ED'. La concentración de componente fuertemente adsorbido en el producto todavía cumple el requisito de producción tras la despresurización por igualación.

Los tiempos de igualación de la presión se determinan mediante la presión de adsorción y la concentración del componente fuertemente adsorbido en la salida de la torre de adsorción tras la etapa de adsorción. En circunstancias normales, tras la última etapa de despresurización por igualación en dos extremos 2ED', la concentración de componente fuertemente adsorbido en la parte superior de la torre de adsorción debería ser superior al 30%v, mejor superior al 75%v. La concentración de componente fuertemente adsorbido en la parte inferior de la torre de adsorción debería ser superior al 30%v, mejor superior al 80%v.

10 (4) Despresurización a contracorriente BD

Tras la etapa de despresurización por igualación en dos extremos 2ED', el componente fuertemente adsorbido dentro de la torre de adsorción se introduce en la siguiente fase hasta equilibrarse con la presión de la siguiente fase; el componente fuertemente adsorbido puede estar como producto o como combustible o venteo.

15 (5) Primera etapa de despresurización a contracorriente BD1

20 Tras la etapa de despresurización por igualación en el sentido de la corriente ED, el componente débilmente adsorbido en la parte inferior dentro de la torre de adsorción se descarga al interior del recipiente de compensación en primer lugar, y después el gas se introduce dentro del recipiente de compensación dentro de la torre de adsorción para su presurización; en circunstancias normales, tras la primera etapa de despresurización a contracorriente BD1, la concentración de componente fuertemente adsorbido en la parte inferior de la torre de adsorción debería ser superior al 30%v, mejor superior al 80%v.

25 (6) Segunda etapa de despresurización a contracorriente BD2

30 Tras la segunda etapa de despresurización a contracorriente BD1, el componente fuertemente adsorbido dentro de la torre de adsorción se introduce en la siguiente fase hasta equilibrarse con la presión de la siguiente fase; el componente fuertemente adsorbido puede estar como producto o como combustible o venteo.

35 (7) Evacuación VC

35 Tras la etapa de despresurización a contracorriente BD, el componente fuertemente adsorbido, adsorbido en el adsorbente, atraído mediante la bomba de vacío desde la parte inferior de la torre de adsorción se introduce en la siguiente fase. Tras la etapa de despresurización a contracorriente BD, se realiza la etapa de purga P si no se realiza la etapa de evacuación VC; el componente fuertemente adsorbido secado u otro gas seco dentro del sistema puede estar como gas de purga. Esta etapa se adopta cuando es necesario reducir la cantidad de adsorbente.

40 (8) Represurización de gas de primer paso 2ER1

45 Tras la etapa de despresurización a contracorriente BD o etapa de evacuación VC, el gas descargado desde la torre de adsorción del primer paso en la primera etapa de despresurización a contracorriente BD1 se devuelve a la salida de la torre de adsorción del primer paso para presurizar la torre de adsorción que ha terminado la etapa de despresurización a contracorriente BD o la etapa de evacuación VC. La etapa agregada puede aumentar la recuperación del gas eficaz.

50 (9) Represurización de gas de segundo paso 2ER

55 Tras la etapa de despresurización a contracorriente BD o etapa de evacuación VC o la etapa de represurización de gas de primer paso 2ER1, en el segundo paso, otro gas, a excepción del componente débilmente adsorbido que entre en la siguiente fase, se devuelve al interior de la salida de la torre de adsorción del primer paso para presurizar la torre de adsorción que ha terminado la etapa de despresurización a contracorriente BD o la etapa de evacuación VC. La etapa agregada puede aumentar la recuperación del gas eficaz.

55 (10) Represurización por igualación en dos extremos 2ER'

60 Tras la etapa de represurización de gas de segundo paso 2ER, el gas descargado desde la etapa de despresurización por igualación en dos extremos 2ED' en el primer paso se introduce en la torre de adsorción desde la entrada y la salida para presurizar la torre de adsorción gradualmente. Los tiempos de la etapa de represurización por igualación en dos extremos 2ER' y los tiempos de la etapa de despresurización por igualación en dos extremos 2ED' son los mismos. Cada vez, el gas utilizado para la etapa de represurización por igualación en dos extremos 2ER' proviene del gas de la etapa de despresurización en dos extremos 2ED' de una torre de adsorción diferente. La etapa de represurización por igualación en dos extremos 2ER' en el primer paso es diferente de la etapa de represurización por igualación ER habitual, el gas descargado desde la etapa de represurización por igualación ER

habitual se introduce en la salida, sin embargo, el gas descargado desde la etapa de represurización por igualación en dos extremos 2ER' en el primer paso se introduce tanto en la entrada como en la salida.

- 5 Tras la etapa de adsorción A, mientras se realiza la etapa de despresurización por igualación en el sentido de la corriente ED durante las primeras veces, el gas descargado desde la etapa de represurización por igualación ER de la torre de adsorción entra en la torre de adsorción en su salida, no en su entrada.

(11) Represurización por igualación a contracorriente ER

- 10 Tras la etapa de represurización de gas de segundo paso 2ER o la etapa de presurización por igualación en dos extremos 2ER', el gas descargado desde la etapa de despresurización por igualación en el sentido de la corriente se introduce en la torre de adsorción en la salida para presurizar la torre de adsorción que ha terminado la etapa de despresurización a contracorriente BD o la etapa de evacuación VC o etapa de purga P gradualmente. Los tiempos de la etapa de represurización por igualación y la etapa de despresurización por igualación son los mismos. Cada vez, el gas utilizado para la etapa de represurización por igualación proviene del gas de la etapa de despresurización por igualación de una torre de adsorción diferente.
- 15

(12) Represurización final FR

- 20 Tras la etapa de represurización por igualación en dos extremos 2ER', el gas descargado desde la salida de la torre de adsorción en la etapa de adsorción se utiliza para aplicar presión a la torre de adsorción desde la parte superior hasta que se alcanza la presión de adsorción.

El segundo paso:

- 25 (1) Adsorción A

- 30 El gas de salida descargado desde la torre de adsorción del primer paso que está en la etapa de adsorción se introduce en la torre de adsorción del dispositivo de segundo paso que está en la etapa de adsorción. El componente fuertemente adsorbido se adsorbe de manera selectiva por el adsorbente en las torres de adsorción y se descarga desde la salida al interior de la siguiente fase. El componente fuertemente adsorbido, adsorbido, aumentará de manera continua con el aumento del tiempo. La alimentación de gas se detiene cuando el componente adsorbido mencionado anteriormente alcanza la saturación en el adsorbente, lo que significa que la etapa de adsorción termina. La concentración de componente fuertemente adsorbido del gas de salida se controla según el requisito de producción, pudiendo reducirse hasta menos de varias ppm.
- 35

(2) Represurización por igualación en el sentido de la corriente ED

- 40 Tras la etapa de adsorción, la concentración de componente débilmente adsorbido en el gas del espacio muerto es bastante alta y es necesario recuperar y reutilizar esta corriente de gas. El gas del espacio muerto descargado en diferentes momentos desde la salida de la torre de adsorción entra en la torre de adsorción que ha completado la etapa de evacuación VC para aumentar la presión. El gas se descarga cada vez y la igualación de la presión se realiza una vez. La concentración de componente fuertemente adsorbido en la salida de la torre de adsorción aumenta de manera continua con el aumento de los tiempos de igualación de la presión. Los tiempos de igualación de la presión se determinan mediante la presión de adsorción y la concentración de componente fuertemente adsorbido en la salida de la torre de adsorción tras la etapa de adsorción.
- 45

(3) Despresurización en el sentido de la corriente PP

- 50 Tras la etapa de despresurización por igualación en el sentido de la corriente ED, el gas dentro de la torre de adsorción se descarga en el sentido de la corriente directamente al interior de la otra torre de adsorción para purgar el componente fuertemente adsorbido, adsorbido en el adsorbente; de otra manera, el gas se descarga al interior del recipiente de compensación en primer lugar, y después se descarga desde el recipiente al interior de la otra torre de adsorción para purgar el componente fuertemente adsorbido, adsorbido en el adsorbente, para conseguir la regeneración del adsorbente. La etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP puede realizarse una vez, y también dos veces, tres veces, incluso muchas veces. Cuantas más veces se adopte la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP, mejor efecto de pura se obtendrá y menos dosificación de adsorbente se utilizará, pero la elevada inversión en equipo no convencional, la válvula de secuencia especial, el sistema de presión de aceite, el sistema y aparato de control, además de la disminución de la dosificación del adsorbente es cada vez menos limitada a medida que aumentan los tiempos de la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP. La inversión en equipo no convencional, la válvula de control de programa especial, el sistema de presión de aceite, el sistema y aparato de control, será cada vez mayor, de modo que no es adecuado que los momentos de la despresurización en el sentido de la corriente PP se repitan muchas veces.
- 55

- 60 (4) Despresurización a contracorriente BD
- 65

Tras la etapa de despresurización por igualación en el sentido de la corriente ED o etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP, el gas se descarga en sentido inverso al interior de la torre de adsorción del primer paso.

(5) Evacuación VC o purga P

Tras la etapa de despresurización a contracorriente BD, el componente fuertemente adsorbido y otro componente adsorbido en el adsorbente atraído mediante la bomba de vacío desde la parte inferior de la torre de adsorción se introduce en el dispositivo de primer paso para conseguir la regeneración del adsorbente; de otra manera, la mezcla de gases descargada desde la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP se utiliza para purgar el componente fuertemente adsorbido, adsorbido en el adsorbente, para conseguir la regeneración del adsorbente. La mezcla de gases tras la etapa de purga de adsorbente se descarga al interior de la torre de adsorción del primer paso dispositivo.

(6) Represurización por igualación a contracorriente ER

Tras la etapa de despresurización a contracorriente BD o la etapa de evacuación VC o la etapa de purga P, el gas descargado desde la etapa de despresurización por igualación en el sentido de la corriente se introduce en la torre de adsorción en la salida para presurizar la torre de adsorción que ha completado la etapa de despresurización a contracorriente BD o la etapa de evacuación VC o etapa de purga P gradualmente. Los tiempos de la etapa de represurización por igualación y la despresurización por igualación son los mismos. Cada vez el gas utilizado para la etapa de represurización por igualación proviene del gas tras la etapa de despresurización por igualación de una torre de adsorción diferente.

(7) Represurización final FR

Tras la etapa de represurización por igualación, el gas descargado desde la salida de la torre de adsorción en la etapa de adsorción se utiliza para presurizar la torre de adsorción desde la parte superior hasta que se alcanza la presión de adsorción.

Ejemplo 1

El gas de alimentación en el presente ejemplo es el gas de desplazamiento de amoniaco sintético, incluyendo aquéllos de carbón, gas natural, petróleo, etcétera.

Los componentes del gas de desplazamiento de amoniaco sintético se muestran en la siguiente tabla:

Componente	H ₂	N ₂	CO ₂	CO	CH ₄	O ₂ +Ar	Azufre total	Agua (vapor)
Conc. (%) en volumen	46 53	12 17	18 30	≤1 9	1 2	≤0,8	150 mg/Nm ³	saturación

Temperatura ≤40

Presión 3,0 MPa(g)

Tal como se muestra en la figura3, el dispositivo de primer paso comprende once torres de adsorción (A-K). Los adsorbentes en la torre de adsorción desde la parte inferior hacia arriba en secuencia son alúmina activada y gel de sílice de poro fino. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza nueve veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende ocho torres de adsorción (a-h). El adsorbente en la torre de adsorción es gel de sílice de poro fino. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza seis veces en el procedimiento de trabajo. En el primer paso, el dióxido de carbono se purifica hasta más del 98%v para sintetizar carbamida. En el segundo paso, el gas de salida del primer paso se purifica adicionalmente para cumplir el requisito del siguiente procedimiento en la producción de amoniaco sintético; la concentración de dióxido de carbono en el hidrógeno, nitrógeno en la salida superior de la torre de adsorción del segundo paso se controla para que sea inferior al 0,2%v.

El gas de desplazamiento entra en el primer paso en la etapa de adsorción. Los adsorbentes adsorben de manera selectiva agua, azufre orgánico, azufre inorgánico y dióxido de carbono etcétera a su vez del gas de desplazamiento. El dióxido de carbono parcialmente no adsorbido y los componentes débilmente adsorbidos tales como monóxido de carbono, metano, nitrógeno, hidrógeno y otros componentes se descargan desde la salida y entran en la torre de adsorción del segundo paso en la etapa de adsorción. Los adsorbentes adsorben selectivamente dióxido de carbono, los componentes débilmente adsorbidos tales como monóxido de carbono, metano, nitrógeno, hidrógeno y otros componentes se descargan desde la salida y entran en el procedimiento de compresión. En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación como adsorción A, primera despresurización por igualación en dos extremos 2E1D', segunda

despresurización por igualación en dos extremos 2E2D', tercera despresurización por igualación en dos extremos 2E3D', cuarta despresurización por igualación en dos extremos 2E4D', quinta despresurización por igualación en dos extremos 2E5D', sexta despresurización por igualación en dos extremos 2E6D', séptima despresurización por igualación en dos extremos 2E7D', octava despresurización por igualación en dos extremos 2E8D', novena despresurización por igualación en dos extremos 2E9D', despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD, represurización de gas de segundo paso 2ER, novena represurización por igualación en dos extremos 2E9R', octava represurización por igualación en dos extremos 2E8R', séptima represurización por igualación en dos extremos 2E7R', sexta represurización por igualación en dos extremos 2E6R', una quinta represurización por igualación en dos extremos 2E5R', una cuarta represurización por igualación en dos extremos 2E4R', tercera represurización por igualación en dos extremos 2E3R', segunda represurización por igualación en dos extremos 2E2R, primera represurización por igualación en dos extremos 2E1R, represurización final FR. El gas obtenido del primer paso en la etapa de despresurización de producto de dióxido de carbono BD es producto de dióxido de carbono. En el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como adsorción A, primera despresurización por igualación E1D, segunda despresurización por igualación E2D, tercera despresurización por igualación E3D, cuarta despresurización por igualación E4D, quinta despresurización por igualación E5D, sexta despresurización por igualación E6D, despresurización a contracorriente BD1, despresurización a contracorriente BD2, sexta represurización por igualación E6R, quinta represurización por igualación E5R, cuarta represurización por igualación E4R, tercera represurización por igualación E3R, segunda represurización por igualación E2R, primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. La mezcla de gases descargada desde la salida de la torre de adsorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente producto de nitrógeno y hidrógeno, que contiene poco monóxido de carbono y metano. El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado una etapa de despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD totalmente para su presurización, abreviada como 2ER. Tomando la torre de adsorción A como ejemplo y haciendo referencia cruzada a la figura 1 y la figura 2, se muestran las etapas de la torre de adsorción del primer paso en un periodo de circulación en este ejemplo:

(1) Adsorción A

En este punto, la torre de adsorción A ha completado la etapa FR, se abre la válvula de secuencia 1A, 2A. El gas de desplazamiento pasa por el conducto G11 y entra en la torre de adsorción A. En la torre de adsorción A, los adsorbentes adsorben de manera selectiva agua, azufre orgánico, azufre inorgánico y dióxido de carbono a su vez desde el gas de desplazamiento. El dióxido de carbono parcialmente no adsorbido y el componente débilmente adsorbido tal como monóxido de carbono, metano, nitrógeno, hidrógeno y otros componentes fluyen desde la salida a través de la válvula de secuencia 2A y entran en la torre de adsorción en la etapa de adsorción del segundo paso. La cantidad total de agua, azufre orgánico, azufre inorgánico y dióxido de carbono adsorbidos aumenta gradualmente con el aumento del tiempo. Se detiene la alimentación de gas cuando los adsorbentes están saturados por los componentes mencionados anteriormente, y termina la adsorción. Se cierra 1A, 2A. La concentración de dióxido de carbono en el gas de salida debe controlarse para que sea del 6 al 15% (en volumen).

(2) La primera despresurización por igualación en dos extremos, abreviada como 2E1D'

Tras la etapa de adsorción, se abre la válvula de secuencia 3A, 3C, 11A y 11C. El gas dentro de la torre de adsorción A pasa por el conducto G13 y G111 y entra en la torre de adsorción C para realizar la primera represurización por igualación en dos extremos (abreviada como 2E1R'). Cuando la presión en la torre de adsorción A se equilibra con la presión en la torre de adsorción C, se cierra 3A, 11C.

(3) La segunda despresurización por igualación en dos extremos, abreviada como 2E2D'

Tras la etapa 2E1D', se abre la válvula de secuencia 4A, 4D, 11D. El gas dentro de la torre de adsorción A pasa por el conducto G14 y G111 y entra en la torre de adsorción D para realizar la segunda represurización por igualación en dos extremos (abreviada como 2E2R'). Cuando la presión en la torre de adsorción A se equilibra con la presión en la torre de adsorción D, se cierra 4D, 11A y 11D.

(4) La tercera despresurización por igualación en dos extremos, abreviada como 2E3D'

Tras la etapa 2E2D', se abre la válvula de secuencia 4E, 12A, 12E. El gas dentro de la torre de adsorción A pasa por el conducto G14 y G112 y entra en la torre de adsorción E para realizar la tercera represurización por igualación en dos extremos (abreviada como 2E3R'). Cuando la presión en la torre de adsorción A se equilibra con la presión en la torre de adsorción E, se cierra 4A, 4E y 12E.

(5) La cuarta represurización por igualación en dos extremos, abreviada como 2E4D'

Tras la etapa 2E3D', se abre la válvula de secuencia 5A, 5F, 12F. El gas dentro de la torre de adsorción A pasa por el conducto G15 y G112 y entra en la torre de adsorción F para realizar la cuarta represurización por igualación en

dos extremos (abreviada como 2E4R'). Cuando la presión en la torre de adsorción A se equilibra con la presión en la torre de adsorción F, se cierra 5F, 12A y 12F.

(6) La quinta despresurización por igualación en dos extremos, abreviada como 2E5D'

5 Tras la etapa 2E4D', se abre la válvula de secuencia 5G, 13A, 13G. El gas dentro de la torre de adsorción A pasa por el conducto G15 y G113 y entra en la torre de adsorción G para realizar la quinta represurización por igualación en dos extremos (abreviada como 2ESR'). Cuando la presión en la torre de adsorción A se equilibra con la presión en la torre de adsorción G, se cierra 5A, 5G y 13G.

10 (7) La sexta despresurización por igualación en dos extremos, abreviada como 2E6D'

15 Tras la etapa 2E5D', se abre la válvula de secuencia 6A, 6H, 13H. El gas dentro de la torre de adsorción A pasa por el conducto G16 y G113 y entra en la torre de adsorción H para realizar la sexta represurización por igualación en dos extremos (abreviada como 2E6R'). Cuando la presión en la torre de adsorción A se equilibra con la presión en la torre de adsorción H, se cierra 6H, 13A y 13H.

20 (8) La séptima despresurización por igualación en dos extremos, abreviada como 2E7D'

25 Tras la etapa 2E6D', se abre la válvula de secuencia 6I, 8A, 8I. El gas dentro de la torre de adsorción A pasa por el conducto G16 y G18 y entra en la torre de adsorción I para realizar la séptima represurización por igualación en dos extremos (abreviada como 2E7R'). Cuando la presión en la torre de adsorción A se equilibra con la presión en la torre de adsorción I, se cierra 6A, 6I y 8I.

30 (9) La octava despresurización por igualación en dos extremos, abreviada como 2E7D'

35 Tras la etapa 2E7D', se abre la válvula de secuencia 7A, 7J, 8J. El gas dentro de la torre de adsorción A pasa por el conducto G17 y G18 y entra en la torre de adsorción J para realizar la octava represurización por igualación en dos extremos (abreviada como 2E8R'). Cuando la presión en la torre de adsorción A se equilibra con la presión en la torre de adsorción J, se cierra 7J, 8A y 8J.

40 (10) La novena despresurización por igualación en dos extremos, abreviada como 2E9D'

45 Tras la etapa 2E8D', se abre la válvula de secuencia 7K, 9A, 9K. El gas dentro de la torre de adsorción A pasa por el conducto G17 y G19 y entra en la torre de adsorción K para realizar la novena represurización por igualación en dos extremos (abreviada como 2E9R'). Cuando la presión en la torre de adsorción A se equilibra con la presión en la torre de adsorción K, se cierra 7A, 7K y 9K.

50 Tras la etapa 2E9D', la concentración de los componentes fuertemente adsorbidos en la parte superior es superior al 70% (en volumen); la concentración de los componentes fuertemente adsorbidos en la parte inferior es superior al 75% (en volumen).

(11) Despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD

55 Tras la etapa 2E9D', se abre en primer lugar la válvula de secuencia KV-14a. El producto de dióxido de carbono en la torre de adsorción A se introduce en el recipiente de compensación intermedio V9 de producto de dióxido de carbono. Cuando la presión en la torre de adsorción A alcanza aproximadamente la presión en el recipiente V9, se cierra KV-14a, y después se abre la válvula de secuencia KV14; se introduce el producto de dióxido de carbono en la torre de adsorción A al interior del recipiente de compensación intermedio V8 de dióxido de carbono. Cuando la presión en la torre de adsorción A alcanza aproximadamente la presión en el recipiente V8, se cierra KV-14.

(12) Represurización de gas de segundo paso 2ER

60 Tras la etapa BD, se abre la válvula de secuencia 10A. El gas en V6 y V7 entra en la torre de adsorción A para presurizarla, cuando la presión en V6 y V7 se equilibra con la presión en la torre de adsorción A se cierra 10A.

(13) La novena represurización por igualación en dos extremos, abreviada como 2E9R'

65 Tras la etapa 2ER, se abre la válvula de secuencia 7A, 7B, 9A y 9B. El gas dentro de la torre de adsorción B pasa por el conducto G19 y G17 y entra en la torre de adsorción A para realizar la novena represurización por igualación en dos extremos (abreviada como 2E9R'). Cuando la presión en la torre de adsorción A se equilibra con la presión en la torre de adsorción B, se cierra 7B, 9A y 9B.

(14) La octava represurización por igualación en dos extremos, abreviada como 2E8R'

- Tras la etapa 2E9R', se abre la válvula de secuencia 7A, 7C, 8A y 8C. El gas dentro de la torre de adsorción C pasa por el conducto G17 y G18 y entra en la torre de adsorción A para realizar la octava represurización por igualación en dos extremos (abreviada como 2E8R'). Cuando la presión en la torre de adsorción A se equilibra con la presión en la torre de adsorción C, se cierra 7A, 7C y 8C.
- 5 (15) La séptima represurización por igualación en dos extremos, abreviada como 2E7R'
- Tras la etapa 2E8R', se abre la válvula de secuencia 6A, 6D, 8D. El gas dentro de la torre de adsorción D pasa por el conducto G16 y G18 y entra en la torre de adsorción A para realizar la octava represurización por igualación en dos extremos (abreviada como 2E7R'). Cuando la presión en la torre de adsorción A se equilibra con la presión en la torre de adsorción D, se cierra 6D, 8A y 8D.
- 10 (16) La sexta represurización por igualación en dos extremos, abreviada como 2E6R'
- 15 Tras la etapa 2E7R', se abre la válvula de secuencia 6E, 13A, 13E. El gas dentro de la torre de adsorción E pasa por el conducto G16 y G113 y entra en la torre de adsorción A para realizar la sexta represurización por igualación en dos extremos (abreviada como 2E6R'). Cuando la presión en la torre de adsorción A se equilibra con la presión en la torre de adsorción E, se cierra 6A, 6E y 13E.
- 20 (17) La quinta represurización por igualación en dos extremos, abreviada como 2E5R'
- Tras la etapa 2E6R', se abre la válvula de secuencia 5A, 5F, 13F. El gas dentro de la torre de adsorción F pasa por el conducto G15 y G113 y entra en la torre de adsorción A para realizar la quinta represurización por igualación en dos extremos (abreviada como 2E5R'). Cuando la presión en la torre de adsorción A se equilibra con la presión en la torre de adsorción F, se cierra 5F, 13A y 13F.
- 25 (18) La cuarta represurización por igualación en dos extremos, abreviada como 2E4R'
- 30 Tras la etapa 2E5R', se abre la válvula de secuencia 5G, 12A, 12G. El gas dentro de la torre de adsorción G pasa por el conducto G15 y G112 y entra en la torre de adsorción A para realizar la cuarta represurización por igualación en dos extremos (abreviada como 2E4R'). Cuando la presión en la torre de adsorción A se equilibra con la presión en la torre de adsorción F, se cierra 5A, 5G y 12G.
- 35 (19) La tercera represurización por igualación en dos extremos, abreviada como 2E3R'
- 35 Tras la etapa 2E4R', se abre la válvula de secuencia 4A, 4H, 12H. El gas dentro de la torre de adsorción H pasa por el conducto G14 y G112 y entra en la torre de adsorción A para realizar la cuarta represurización por igualación en dos extremos (abreviada como 2E3R'). Cuando la presión en la torre de adsorción A se equilibra con la presión en la torre de adsorción H, se cierra 4H, 12A, 12H.
- 40 (20) La segunda represurización por igualación en dos extremos, abreviada como 2E2R'
- 45 Tras la etapa 2E3R', se abre la válvula de secuencia 4I, 11A, 11I. El gas dentro de la torre de adsorción I pasa por el conducto G14 y G111 y entra en la torre de adsorción A para realizar la cuarta represurización por igualación en dos extremos (abreviada como 2E2R'). Cuando la presión en la torre de adsorción A se equilibra con la presión en la torre de adsorción I, se cierra 4A, 4I, 11I.
- 50 (21) La primera represurización por igualación en dos extremos, abreviada como 2E1R'
- 50 Tras la etapa 2E2R', se abre la válvula de secuencia 3A, 3J, 11J. El gas dentro de la torre de adsorción J pasa por el conducto G13 y G111 y entra en la torre de adsorción A para realizar la primera represurización por igualación en dos extremos (abreviada como 2E1R'). Cuando la presión en la torre de adsorción A se equilibra con la presión en la torre de adsorción J, se cierra 3J, 11A, 11J.
- 55 (22) Represurización final FR
- 55 Tras la etapa 2E1R', se abre la válvula de secuencia KV-12. El gas de salida descargado desde la torre de adsorción en la etapa de adsorción se utiliza para aumentar la presión en la parte superior de la torre de adsorción A. Cuando la presión en A se equilibra con la presión de adsorción, se cierra KV-12 y 3A.
- 60 En este punto, la torre de adsorción A ha completado un periodo de circulación y puede entrar en la siguiente circulación. Las etapas de las torres de adsorción B a D son las mismas, pero los momentos operativos están escalonados, véanse la figura 1 y la figura 3.
- 65 Tomando ahora la torre de adsorción A como ejemplo y haciendo referencia cruzada a la figura 2 y la figura 3, se muestran las etapas de la torre de adsorción del segundo paso en un periodo de circulación en este ejemplo:

(1) Adsorción A

En este punto, la torre de adsorción a ha completado la etapa FR, se abre la válvula de secuencia 1a, 2a. La mezcla de gases intermedia pasa por el conducto G21 y entra en la torre de adsorción a. En la torre de adsorción a, los adsorbentes adsorben de manera selectiva dióxido de carbono y otros componentes en el gas de salida del primer paso. El poco dióxido de carbono no adsorbido y el componente débilmente adsorbido tal como monóxido de carbono, metano, nitrógeno, hidrógeno y otros componentes salen por la salida a través de la válvula de secuencia 2a y entran en el procedimiento de compresión de amoníaco sintético. La cantidad total de dióxido de carbono adsorbido aumenta gradualmente con el aumento del tiempo. Se detiene la alimentación de gas cuando los adsorbentes están saturados por dióxido de carbono, y termina la adsorción. Se cierra 1a, 2a. La concentración de dióxido de carbono en el gas de salida debe controlarse para que sea inferior al 2% (en volumen).

(2) La primera despresurización por igualación en el sentido de la corriente, abreviada como E1D

Tras la etapa de adsorción, se abre la válvula de secuencia 3a, 3c. El gas dentro de la torre de adsorción a pasa por el conducto G23 y entra en la torre de adsorción C para realizar la etapa E1R. Cuando la presión en la torre de adsorción a se equilibra con la presión en la torre de adsorción c, se cierra 3a.

(3) La segunda despresurización por igualación en el sentido de la corriente, abreviada como E2D

Tras la etapa E1D, se abre la válvula de secuencia 4a, 4d. El gas dentro de la torre de adsorción a pasa por el conducto G24 y entra en la torre de adsorción d para realizar la etapa E2R. Cuando la presión en la torre de adsorción a se equilibra con la presión en la torre de adsorción d, se cierra 4d.

(4) La tercera despresurización por igualación en el sentido de la corriente, abreviada como E3D

Tras la etapa E2D, se abre la válvula de secuencia 4e. El gas dentro de la torre de adsorción a pasa por el conducto G24 y entra en la torre de adsorción e para realizar la etapa E3R. Cuando la presión en la torre de adsorción a se equilibra con la presión en la torre de adsorción e, se cierra 4a, 4e.

(5) La cuarta represurización por igualación en el sentido de la corriente, abreviada como E4D

Tras la etapa E3D, se abre la válvula de secuencia 5a, 5f. El gas dentro de la torre de adsorción a pasa por el conducto G25 y entra en la torre de adsorción f para realizar la etapa E4R. Cuando la presión en la torre de adsorción a se equilibra con la presión en la torre de adsorción f, se cierra 5f.

(6) La quinta despresurización por igualación en el sentido de la corriente, abreviada como E5D

Tras la etapa E4D, se abre la válvula de secuencia 5g. El gas dentro de la torre de adsorción a pasa por el conducto G25 y entra en la torre de adsorción g para realizar la etapa E5R. Cuando la presión en la torre de adsorción a se equilibra con la presión en la torre de adsorción g, se cierra 5f, 5a.

(7) La sexta despresurización por igualación en el sentido de la corriente, abreviada como E6D

Tras la etapa E5D se abre la válvula de secuencia 6a, 6h. El gas dentro de la torre de adsorción a pasa por el conducto G26 y entra en la torre de adsorción h para realizar la etapa E6R. Cuando la presión en la torre de adsorción a se equilibra con la presión en la torre de adsorción h, se cierra 6h.

(8) Despresurización a contracorriente BD

Tras la etapa E6D, se abre la válvula de secuencia 8a, KV-15a. El gas dentro de la torre de adsorción a se descarga a contracorriente (BD1) al interior del recipiente de compensación V6 en primer lugar, se cierra KV-15a tras alcanzar el equilibrio de presión, después se abre la válvula de secuencia KV-17a. El gas se descarga a contracorriente (BD2) al interior del recipiente de compensación V7, se cierra 8a, KV-17a tras alcanzar el equilibrio de presión. Termina la etapa de despresurización a contracorriente BD.

(9) La sexta represurización por igualación a contracorriente, abreviada como E6R

Tras la etapa BD, se abre la válvula de secuencia 6a, 6b. El gas dentro de la torre de adsorción b pasa por el conducto G26 y entra en la torre de adsorción a para realizar la etapa E6R. Cuando la presión en la torre de adsorción b se equilibra con la presión en la torre de adsorción a, se cierra 6a, 6b.

(10) La quinta represurización por igualación a contracorriente, abreviada como E5R

Tras la etapa E6R, se abre la válvula de secuencia 5a, 5c. El gas dentro de la torre de adsorción c pasa por el conducto G25 y entra en la torre de adsorción a para realizar la etapa E5R. Cuando la presión en la torre de adsorción c se equilibra con la presión en la torre de adsorción a, se cierra 5c.

5 (11) La cuarta represurización por igualación a contracorriente, abreviada como E4R

Tras la etapa E5R, se abre la válvula de secuencia 5d. El gas dentro de la torre de adsorción d pasa por el conducto G25 y entra en la torre de adsorción a para realizar la etapa E4R. Cuando la presión en la torre de adsorción d se equilibra con la presión en la torre de adsorción a, se cierra 5a, 5d.

10 (12) La tercera represurización por igualación a contracorriente, abreviada como E3R

15 Tras la etapa E4R, se abre la válvula de secuencia 4a, 4e. El gas dentro de la torre de adsorción e pasa por el conducto G24 y entra en la torre de adsorción a para realizar la etapa E3R. Cuando la presión en la torre de adsorción e se equilibra con la presión en la torre de adsorción a, se cierra 4e.

(13) La segunda represurización por igualación a contracorriente, abreviada como E2R

20 Tras la etapa E3R, se abre la válvula de secuencia 4f. El gas dentro de la torre de adsorción f pasa por el conducto G24 y entra en la torre de adsorción a para realizar la etapa E2R. Cuando la presión en la torre de adsorción f se equilibra con la presión en la torre de adsorción a, se cierra 4f, 4a.

(14) La primera represurización por igualación a contracorriente, abreviada como E1R

25 Tras la etapa E2R, se abre la válvula de secuencia 3a, 3g. El gas dentro de la torre de adsorción g pasa por el conducto G23 y entra en la torre de adsorción a para realizar la etapa E1R. Cuando la presión en la torre de adsorción g se equilibra con la presión en la torre de adsorción a, se cierra 3g.

30 (15) Represurización final FR

35 Tras la etapa E1R, se abre la válvula de secuencia KV-16. El gas de salida descargado desde la torre de adsorción en la etapa de adsorción se utiliza para aumentar la presión en la parte superior de la torre de adsorción a. Cuando la presión en la torre de adsorción a alcanza la presión de adsorción, se cierra KV-16 y 3a. En este punto, la torre de adsorción a ha completado una circulación y puede entrar en la siguiente circulación. Las etapas de las torres de adsorción b a h son las mismas, pero los momentos operativos están escalonados, véanse la figura 2 y la figura 3. El resultado de este ejemplo es que la pureza del producto de dióxido de carbono es del 98,5%v. La recuperación de dióxido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y monóxido de carbono es superior al 99,9%v. La concentración de dióxido de carbono en el producto de hidrógeno y nitrógeno es inferior al 0,2%v. El consumo de electricidad es de 2 kwh por tonelada de amoniaco utilizada para instrumentos y luz.

40 Para este ejemplo, utilizando la combinación de adsorbentes dada de la presente invención y realizando las etapas en las mismas otras condiciones (por ejemplo presión de adsorción a 3,0 MPa(g), temperatura y composición del gas de desplazamiento, tiempo del ciclo de adsorción, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido), puede ahorrarse un 8% en la inversión preliminar en equipos utilizada para eliminar el carbono.

Ejemplo 2

50 Las condiciones de este ejemplo, tales como temperatura y composición del gas de desplazamiento, tipo de adsorbente, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido, etcétera, y otras condiciones son las mismas que las del ejemplo 1. La presión de adsorción en este ejemplo es de 1,8 MPa(g), la presión de transporte del producto de dióxido de carbono es de 0,005 MPa.

55 El dispositivo de primer paso comprende doce torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza diez veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende ocho torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza seis veces en el procedimiento de trabajo. En el primer paso, el dióxido de carbono se purifica hasta más del 98%v para sintetizar carbamida. En el segundo paso, el gas de salida del primer paso se purifica adicionalmente para cumplir el requisito del siguiente programa en la producción de amoniaco sintético. La concentración de dióxido de carbono en el hidrógeno, nitrógeno en la salida superior de la torre de adsorción del segundo paso se controla para que sea inferior al 0,8%v.

65 En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación en dos extremos 2E1D', una segunda despresurización por igualación en dos extremos 2E2D', una tercera despresurización por

igualación en dos extremos 2E3D', una cuarta despresurización por igualación en dos extremos 2E4D', una quinta despresurización por igualación en dos extremos 2E5D', una sexta despresurización por igualación en dos extremos 2E6D', una séptima despresurización por igualación en dos extremos 2E7D', una octava despresurización por igualación en dos extremos 2E8D', una novena despresurización por igualación en dos extremos 2E9D', una décima despresurización por igualación en dos extremos 2E10D', despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD, represurización de gas de segundo paso 2ER, una décima represurización por igualación en dos extremos 2E10R', una novena represurización por igualación en dos extremos 2E9R', una octava represurización por igualación en dos extremos 2E8R', una séptima represurización por igualación en dos extremos 2E7R', una sexta represurización por igualación en dos extremos 2E6R', una quinta represurización por igualación en dos extremos 2E5R', una cuarta represurización por igualación en dos extremos 2E4R', una tercera represurización por igualación en dos extremos 2E3R', una segunda represurización por igualación en dos extremos 2E1R, represurización final FR. El gas obtenido del primer paso en la etapa de despresurización de producto de dióxido de carbono BD es producto de dióxido de carbono. En el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, una quinta despresurización por igualación E5D, una sexta despresurización por igualación E6D, despresurización a contracorriente BD, una sexta represurización por igualación E6R, una quinta represurización por igualación E5R, una cuarta represurización por igualación E4R, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. La mezcla de gases descargada desde la salida de la torre de absorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente producto de nitrógeno y hidrógeno, que contiene poco monóxido de carbono y metano en el mismo. El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado una etapa de despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD totalmente para su presurización, abreviada como 2ER.

El resultado de este ejemplo es que la pureza del producto de dióxido de carbono es del 98%v, la recuperación de dióxido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y monóxido de carbono es superior al 99,8%v. La concentración de dióxido de carbono en el producto de hidrógeno y nitrógeno es inferior al 0,8%v. El consumo de electricidad es de 2 kwh por tonelada de amoniaco utilizada para instrumentos y luz.

Para este ejemplo, utilizando la combinación de adsorbentes dada de la presente invención y realizando las etapas en las mismas otras condiciones (por ejemplo presión de adsorción a 1,8 MPa(g), temperatura y composición del gas de desplazamiento, tiempo del ciclo de adsorción, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido), puede ahorrarse un 9% en la inversión preliminar en equipos utilizada para eliminar el carbono.

Ejemplo 3

Las condiciones de este ejemplo, tales como temperatura y composición del gas de desplazamiento, tipo de adsorbente, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido, etcétera, y otras condiciones son las mismas que las del ejemplo 1. La presión de adsorción en este ejemplo es de 3,0 MPa(g), la presión de transporte del producto de dióxido de carbono es de 0,005 MPa.

El dispositivo de primer paso comprende doce torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza diez veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende ocho torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza seis veces en el procedimiento de trabajo. En el primer paso, el dióxido de carbono se purifica hasta más del 98%v para sintetizar carbamida; en el segundo paso, el gas de salida del primer paso se purifica adicionalmente para cumplir el requisito del siguiente programa en la producción de amoniaco sintético. La concentración de dióxido de carbono en el hidrógeno, nitrógeno en la salida superior de la torre de adsorción del segundo paso se controla para que sea inferior al 0,2%v.

En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, una quinta despresurización por igualación E5D, una sexta despresurización por igualación E6D, una séptima despresurización por igualación E7D, una octava despresurización por igualación en dos extremos 2E8D', una novena despresurización por igualación en dos extremos 2E9D', una décima despresurización por igualación en dos extremos 2E10D', despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD, represurización de gas de segundo paso 2ER, una décima represurización por igualación en dos extremos 2E9R', una octava represurización por igualación en dos extremos 2E8R', una séptima represurización por igualación E7R, una sexta represurización por igualación E6R, una quinta represurización por igualación E5R, una cuarta represurización por igualación E4R,

una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. El gas obtenido del primer paso en la etapa de despresurización de producto de dióxido de carbono BD es producto de dióxido de carbono. En el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, una quinta despresurización por igualación E5D, una sexta despresurización por igualación E6D, despresurización a contracorriente BD, una sexta represurización por igualación E6R, una quinta represurización por igualación E5R, una cuarta represurización por igualación E4R, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. La mezcla de gases descargada desde la salida de la torre de absorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente producto de nitrógeno e hidrógeno, que contiene poco monóxido de carbono y metano en el mismo. El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado una etapa de despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD totalmente para su presurización, abreviada como 2ER.

El resultado de este ejemplo es que la pureza del producto de dióxido de carbono es del 98%v, la recuperación de dióxido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y monóxido de carbono es superior al 99,9%v. La concentración de dióxido de carbono en el producto de hidrógeno y nitrógeno es inferior al 0,2%v. El consumo de electricidad es de 2 kwh por tonelada de amoniaco utilizada para instrumentos y luz.

Para este ejemplo, utilizando la combinación de adsorbentes dada de la presente invención y realizando las etapas en las mismas otras condiciones (por ejemplo presión de adsorción a 3,0 MPa(g), temperatura y composición del gas de desplazamiento, tiempo del ciclo de adsorción, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido), puede ahorrarse un 7% en la inversión preliminar en equipos utilizada para eliminar el carbono.

Ejemplo 4

Las condiciones de este ejemplo, tales como temperatura y composición del gas de desplazamiento, tipo de adsorbente, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido, etcétera, y otras condiciones son las mismas que las del ejemplo 1. La presión de adsorción en este ejemplo es de 1,8 MPa(g), la presión de transporte del producto de dióxido de carbono es de 0,005 MPa.

El dispositivo de primer paso comprende trece torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza once veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende seis torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza cuatro veces en el procedimiento de trabajo. En el primer paso, el dióxido de carbono se purifica hasta más del 98%v para sintetizar carbamida; en el segundo paso, el gas de salida del primer paso se purifica adicionalmente para cumplir el requisito del siguiente programa en la producción de amoniaco sintético. La concentración de dióxido de carbono en el hidrógeno, nitrógeno en la salida superior de la torre de adsorción del segundo paso se controla para que sea inferior al 0,8%v.

En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, una quinta despresurización por igualación E5D, una sexta despresurización por igualación E6D, una séptima despresurización por igualación E7D, una octava despresurización por igualación en dos extremos 2E8D', una novena despresurización por igualación en dos extremos 2E9D', una décima despresurización por igualación en dos extremos 2E10D', una undécima despresurización por igualación en dos extremos 2E11D', despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD, represurización de gas de segundo paso 2ER, una undécima represurización por igualación en dos extremos 2E11R', una décima represurización por igualación en dos extremos 2E10R', una novena represurización por igualación en dos extremos 2E9R', una octava represurización por igualación en dos extremos 2E8R', una séptima represurización por igualación E7R, una sexta represurización por igualación E6R, una quinta represurización por igualación E5R, una cuarta represurización por igualación E4R, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. El gas obtenido del primer paso en la etapa de despresurización de producto de dióxido de carbono BD es producto de dióxido de carbono. En el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, despresurización a contracorriente BD, una cuarta represurización por igualación E4R, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. La mezcla de gases

descargada desde la salida de la torre de absorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente producto de nitrógeno e hidrógeno, que contiene poco monóxido de carbono y metano en el mismo. El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado una etapa de despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD totalmente para su presurización, abreviada como 2ER.

El resultado de este ejemplo es que la pureza del producto de dióxido de carbono es del 98%v. La recuperación de dióxido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y monóxido de carbono es superior al 99,5%v. La concentración de dióxido de carbono en el producto de hidrógeno y nitrógeno es inferior al 0,8%v. El consumo de electricidad es de 2 kwh por tonelada de amoniaco utilizada para instrumentos y luz.

Para este ejemplo, utilizando la combinación de adsorbentes dada de la presente invención y realizando las etapas en las mismas otras condiciones (por ejemplo presión de adsorción a 1,80 MPa(g), temperatura y composición del gas de desplazamiento, tiempo del ciclo de adsorción, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido), puede ahorrarse un 7% en la inversión preliminar en equipos utilizada para eliminar el carbono.

Ejemplo 5

Las condiciones de este ejemplo, tales como temperatura y composición del gas de desplazamiento, tipo de adsorbente, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido, etcétera, y otras condiciones son las mismas que las del ejemplo 1. La presión de adsorción en este ejemplo es de 0,6 MPa(g), la presión de transporte del producto de dióxido de carbono es de 0,005 MPa.

El dispositivo de primer paso comprende doce torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza diez veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende seis torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza tres veces en el procedimiento de trabajo. En el primer paso, el dióxido de carbono se purifica hasta más del 98%v para sintetizar carbamida; en el segundo paso, el gas de salida del primer paso se purifica adicionalmente para cumplir el requisito del siguiente programa en la producción de amoniaco sintético. La concentración de dióxido de carbono en el hidrógeno, nitrógeno en la salida superior de la torre de adsorción del segundo paso se controla para que sea inferior al 0,2%v.

En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación en dos extremos 2E1D', una segunda despresurización por igualación en dos extremos 2E2D', una tercera despresurización por igualación en dos extremos 2E3D', una cuarta despresurización por igualación en dos extremos 2E4D', una quinta despresurización por igualación en dos extremos 2E5D', una sexta despresurización por igualación en dos extremos 2E6D', una séptima despresurización por igualación en dos extremos 2E7D', una octava despresurización por igualación en dos extremos 2E8D', una novena despresurización por igualación en dos extremos 2E9D', una décima despresurización por igualación en dos extremos 2E10D', despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD, una evacuación VC, represurización de gas de segundo paso 2ER, una décima represurización por igualación en dos extremos 2E10R', una novena represurización por igualación en dos extremos 2E9R', una octava represurización por igualación en dos extremos 2E8R', una séptima represurización por igualación en dos extremos 2E7R', una sexta represurización por igualación en dos extremos 2E6R', una quinta represurización por igualación en dos extremos 2E5R', una cuarta represurización por igualación en dos extremos 2E4R', una tercera represurización por igualación en dos extremos 2E3R', una segunda represurización por igualación en dos extremos 2E2R, una primera represurización por igualación en dos extremos 2E1R, represurización final FR. El gas obtenido del primer paso en la etapa de despresurización de producto de dióxido de carbono BD y la etapa de evacuación VC es producto de dióxido de carbono. En el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, despresurización a contracorriente BD, una evacuación VC, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. La mezcla de gases descargada desde la salida de la torre de absorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente producto de nitrógeno e hidrógeno, que contiene poco monóxido de carbono y metano en el mismo. El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD y la etapa de evacuación VC se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado la etapa de evacuación VC totalmente para su presurización, abreviada como 2ER.

El resultado de este ejemplo es que la pureza del producto de dióxido de carbono es del 98%v. La recuperación de dióxido de carbono es superior al 99%v. La recuperación de hidrógeno, nitrógeno y monóxido de carbono es superior al 99,9%v. La concentración de dióxido de carbono en el producto de hidrógeno y nitrógeno es inferior al 0,2%v. El consumo de electricidad es de 95 kwh por tonelada de amoniaco utilizada para instrumentos y luz.

Para este ejemplo, utilizando la combinación de adsorbentes dada de la presente invención y realizando las etapas en las mismas otras condiciones (por ejemplo presión de adsorción a 0,6 MPa(g), temperatura y composición del gas de desplazamiento, tiempo del ciclo de adsorción, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido), puede ahorrarse un 12% en la inversión preliminar en equipos utilizada para eliminar el carbono.

Ejemplo 6

- 10 Las condiciones de este ejemplo, tales como temperatura y composición del gas de desplazamiento, tipo de adsorbente, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido, etcétera, y otras condiciones son las mismas que las del ejemplo 1. La presión de adsorción en este ejemplo es de 0,6 MPa(g), la presión de transporte del producto de dióxido de carbono es de 0,005 MPa.
- 15 El dispositivo de primer paso comprende trece torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza once veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende seis torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza tres veces en el procedimiento de trabajo. En el primer paso, el dióxido de carbono se purifica hasta más del 98%v para sintetizar carbamida; en el segundo paso, el gas de salida del primer paso se purifica adicionalmente para cumplir el requisito del siguiente programa en la producción de amoniaco sintético. La concentración de dióxido de carbono en el hidrógeno, nitrógeno en la salida superior de la torre de adsorción del segundo paso se controla para que sea inferior al 0,2%v.
- 20 25 En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, una quinta despresurización por igualación E5D, una sexta despresurización por igualación E6D, una séptima despresurización por igualación E7D, una octava despresurización por igualación en dos extremos 2E8D', una novena despresurización por igualación en dos extremos 2E9D', una décima despresurización por igualación en dos extremos 2E10D', una undécima despresurización por igualación en dos extremos 2E11D', despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD, una evacuación VC, represurización de gas de segundo paso 2ER, una undécima represurización por igualación en dos extremos 2E11R', una décima represurización por igualación en dos extremos 2E10R', una novena represurización por igualación en dos extremos 2E9R', una octava represurización por igualación en dos extremos 2E8R', una séptima represurización por igualación E7R, una sexta represurización por igualación E6R, una quinta represurización por igualación E5R, represurización por igualación E4R, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. El gas obtenido del primer paso en la etapa de despresurización de producto de dióxido de carbono BD y la etapa de evacuación VC es producto de dióxido de carbono. En el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, despresurización a contracorriente BD, una evacuación VC, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. La mezcla de gases descargada desde la salida de la torre de adsorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente producto de nitrógeno e hidrógeno, que contiene poco monóxido de carbono y metano en el mismo. El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD y la etapa de evacuación VC se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado la etapa de evacuación VC totalmente para su presurización, abreviada como 2ER.
- 30 35 40 45 50 55

El resultado de este ejemplo es que la pureza del producto de dióxido de carbono es del 98%v. La recuperación de dióxido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y monóxido de carbono es superior al 99,9%v. La concentración de dióxido de carbono en el producto de hidrógeno y nitrógeno es inferior al 0,2%v. El consumo de electricidad es de 95 kwh por tonelada de amoniaco utilizada para instrumentos y luz.

- 60 Para este ejemplo, utilizando la combinación de adsorbentes dada de la presente invención y realizando las etapas en las mismas otras condiciones (por ejemplo presión de adsorción a 0,6 MPa(g), temperatura y composición del gas de desplazamiento, tiempo del ciclo de adsorción, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido), puede ahorrarse un 7% en la inversión preliminar en equipos utilizada para eliminar el carbono.

Ejemplo 7

- 65 Las condiciones de este ejemplo, tales como temperatura y composición del gas de desplazamiento, tipo de adsorbente, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control,

construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido, etcétera, y otras condiciones son las mismas que las del ejemplo 1. La presión de adsorción en este ejemplo es de 0,8 MPa(g), la presión de transporte del producto de dióxido de carbono es de 0,005 MPa.

- 5 El dispositivo de primer paso comprende trece torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza once veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende siete torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza cuatro veces en el procedimiento de trabajo. En el primer paso, el dióxido de carbono se purifica hasta más del 98%v para sintetizar carbamida; en el segundo paso, el gas de salida del primer paso se purifica adicionalmente para cumplir el requisito del siguiente programa en la producción de amoniaco sintético. La concentración de dióxido de carbono en el hidrógeno, nitrógeno en la salida superior de la torre de adsorción del segundo paso se controla para que sea inferior al 0,2%v.
- 10 En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, una quinta despresurización por igualación E5D, una sexta despresurización por igualación E6D, una séptima despresurización por igualación E7D, una octava despresurización por igualación en dos extremos 2E8D', una novena despresurización por igualación en dos extremos 2E9D', una décima despresurización por igualación en dos extremos 2E10D', una undécima despresurización por igualación en dos extremos 2E11D', despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD, represurización de gas de segundo paso 2ER, una undécima represurización por igualación en dos extremos 2E11R', una décima represurización por igualación en dos extremos 2E10R', una novena represurización por igualación en dos extremos 2E9R', una octava represurización por igualación en dos extremos 2E8R', una séptima represurización por igualación E7R, una sexta represurización por igualación E6R, una quinta represurización por igualación E5R, represurización por igualación E4R, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. El gas obtenido del primer paso en la etapa de despresurización de producto de dióxido de carbono BD es producto de dióxido de carbono. En el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, despresurización a contracorriente BD, una evacuación VC, una cuarta represurización por igualación E4R, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. La mezcla de gases descargada desde la salida de la torre de adsorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente producto de nitrógeno e hidrógeno, que contiene poco monóxido de carbono y metano en el mismo. El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD y la etapa de evacuación VC se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado una etapa de despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD totalmente para su presurización, abreviada como 2ER.
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40

45 El resultado de este ejemplo es que la pureza del producto de dióxido de carbono es del 98%v. La recuperación de dióxido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y monóxido de carbono es superior al 99,9%v. La concentración de dióxido de carbono en el producto de hidrógeno y nitrógeno es inferior al 0,2%v. El consumo de electricidad es de 65 kwh por tonelada de amoniaco utilizada para instrumentos y luz.

50 Para este ejemplo, utilizando la combinación de adsorbentes dada de la presente invención y realizando las etapas en las mismas otras condiciones (por ejemplo presión de adsorción a 0,8 MPa(g), temperatura y composición del gas de desplazamiento, tiempo del ciclo de adsorción, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido, etcétera, y otras condiciones son las mismas que las del ejemplo 1. La presión de adsorción en este ejemplo es de 0,6 MPa(g), la presión de transporte del producto de dióxido de carbono es de 0,005 MPa.

Ejemplo 8

- 55 Las condiciones de este ejemplo, tales como temperatura y composición del gas de desplazamiento, tipo de adsorbente, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido, etcétera, y otras condiciones son las mismas que las del ejemplo 1. La presión de adsorción en este ejemplo es de 0,6 MPa(g), la presión de transporte del producto de dióxido de carbono es de 0,005 MPa.
- 60 El dispositivo de primer paso comprende trece torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza once veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende cuatro torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza dos veces en el procedimiento de trabajo. En el primer paso, el dióxido de carbono se purifica hasta más del 98%v para sintetizar carbamida; en el segundo paso, el gas de salida del primer paso se purifica adicionalmente para cumplir el requisito del siguiente programa en la
- 65

producción de amoniaco sintético. La concentración de dióxido de carbono en el hidrógeno, nitrógeno en la salida superior de la torre de adsorción del segundo paso se controla para que sea inferior al 0,2%v.

En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, una quinta despresurización por igualación E5D, una sexta despresurización por igualación E6D, una séptima despresurización por igualación E7D, una octava despresurización por igualación en dos extremos 2E8D', una novena despresurización por igualación en dos extremos 2E9D', una décima despresurización por igualación en dos extremos 2E10D', una undécima despresurización por igualación en dos extremos 2E11D', despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD, una evacuación VC, represurización de gas de segundo paso 2ER, una undécima represurización por igualación en dos extremos 2E11R', una décima represurización por igualación en dos extremos 2E10R', una novena represurización por igualación en dos extremos 2E9R', una octava represurización por igualación en dos extremos 2E8R', una séptima represurización por igualación E7R, una sexta represurización por igualación E6R, una quinta represurización por igualación E5R, una cuarta represurización por igualación E4R, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. El gas obtenido del primer paso en la etapa de despresurización de producto de dióxido de carbono BD y la etapa de evacuación VC es producto de dióxido de carbono. En la segunda etapa, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, despresurización a contracorriente BD, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. La mezcla de gases descargada desde la salida de la torre de absorción de el segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente producto de nitrógeno e hidrógeno, que contiene poco monóxido de carbono y metano en el mismo. El gas descargado desdel segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado la etapa de evacuación VC totalmente para su presurización, abreviada como 2ER.

El resultado de este ejemplo es que la pureza del producto de dióxido de carbono es del 98%v. La recuperación de dióxido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y monóxido de carbono es superior al 99,9%v. La concentración de dióxido de carbono en el producto de hidrógeno y nitrógeno es inferior al 0,2%v. El consumo de electricidad es de 52 kwh por tonelada de amoniaco.

Para este ejemplo, utilizando la combinación de adsorbentes dada de la presente invención y realizando las etapas en las mismas otras condiciones (por ejemplo presión de adsorción a 0,6 MPa(g), temperatura y composición del gas de desplazamiento, tiempo del ciclo de adsorción, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido), puede ahorrarse un 7% en la inversión preliminar en equipos utilizada para eliminar el carbono.

40 Ejemplo 9

Las condiciones de este ejemplo, tales como temperatura y composición del gas de desplazamiento, tipo de adsorbente, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido, etcétera, y otras condiciones son las mismas que las del ejemplo 1. La presión de adsorción en este ejemplo es de 0,8 MPa(g), la presión de transporte del producto de dióxido de carbono es de 0,005 MPa.

El dispositivo de primer paso comprende trece torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza once veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende cinco torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza dos veces en el procedimiento de trabajo. En el primer paso, el dióxido de carbono se purifica hasta más del 98%v para sintetizar carbamida; en el segundo paso, el gas de salida del primer paso se purifica adicionalmente para cumplir el requisito del siguiente programa en la producción de amoniaco sintético. La concentración de dióxido de carbono en el hidrógeno, nitrógeno en la salida superior de la torre de adsorción del segundo paso se controla para que sea inferior al 0,2%v.

En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación en dos extremos 2E1D', una segunda despresurización por igualación en dos extremos 2E2D', una tercera despresurización por igualación en dos extremos 2E3D', una cuarta despresurización por igualación en dos extremos 2E4D', una quinta despresurización por igualación en dos extremos 2E5D', una sexta despresurización por igualación en dos extremos 2E6D', una séptima despresurización por igualación en dos extremos 2E7D', una octava despresurización por igualación en dos extremos 2E8D', una novena despresurización por igualación en dos extremos 2E9D', una décima despresurización por igualación en dos extremos 2E10D', una undécima despresurización por igualación en dos extremos 2E11D', despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD, represurización de gas de segundo paso 2ER, una undécima represurización por igualación en dos extremos 2E11R', una décima

represurización por igualación en dos extremos 2E10R', una novena represurización por igualación en dos extremos 2E9R', una octava represurización por igualación en dos extremos 2E8R', una séptima represurización por igualación en dos extremos 2E7R', una sexta represurización por igualación en dos extremos 2E6R', una quinta represurización por igualación en dos extremos 2E5R', una cuarta represurización por igualación en dos extremos 2E4R', una tercera represurización por igualación en dos extremos 2E3R', una segunda represurización por igualación en dos extremos 2E2R', una primera represurización por igualación en dos extremos 2E1R', represurización final FR. El gas obtenido del primer paso en la etapa de despresurización de producto de dióxido de carbono BD es producto de dióxido de carbono. En el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, despresurización en el sentido de la corriente PP, despresurización a contracorriente BD, una purga P, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. La mezcla de gases descargada desde la torre de adsorción en la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP se utiliza directamente para purgar la torre de adsorción que ha completado la etapa de despresurización a contracorriente BD regulando su flujo. Se desorbe la impureza adsorbida en el adsorbente. La mezcla de gases descargada desde la salida de la torre de adsorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente producto de nitrógeno e hidrógeno, que contiene poco monóxido de carbono y metano en el mismo. El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD y la etapa de purga P se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado una etapa de despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD totalmente para su presurización, abreviada como 2ER.

El resultado de este ejemplo es que la pureza del producto de dióxido de carbono es del 98%v. La recuperación de dióxido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y monóxido de carbono es superior al 99,9%v. La concentración de dióxido de carbono en el producto de hidrógeno y nitrógeno es inferior al 0,8%v. El consumo de electricidad es de 3 kwh por tonelada de amoniaco.

Para este ejemplo, utilizando la combinación de adsorbentes dada de la presente invención y realizando las etapas en las mismas otras condiciones (por ejemplo presión de adsorción a 0,8 MPa(g), temperatura y composición del gas de desplazamiento, tiempo del ciclo de adsorción, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido), el consumo de electricidad por tonelada de amoniaco disminuye un 30%, puede ahorrarse un 7% en la inversión preliminar en equipos utilizada para eliminar el carbono.

Ejemplo 10

Las condiciones de este ejemplo, tales como temperatura y composición del gas de desplazamiento, tipo de adsorbente, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido, etcétera, y otras condiciones son las mismas que las del ejemplo 1. La presión de adsorción en este ejemplo es de 0,8 MPa(g), la presión de transporte del producto de dióxido de carbono es de 0,005 MPa.

El dispositivo de primer paso comprende trece torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza once veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende siete torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza dos veces en el procedimiento de trabajo. En el primer paso, el dióxido de carbono se purifica hasta más del 98%v para sintetizar carbamida; en el segundo paso, el gas de salida del primer paso se purifica adicionalmente para cumplir el requisito del siguiente programa en la producción de amoniaco sintético. La concentración de dióxido de carbono en el hidrógeno, nitrógeno en la salida superior de la torre de adsorción del segundo paso se controla para que sea inferior al 0,2%v.

En la primera etapa, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación en dos extremos 2E1D', una segunda despresurización por igualación en dos extremos 2E2D', una tercera despresurización por igualación en dos extremos 2E3D', una cuarta despresurización por igualación en dos extremos 2E4D', una quinta despresurización por igualación en dos extremos 2E5D', una sexta despresurización por igualación en dos extremos 2E6D', una séptima despresurización por igualación en dos extremos 2E7D', una octava despresurización por igualación en dos extremos 2E8D', una novena despresurización por igualación en dos extremos 2E9D', una décima despresurización por igualación en dos extremos 2E10D', una undécima despresurización por igualación en dos extremos 2E11D', despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD, represurización de gas de segundo paso 2ER, una undécima represurización por igualación en dos extremos 2E9R', una décima represurización por igualación en dos extremos 2E10R', una novena represurización por igualación en dos extremos 2E9R', una octava represurización por igualación en dos extremos 2E8R', una séptima represurización por igualación en dos extremos 2E7R', una sexta represurización por igualación en dos extremos 2E6R', una quinta represurización por igualación en dos extremos 2E5R', una cuarta represurización por igualación en dos extremos 2E4R', una tercera represurización por igualación en dos extremos 2E3R', una segunda represurización por igualación en dos extremos 2E2R', una primera represurización por igualación en dos extremos 2E1R',

represurización final FR. El gas obtenido del primer paso en la etapa de despresurización de producto de dióxido de carbono BD es producto de dióxido de carbono. En la segunda etapa, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, despresurización en el sentido de la corriente PP1, despresurización en el sentido de la corriente PP2, despresurización en el sentido de la corriente PP3, despresurización a contracorriente BD, una purga P1, una purga P2, una purga P3, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. La mezcla de gases descargada desde la torre de adsorción en la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1 se utiliza directamente para purgar la torre de adsorción que ha completado la etapa de purga P2 regulando su flujo. Se desorbe la impureza adsorbida en el adsorbente. La mezcla de gases descargada desde la torre de adsorción en la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2 se utiliza directamente para purgar la torre de adsorción que ha completado la etapa de purga P1 regulando su flujo. La mezcla de gases descargada desde la torre de adsorción en la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP3 se utiliza directamente para purgar la torre de adsorción que ha completado la etapa de despresurización a contracorriente BD regulando su flujo. Se desorbe la impureza adsorbida en el adsorbente. La mezcla de gases descargada desde la salida de la torre de adsorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente producto de nitrógeno e hidrógeno, que contiene poco monóxido de carbono y metano en el mismo. El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD y la etapa de purga P1 y la etapa de purga P2 y la etapa de purga P3 se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado una etapa de despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD totalmente para su presurización, abreviada como 2ER.

El resultado de este ejemplo es que la pureza del producto de dióxido de carbono es del 98%v. La recuperación de dióxido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y monóxido de carbono es superior al 99,9%v. La concentración de dióxido de carbono en el producto de hidrógeno y nitrógeno es inferior al 0,2%v. El consumo de electricidad es de 2 kwh por tonelada de amoniaco.

Para este ejemplo, utilizando la combinación de adsorbentes dada de la presente invención y realizando las etapas en las mismas otras condiciones (por ejemplo presión de adsorción a 0,8 MPa(g), temperatura y composición del gas de desplazamiento, tiempo del ciclo de adsorción, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido), el consumo de electricidad por tonelada de amoniaco disminuye un 30%, puede ahorrarse un 7% en la inversión preliminar en equipos utilizada para eliminar el carbono.

35 Ejemplo 11

Las condiciones de este ejemplo, tales como temperatura y composición del gas de desplazamiento, tipo de adsorbente, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido, etcétera, y otras condiciones son las mismas que las del ejemplo 1. La presión de adsorción en este ejemplo es de 0,9 MPa(g), la presión de transporte del producto de dióxido de carbono es de 0,005 MPa.

El dispositivo de primer paso comprende trece torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza once veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende siete torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza dos veces en el procedimiento de trabajo. En el primer paso, el dióxido de carbono se purifica hasta más del 98%v para sintetizar carbamida; en el segundo paso, el gas de salida del primer paso se purifica adicionalmente para cumplir el requisito del siguiente programa en la producción de amoniaco sintético. La concentración de dióxido de carbono en el hidrógeno, nitrógeno en la salida superior de la torre de adsorción del segundo paso se controla para que sea inferior al 0,2%v.

En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, una quinta despresurización por igualación E5D, una sexta despresurización por igualación E6D, una séptima despresurización por igualación E7D, una octava despresurización por igualación en dos extremos 2E8D', una novena despresurización por igualación en dos extremos 2E9D', una décima despresurización por igualación en dos extremos 2E10D', una undécima despresurización por igualación en dos extremos 2E11D', despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD, represurización de gas de segundo paso 2ER, una undécima represurización por igualación en dos extremos 2E11R', una décima represurización por igualación en dos extremos 2E10R', una novena represurización por igualación en dos extremos 2E9R', una octava represurización por igualación en dos extremos 2E8R', una séptima represurización por igualación 2E7R', una sexta represurización por igualación 2E6R', una quinta represurización por igualación 2E5R', una cuarta represurización por igualación 2E4R', una tercera represurización por igualación 2E3R', una segunda represurización por igualación 2E2R', una primera represurización por igualación 2E1R', represurización final FR. El gas obtenido del primer paso en la etapa de despresurización de producto de dióxido de carbono BD es producto de

dióxido de carbono. En el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, despresurización en el sentido de la corriente PP1, despresurización en el sentido de la corriente PP2, despresurización en el sentido de la corriente PP3, despresurización a contracorriente BD, una purga P1, una purga P2, una purga P3, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. La mezcla de gases descargada desde la torre de adsorción en la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1 se utiliza directamente para purgar la torre de adsorción que ha completado la etapa de purga P2 regulando su flujo. Se desorbe la impureza adsorbida en el adsorbente. La mezcla de gases descargada desde la torre de adsorción en la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2 se utiliza directamente para purgar la torre de adsorción que ha completado la etapa de purga P1 regulando su flujo. La mezcla de gases descargada desde la torre de adsorción en la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP3 se utiliza directamente para purgar la torre de adsorción que ha completado la etapa de despresurización a contracorriente BD regulando su flujo. Se desorbe la impureza adsorbida en el adsorbente. La mezcla de gases descargada desde la salida de la torre de adsorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente producto de nitrógeno e hidrógeno, que contiene poco monóxido de carbono y metano en el mismo. El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD y la etapa de purga P1 y la etapa de purga P2 y la etapa de purga P3 se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado una etapa de despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD totalmente para su presurización, abreviada como 2ER.

El resultado de este ejemplo es que la pureza del producto de dióxido de carbono es del 98%v. La recuperación de dióxido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y monóxido de carbono es superior al 99,9%v. La concentración de dióxido de carbono en el producto de hidrógeno y nitrógeno es inferior al 0,2%v. El consumo de electricidad es de 2 kwh por tonelada de amoniaco.

Para este ejemplo, utilizando la combinación de adsorbentes dada de la presente invención y realizando las etapas en las mismas otras condiciones (por ejemplo presión de adsorción a 0,9 MPa(g), temperatura y composición del gas de desplazamiento, tiempo del ciclo de adsorción, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido), el consumo de energía por tonelada de amoniaco disminuye un 30%, puede ahorrarse un 7% en la inversión preliminar en equipos utilizada para eliminar el carbono.

Ejemplo 12:

El gas de material en el presente ejemplo es una mezcla de gases que contiene hidrógeno, tal como gas de producción de petróleo ligero, gas de desplazamiento de amoniaco sintético, gas de síntesis, gas de reducción de la presión de amoniaco sintético, gas de reducción de la presión de síntesis de metanol, gas de agua mixto, gas de agua y gas seco de craqueo, etcétera.

Los componentes de gas de producción de petróleo ligero se muestran en la siguiente tabla:

Componente	H ₂	CO ₂	CO	CH ₄	O ₂ +Ar	Azufre total	Agua (vapor)
Conc. %v	69 72	15 20	≤2 6	3 7	≤0,8	150 mg/Nm ³	saturación

Temperatura ≤40

Presión 3,0 MPa(g)

En el primer paso, los adsorbentes en la torre de adsorción desde la parte inferior hacia arriba en secuencia son alúmina activada y gel de sílice de poro fino o alúmina activada y carbón activado o alúmina activada, carbón activado y un tamiz molecular. En el segundo paso, los adsorbentes en la torre de adsorción son carbón activado y un tamiz molecular o un tamiz molecular. Este ejemplo es un dispositivo de adsorción por cambio de presión para preparar hidrógeno. En la mezcla de gases que contiene hidrógeno, el hidrógeno es el componente débilmente adsorbido, otros componentes son el componente fuertemente adsorbido. En el primer paso, el hidrógeno de salida de la torre de adsorción se controla para que sea superior al 80%v, y componentes fuertemente adsorbidos se concentran hasta más del 97%v, pero el hidrógeno en la misma es menos del 0,6%v; en el segundo paso, los componentes fuertemente adsorbidos en el gas de salida del primer paso se purifican adicionalmente para cumplir el requisito del siguiente procedimiento; la concentración de hidrógeno en la salida superior de la torre de adsorción del segundo paso se controla para que sea superior al 99,9%v.

El dispositivo de primer paso comprende trece torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza once veces en el procedimiento de trabajo. El

dispositivo de segundo paso comprende seis torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza cuatro veces en el procedimiento de trabajo.

En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación en dos extremos 2E1D', una segunda despresurización por igualación en dos extremos 2E2D', una tercera despresurización por igualación en dos extremos 2E3D', una cuarta despresurización por igualación en dos extremos 2E4D', una quinta despresurización por igualación en dos extremos 2E5D', una sexta despresurización por igualación en dos extremos 2E6D', una séptima despresurización por igualación en dos extremos 2E7D', una octava despresurización por igualación en dos extremos 2E8D', una novena despresurización por igualación en dos extremos 2E9D', una décima despresurización por igualación en dos extremos 2E10D', una undécima despresurización por igualación en dos extremos 2E11D', despresurización a contracorriente BD, represurización de gas de segundo paso 2ER, una undécima represurización por igualación en dos extremos 2E11R', una décima represurización por igualación en dos extremos 2E10R', una novena represurización por igualación en dos extremos 2E9R', una octava represurización por igualación en dos extremos 2E8R', una séptima represurización por igualación en dos extremos 2E7R', una sexta represurización por igualación en dos extremos 2E6R', una quinta represurización por igualación en dos extremos 2E5R', una cuarta represurización por igualación en dos extremos 2E4R', una tercera represurización por igualación en dos extremos 2E3R', una segunda represurización por igualación en dos extremos 2E2R', una primera represurización por igualación en dos extremos 2E1R', represurización final FR. El gas obtenido del primer paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se ventea o es para otra utilización. En el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, despresurización a contracorriente BD, una cuarta represurización por igualación E4R, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. El gas de producto descargado desde la salida de la torre de absorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente hidrógeno. El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado la etapa de despresurización a contracorriente BD totalmente para su presurización, abreviada como 2ER.

El resultado de este ejemplo es que la concentración de hidrógeno es superior al 99,9%v, la recuperación de hidrógeno es superior al 99%v.

35 Ejemplo 13:

Las condiciones de este ejemplo, tales como temperatura y composición del gas de material, tipo de adsorbente, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido, etcétera, y otras condiciones son las mismas que las del ejemplo 12. La presión de adsorción en este ejemplo es de 1,8 MPa(g).

45 El dispositivo de primer paso comprende trece torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza once veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende cinco torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza tres veces en el procedimiento de trabajo.

En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación en dos extremos 2E1D', una segunda despresurización por igualación en dos extremos 2E2D', una tercera despresurización por igualación en dos extremos 2E3D', una cuarta despresurización por igualación en dos extremos 2E4D', una quinta despresurización por igualación en dos extremos 2E5D', una sexta despresurización por igualación en dos extremos 2E6D', una séptima despresurización por igualación en dos extremos 2E7D', una octava despresurización por igualación en dos extremos 2E8D', una novena despresurización por igualación en dos extremos 2E9D', una décima despresurización por igualación en dos extremos 2E10D', una undécima despresurización por igualación en dos extremos 2E11D', despresurización a contracorriente BD, represurización de gas de segundo paso 2ER, una undécima represurización por igualación en dos extremos 2E11R', una décima represurización por igualación en dos extremos 2E10R', una novena represurización por igualación en dos extremos 2E9R', una octava represurización por igualación en dos extremos 2E8R', una séptima represurización por igualación en dos extremos 2E7R', una sexta represurización por igualación en dos extremos 2E6R', una quinta represurización por igualación en dos extremos 2E5R', una cuarta represurización por igualación en dos extremos 2E4R', una tercera represurización por igualación en dos extremos 2E3R', una segunda represurización por igualación en dos extremos E2R', una primera represurización por igualación en dos extremos 2E1R', represurización final FR. El gas obtenido del primer paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se vetea o es para otra utilización; en el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, despresurización a

5 contracorriente BD, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. El gas de producto descargado desde la salida de la torre de absorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente hidrógeno. El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado la etapa de despresurización a contracorriente BD totalmente para su presurización, abreviada como 2ER.

10 El resultado de este ejemplo es que la concentración de hidrógeno es superior al 99%v, la recuperación de hidrógeno es superior al 98%v.

Ejemplo 14:

15 Las condiciones de este ejemplo, tales como temperatura y composición del gas de material, tipo de adsorbente, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido, etcétera, y otras condiciones son las mismas que las del ejemplo 12. La presión de adsorción en este ejemplo es de 3,0 MPa(g).

20 El dispositivo de primer paso comprende trece torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza once veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende seis torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza cuatro veces en el procedimiento de trabajo.

25 En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, una quinta despresurización por igualación E5D, una sexta despresurización por igualación E6D, una séptima despresurización por igualación E7D, una octava despresurización por igualación en dos extremos 2E8D', una novena despresurización por igualación en dos extremos 2E9D', una décima despresurización por igualación en dos extremos 2E10D', una undécima despresurización por igualación en dos extremos 2E11D', despresurización a contracorriente BD, represurización de gas de segundo paso 2ER, una undécima represurización por igualación en dos extremos 2E11R', una décima represurización por igualación en dos extremos 2E10R', una novena represurización por igualación en dos extremos 2E9R', una octava represurización por igualación en dos extremos 2E8R', una séptima represurización por igualación E7R, una sexta represurización por igualación E6R, una quinta represurización por igualación E5R, una cuarta represurización por igualación E4R, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. El gas obtenido del primer paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se vuelve o es para otra utilización. En el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, despresurización a contracorriente BD, una quinta despresurización por igualación E5R, una sexta despresurización por igualación E6R, una séptima despresurización por igualación E7R, una octava despresurización por igualación E8R, una novena despresurización por igualación E9R, una décima despresurización por igualación E10R, una undécima despresurización por igualación E11R, una undécima represurización por igualación E11R', una décima represurización por igualación E10R', una novena represurización por igualación E9R', una octava represurización por igualación E8R', una séptima represurización por igualación E7R', una sexta represurización por igualación E6R', una quinta represurización por igualación E5R', una cuarta represurización por igualación E4R', una tercera represurización por igualación E3R', una segunda represurización por igualación E2R', una primera represurización por igualación E1R', represurización final FR. El gas de producto descargado desde la salida de la torre de adsorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente hidrógeno. El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se vuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado la etapa de despresurización a contracorriente BD totalmente para su presurización, abreviada como 2ER.

50 El resultado de este ejemplo es que la concentración de hidrógeno es superior al 99,9%v, la recuperación de hidrógeno es superior al 99%v.

Ejemplo 15:

55 Las condiciones de este ejemplo, tales como temperatura y composición del gas de material, tipo de adsorbente, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido, etcétera, y otras condiciones son las mismas que las del ejemplo 12. La presión de adsorción en este ejemplo es de 1,8 MPa(g).

60 El dispositivo de primer paso comprende trece torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza once veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende cinco torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza tres veces en el procedimiento de trabajo.

65 En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, una quinta despresurización por igualación E5R, una sexta despresurización por igualación E6R, una séptima despresurización por igualación E7R, una octava despresurización por igualación E8R, una novena despresurización por igualación E9R, una décima despresurización por igualación E10R, una undécima despresurización por igualación E11R, una undécima represurización por igualación E11R', una décima represurización por igualación E10R', una novena represurización por igualación E9R', una octava represurización por igualación E8R', una séptima represurización por igualación E7R', una sexta represurización por igualación E6R', una quinta represurización por igualación E5R', una cuarta represurización por igualación E4R', una tercera represurización por igualación E3R', una segunda represurización por igualación E2R', una primera represurización por igualación E1R', represurización final FR. El gas de producto descargado desde la salida de la torre de adsorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente hidrógeno. El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se vuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado la etapa de despresurización a contracorriente BD totalmente para su presurización, abreviada como 2ER.

despresurización por igualación E4D, una quinta despresurización por igualación E5D, una sexta despresurización por igualación E6D, una séptima despresurización por igualación E7D, una octava despresurización por igualación en dos extremos 2E8D', una novena despresurización por igualación en dos extremos 2E9D', una décima despresurización por igualación en dos extremos 2E10D', una undécima despresurización por igualación en dos extremos 2E11D', despresurización a contracorriente BD, represurización de gas de segundo paso 2ER, una undécima represurización por igualación en dos extremos 2E11R', una décima represurización por igualación en dos extremos 2E10R', una novena represurización por igualación en dos extremos 2E9R', una octava represurización por igualación en dos extremos 2E8R', una séptima represurización por igualación E7R, una sexta represurización por igualación E6R, una quinta represurización por igualación E5R, una cuarta represurización por igualación E4R, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. El gas obtenido del primer paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se vetea o es para otra utilización. En el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, despresurización a contracorriente BD, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. El gas de producto descargado desde la salida de la torre de adsorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente hidrógeno. El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado la etapa de despresurización a contracorriente BD totalmente para su presurización, abreviada como 2ER.

El resultado de este ejemplo es que la concentración de hidrógeno es superior al 99%v, la recuperación de hidrógeno es superior al 98%v.

Ejemplo 16:

Las condiciones de este ejemplo, tales como temperatura y composición del gas de material, tipo de adsorbente, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido, etcétera, y otras condiciones son las mismas que las del ejemplo 12. La presión de adsorción en este ejemplo es de 0,5 MPa(g).

El dispositivo de primer paso comprende doce torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza diez veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende cinco torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza dos veces en el procedimiento de trabajo.

En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación en dos extremos 2E1D', una segunda despresurización por igualación en dos extremos 2E2D', una tercera despresurización por igualación en dos extremos 2E3D', una cuarta despresurización por igualación en dos extremos 2E4D', una quinta despresurización por igualación en dos extremos 2E5D', una sexta despresurización por igualación en dos extremos 2E6D', una séptima despresurización por igualación en dos extremos 2E7D', una octava despresurización por igualación en dos extremos 2E8D', una novena despresurización por igualación en dos extremos 2E9D', una décima despresurización por igualación en dos extremos 2E10D', despresurización a contracorriente BD, una evacuación VC, represurización de gas de segundo paso 2ER, una décima represurización por igualación en dos extremos 2E10R', una novena represurización por igualación en dos extremos 2E9R', una octava represurización por igualación en dos extremos 2E8R', una séptima represurización por igualación en dos extremos 2E7R', una sexta represurización por igualación en dos extremos 2E6R', una quinta represurización por igualación en dos extremos 2E5R', una cuarta represurización por igualación en dos extremos 2E4R, una tercera represurización por igualación en dos extremos 2E3R', una segunda represurización por igualación en dos extremos 2E2R', una primera represurización por igualación en dos extremos 2E1R', represurización final FR. El gas obtenido del primer paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se vetea o es para otra utilización. En el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, despresurización a contracorriente BD, una evacuación VC, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. El gas de producto descargado desde la salida de la torre de adsorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente hidrógeno. El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD y la etapa de evacuación VC se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado la etapa de despresurización a contracorriente BD totalmente para su presurización, abreviada como 2ER.

El resultado de este ejemplo es que la concentración de hidrógeno es superior al 99%v, la recuperación de hidrógeno es superior al 99,5%v.

Ejemplo 17:

Las condiciones de este ejemplo, tales como temperatura y composición del gas de material, tipo de adsorbente, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido, etcétera, y otras condiciones son las mismas que las del ejemplo 12. La presión de adsorción en este ejemplo es de 0,5 MPa(g).

El dispositivo de primer paso comprende trece torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza once veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende cinco torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza dos veces en el procedimiento de trabajo.

En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, una quinta despresurización por igualación E5D, una sexta despresurización por igualación E6D, una séptima despresurización por igualación E7D, una octava despresurización por igualación en dos extremos 2E8D', una novena despresurización por igualación en dos extremos 2E9D', una décima despresurización por igualación en dos extremos 2E10D', una undécima despresurización por igualación en dos extremos 2E11D', despresurización a contracorriente BD, una evacuación VC, represurización de gas de segundo paso 2ER, una undécima represurización por igualación en dos extremos 2E11R', una décima represurización por igualación en dos extremos 2E10R', una novena represurización por igualación en dos extremos 2E9R', una octava represurización por igualación en dos extremos 2E8R', una séptima represurización por igualación E7R, una sexta represurización por igualación E6R, una quinta represurización por igualación E5R, una cuarta represurización por igualación E4R, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. El gas obtenido del primer paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se vende o es para otra utilización. En el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, despresurización a contracorriente BD, una evacuación VC, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. El gas de producto descargado desde la salida de la torre de adsorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente hidrógeno. El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado la etapa de despresurización a contracorriente BD y la etapa de evacuación VC totalmente para su presurización, abreviada como 2ER.

El resultado de este ejemplo es que la concentración de hidrógeno es superior al 99%v, la recuperación de hidrógeno es superior al 99,5%v.

Ejemplo 18:

Las condiciones de este ejemplo, tales como temperatura y composición del gas de material, tipo de adsorbente, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido, etcétera, y otras condiciones son las mismas que las del ejemplo 12. La presión de adsorción en este ejemplo es de 0,5 MPa(g).

El dispositivo de primer paso comprende trece torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza once veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende siete torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza cuatro veces en el procedimiento de trabajo.

En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, una quinta despresurización por igualación E5D, una sexta despresurización por igualación E6D, una séptima despresurización por igualación E7D, una octava despresurización por igualación en dos extremos 2E8D', una novena despresurización por igualación en dos extremos 2E9D', una décima despresurización por igualación en dos extremos 2E10D', una undécima despresurización por igualación en dos extremos 2E11D', despresurización a contracorriente BD, una evacuación VC, represurización de gas de segundo paso 2ER, una undécima represurización por igualación en dos extremos 2E11R', una décima represurización por igualación en dos extremos 2E10R', una novena represurización por igualación en dos extremos 2E9R', una octava represurización por igualación en dos extremos 2E8R', una séptima represurización por igualación E7R, una sexta represurización por igualación E6R, una quinta represurización por igualación E5R, una cuarta represurización por igualación E4R, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. El gas obtenido del primer paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se vende o es para otra utilización; en el segundo paso, la torre de

adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, despresurización a contracorriente BD, una evacuación VC, una cuarta represurización por igualación E4R, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. El gas de producto descargado desde la salida de la torre de absorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente hidrógeno. El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado la etapa de despresurización a contracorriente BD y la etapa de evacuación VC totalmente para su presurización, abreviada como 2ER.

El resultado de este ejemplo es que la concentración de hidrógeno es superior al 99%v, la recuperación de hidrógeno es superior al 99,5%v.

15 **Ejemplo 19:**

Las condiciones de este ejemplo, tales como temperatura y composición del gas de material, tipo de adsorbente, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido, etcétera, y otras condiciones son las mismas que las del ejemplo 12. La presión de adsorción en este ejemplo es de 0,5 MPa(g).

El dispositivo de primer paso comprende trece torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza once veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende cuatro torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza dos veces en el procedimiento de trabajo.

En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, una quinta despresurización por igualación E5D, una sexta despresurización por igualación en dos extremos 2E8D', una novena despresurización por igualación en dos extremos 2E9D', una décima despresurización por igualación en dos extremos 2E10D', una undécima despresurización por igualación en dos extremos 2E11D', despresurización a contracorriente BD, una evacuación VC, represurización de gas de segundo paso 2ER, una undécima represurización por igualación en dos extremos 2E11R', una décima represurización por igualación en dos extremos 2E10R', una novena represurización por igualación en dos extremos 2E9R', una octava represurización por igualación en dos extremos 2E8R', una séptima represurización por igualación E7R, una sexta represurización por igualación E6R, una quinta represurización por igualación E5R, una cuarta represurización por igualación E4R, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. El gas obtenido del primer paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se vende o es para otra utilización; en el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, despresurización a contracorriente BD, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. El gas de producto descargado desde la salida de la torre de absorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente hidrógeno. El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado la etapa de despresurización a contracorriente BD totalmente para su presurización, abreviada como segunda represurización de gas 2ER.

El resultado de este ejemplo es que la concentración de hidrógeno es superior al 99%v, la recuperación de hidrógeno es superior al 99,5%v.

55 **Ejemplo 20:**

Las condiciones de este ejemplo, tales como temperatura y composición del gas de material, tipo de adsorbente, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido, etcétera, y otras condiciones son las mismas que las del ejemplo 12. La presión de adsorción en este ejemplo es de 0,8 MPa(g).

El dispositivo de primer paso comprende trece torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza once veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende cinco torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza dos veces en el procedimiento de trabajo.

En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, una quinta despresurización por igualación E5D, una sexta despresurización por igualación E6D, una séptima despresurización por igualación E7D, una octava despresurización por igualación en dos extremos 2E8D', una novena despresurización por igualación en dos extremos 2E9D', una décima despresurización por igualación en dos extremos 2E10D', una undécima despresurización por igualación en dos extremos 2E11D', despresurización a contracorriente BD, una evacuación VC, represurización de gas de segundo paso 2ER, una undécima represurización por igualación en dos extremos 2E11R', una décima represurización por igualación en dos extremos 2E10R', una novena represurización por igualación en dos extremos 2E9R', una octava represurización por igualación en dos extremos 2E8R', una séptima represurización por igualación E7R, una sexta represurización por igualación E6R, una quinta represurización por igualación E5R, una cuarta represurización por igualación E4R, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. El gas obtenido del primer paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se vetea o es para otra utilización; en el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, despresurización en el sentido de la corriente PP, despresurización a contracorriente BD, una purga P, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. La mezcla de gases descargada desde la torre de adsorción en la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP se utiliza directamente para purgar la torre de adsorción que ha completado la etapa de despresurización a contracorriente BD regulando su flujo. Se desorbe la impureza adsorbida en el adsorbente. El gas de producto descargado desde la salida de la torre de adsorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente hidrógeno. El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado la etapa de despresurización a contracorriente BD y la etapa de evacuación VC totalmente para su presurización, abreviada como 2ER.

El resultado de este ejemplo es que la concentración de hidrógeno es superior al 99,9%v, la recuperación de hidrógeno es superior al 99,8%v.

Ejemplo 21:

Las condiciones de este ejemplo, tales como temperatura y composición del gas de material, tipo de adsorbente, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido, etcétera, y otras condiciones son las mismas que las del ejemplo 12. La presión de adsorción en este ejemplo es de 0,8 MPa(g).

El dispositivo de primer paso comprende trece torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza once veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende siete torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza dos veces en el procedimiento de trabajo.

En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación en dos extremos 2E1D', una segunda despresurización por igualación en dos extremos 2E2D', una tercera despresurización por igualación en dos extremos 2E3D', una cuarta despresurización por igualación en dos extremos 2E4D', una quinta despresurización por igualación en dos extremos 2E5D', una sexta despresurización por igualación en dos extremos 2E6D', una séptima despresurización por igualación en dos extremos 2E7D', una octava despresurización por igualación en dos extremos 2E8D', una novena despresurización por igualación en dos extremos 2E9D', una décima despresurización por igualación en dos extremos 2E10D', una undécima despresurización por igualación en dos extremos 2E11D', despresurización a contracorriente de producto BD, represurización de gas de segundo paso 2ER, una undécima represurización por igualación en dos extremos 2E9R', una décima represurización por igualación en dos extremos 2E10R', una novena represurización por igualación en dos extremos 2E9R', una octava represurización por igualación en dos extremos 2E8R', una séptima represurización por igualación en dos extremos 2E7R', una sexta represurización por igualación en dos extremos 2E6R', una quinta represurización por igualación en dos extremos 2E5R', una cuarta represurización por igualación en dos extremos 2E4R', una tercera represurización por igualación en dos extremos 2E3R', una segunda represurización por igualación en dos extremos 2E2R', una primera represurización por igualación en dos extremos 2E1R', represurización final FR. El gas obtenido del primer paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se vetea o es para otra utilización; en el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, despresurización en el sentido de la corriente PP1, despresurización en el sentido de la corriente PP2, despresurización en el sentido de la corriente PP3, despresurización a contracorriente BD, una purga P1, una purga P2, una purga P3, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. La mezcla de gases descargada desde la torre de

adsorción en la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1 se utiliza directamente para purgar la torre de adsorción que ha completado la etapa de purga P2 regulando su flujo. Se desorbe la impureza adsorbida en el adsorbente. La mezcla de gases descargada desde la torre de adsorción en la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2 se utiliza directamente para purgar la torre de adsorción que ha completado la etapa de purga P1 regulando su flujo. La mezcla de gases descargada desde la torre de adsorción en la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP3 se utiliza directamente para purgar la torre de adsorción que ha completado la etapa de despresurización a contracorriente BD regulando su flujo. Se desorbe la impureza adsorbida en el adsorbente. El gas de producto descargado desde la salida de la torre de absorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente hidrógeno. El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado la etapa de despresurización a contracorriente BD y la etapa de evacuación VC totalmente para su presurización, abreviada como 2ER.

El resultado de este ejemplo es que la concentración de hidrógeno es superior al 99,9%v, la recuperación de hidrógeno es superior al 99,8%v.

Ejemplo 22:

Las condiciones de este ejemplo, tales como temperatura y composición del gas de material, tipo de adsorbente, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido, etcétera, y otras condiciones son las mismas que las del ejemplo 12. La presión de adsorción en este ejemplo es de 0,9 MPa(g).

El dispositivo de primer paso comprende trece torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza once veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende siete torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza dos veces en el procedimiento de trabajo.

En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, una quinta despresurización por igualación E5D, una sexta despresurización por igualación E6D, una séptima despresurización por igualación E7D, una octava despresurización por igualación en dos extremos 2E8D', una novena despresurización por igualación en dos extremos 2E9D', una décima despresurización por igualación en dos extremos 2E10D', una undécima despresurización por igualación en dos extremos 2E11D', despresurización a contracorriente BD, represurización de gas de segundo paso 2ER, una undécima represurización por igualación en dos extremos 2E11R', una décima represurización por igualación en dos extremos 2E10R', una novena represurización por igualación en dos extremos 2E9R', una octava represurización por igualación en dos extremos 2E8R', una séptima represurización por igualación E7R, una sexta represurización por igualación E6R, una quinta represurización por igualación E5R, una cuarta represurización por igualación E4R, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. El gas obtenido del primer paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se vetea o es para otra utilización; en el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, despresurización en el sentido de la corriente PP1, despresurización en el sentido de la corriente PP2, despresurización en el sentido de la corriente PP3, despresurización a contracorriente BD, una purga P1, una purga P2, una purga P3, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. La mezcla de gases descargada desde la torre de adsorción en la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1 se utiliza directamente para purgar la torre de adsorción que ha completado la etapa de purga P2 regulando su flujo. Se desorbe la impureza adsorbida en el adsorbente. La mezcla de gases descargada desde la torre de adsorción en la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2 se utiliza directamente para purgar la torre de adsorción que ha completado la etapa de purga P1 regulando su flujo. La mezcla de gases descargada desde la torre de adsorción en la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP3 se utiliza directamente para purgar la torre de adsorción que ha completado la etapa de despresurización a contracorriente BD regulando su flujo. Se desorbe la impureza adsorbida en el adsorbente. El gas de producto descargado desde la salida de la torre de absorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente hidrógeno. El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado la etapa de despresurización a contracorriente BD y la etapa de evacuación VC totalmente para su presurización, abreviada como 2ER.

El resultado de este ejemplo es que la concentración de hidrógeno es superior al 99,9%v, la recuperación de hidrógeno es superior al 99,8%v.

Ejemplo 23:

Las condiciones de este ejemplo, tales como temperatura y composición del gas de desplazamiento, tipo de adsorbente, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido, etcétera, y otras condiciones son las mismas que las del ejemplo 1. La presión de adsorción en este ejemplo es de 3,0 MPa(g), la presión de transporte del producto de dióxido de carbono es de 0,005 MPa.

El dispositivo de primer paso comprende doce torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza diez veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende ocho torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza seis veces en el procedimiento de trabajo. En el primer paso, el dióxido de carbono se purifica hasta más del 98,5%v para sintetizar carbamida. En el segundo paso, el gas de salida del primer paso se purifica adicionalmente para cumplir el requisito del siguiente programa en la producción de amoniaco sintético. La concentración de dióxido de carbono en el hidrógeno, nitrógeno en la salida superior de la torre de adsorción del segundo paso se controla para que sea inferior al 0,2%v.

En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, una quinta despresurización por igualación E5D, una sexta despresurización por igualación E6D, una séptima despresurización por igualación E7D, una octava despresurización por igualación E8D, una novena despresurización por igualación E9D, una décima despresurización por igualación E10D, una primera despresurización a contracorriente BD1, una segunda despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD2, represurización de gas de primer paso 2ER1, represurización de gas de segundo paso 2ER, una décima represurización por igualación E10R, una novena represurización por igualación E9R, una octava represurización por igualación E8R, una séptima represurización por igualación E7R, una sexta represurización por igualación E6R, una quinta represurización por igualación E5R, una cuarta represurización por igualación E4R, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. Tras la etapa E10D, la concentración de dióxido de carbono en la parte superior de la torre de adsorción es superior al 70%v; tras la etapa BD1, la concentración de dióxido de carbono en la parte inferior de la torre de adsorción es superior al 75%v. El gas descargado desde la etapa BD1 se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso para presurizarlo en su parte inferior. El gas obtenido del primer paso en la segunda etapa de despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD2 es producto de dióxido de carbono. En el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, una quinta despresurización por igualación E5D, una sexta despresurización por igualación E6D, despresurización a contracorriente BD, una sexta represurización por igualación E6R, una quinta represurización por igualación E5R, una cuarta represurización por igualación E4R, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. La mezcla de gases descargada desde la salida de la torre de absorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente producto de nitrógeno e hidrógeno, que contiene poco monóxido de carbono y metano en el mismo. El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado la segunda etapa de despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD2 totalmente para su presurización, abreviada como 2ER.

El resultado de este ejemplo es que la pureza del producto de dióxido de carbono es del 98,5%v, la recuperación de dióxido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y monóxido de carbono es superior al 99,9%v. La concentración de dióxido de carbono en el producto de hidrógeno y nitrógeno es inferior al 0,2%v. El consumo de electricidad es de 2 kwh por tonelada de amoniaco utilizada para instrumento y luz.

Para este ejemplo, utilizando la combinación de adsorbentes dada de la presente invención y realizando las etapas en las mismas otras condiciones (por ejemplo presión de adsorción a 3,0 MPa(g), temperatura y composición del gas de desplazamiento, tiempo del ciclo de adsorción, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido), puede ahorrarse un 7% en la inversión preliminar en equipos utilizada para eliminar el carbono.

Ejemplo 24:

Las condiciones de este ejemplo, tales como temperatura y composición del gas de desplazamiento, tipo de adsorbente, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido, etcétera, y otras condiciones son las mismas que las del ejemplo 1. La presión de adsorción en este ejemplo es de 0,7 MPa(g), la presión de transporte del producto de dióxido de carbono es de 0,005 MPa.

- El dispositivo de primer paso comprende doce torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza diez veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende seis torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza tres veces en el procedimiento de trabajo. En el primer paso, el dióxido de carbono se purifica hasta más del 98%v para sintetizar carbamida; en el segundo paso, el gas de salida del primer paso se purifica adicionalmente para cumplir el requisito del siguiente programa en la producción de amoniaco sintético. La concentración de dióxido de carbono en el hidrógeno, nitrógeno en la salida superior de la torre de adsorción del segundo paso se controla para que sea inferior al 0,2%v.
- En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, una quinta despresurización por igualación E5D, una sexta despresurización por igualación E6D, una séptima despresurización por igualación E7D, una octava despresurización por igualación E8D, una novena despresurización por igualación E9D, una décima despresurización por igualación E10D, una primera despresurización a contracorriente BD1, una segunda despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD2, una evacuación VC, represurización de gas de primer paso 2ER1, represurización de gas de segundo paso 2ER, una décima represurización por igualación E10R, una novena represurización por igualación E9R, una octava represurización por igualación E8R, una séptima represurización por igualación E7R, una sexta represurización por igualación E6R, una quinta represurización por igualación E5R, una cuarta represurización por igualación E4R, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. Tras la etapa E10D, la concentración de dióxido de carbono en la parte superior de la torre de adsorción es superior al 70%v; tras la etapa BD1, la concentración de dióxido de carbono en la parte inferior de la torre de adsorción es superior al 75%v. El gas descargado desde la etapa BD1 se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso para presurizarlo en su parte inferior. El gas obtenido del primer paso en la segunda etapa de despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD2 y la etapa de evacuación VC es producto de dióxido de carbono. En el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, despresurización a contracorriente BD, una evacuación VC, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. La mezcla de gases descargada desde la salida de la torre de adsorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente producto de nitrógeno e hidrógeno, que contiene poco monóxido de carbono y metano en el mismo. El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD y la etapa de evacuación VC se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado la etapa de evacuación VC totalmente para su presurización, abreviada como 2ER.
- El resultado de este ejemplo es que la pureza del producto de dióxido de carbono es del 98% (v), la recuperación de dióxido de carbono es superior al 99%v, la recuperación de hidrógeno, nitrógeno y monóxido de carbono es superior al 99,9%v. La concentración de dióxido de carbono en el producto de hidrógeno y nitrógeno es inferior al 0,2%v. El consumo de electricidad es de 95 kwh por tonelada de amoniaco utilizada para instrumento y luz.
- Para este ejemplo, utilizando la combinación de adsorbentes dada de la presente invención y realizando las etapas en las mismas otras condiciones (por ejemplo presión de adsorción a 0,6 MPa(g), temperatura y composición del gas de desplazamiento, tiempo del ciclo de adsorción, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido), puede ahorrarse un 12% en la inversión preliminar en equipos utilizada para eliminar el carbono.
- Ejemplo 25 de la invención:**
- Las condiciones de este ejemplo, tales como temperatura y composición del gas de desplazamiento, tipo de adsorbente, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido, etcétera, y otras condiciones son las mismas que las del ejemplo 1. La presión de adsorción en este ejemplo es de 0,8 MPa(g), la presión de transporte del producto de dióxido de carbono es de 0,005 MPa.
- El dispositivo de primer paso comprende trece torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza once veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende siete torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza cuatro veces en el procedimiento de trabajo. En el primer paso, el dióxido de carbono se purifica hasta más del 98%v para sintetizar carbamida; en el segundo paso, el gas de salida del primer paso se purifica adicionalmente para cumplir el requisito del siguiente programa en la producción de amoniaco sintético. La concentración de dióxido de carbono en el hidrógeno, nitrógeno en la salida superior de la torre de adsorción del segundo paso se controla para que sea inferior al 0,2%v.

En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, una quinta despresurización por igualación E5D, una sexta despresurización por igualación E6D, una séptima despresurización por igualación E7D, una octava despresurización por igualación E8D, una novena despresurización por igualación E9D, una décima despresurización por igualación E10D, una undécima despresurización por igualación E11D, una primera despresurización a contracorriente BD1, una segunda despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD2, represurización de gas de primer paso 2ER1, represurización de gas de segundo paso 2ER, una undécima represurización por igualación E11R, una décima represurización por igualación E10R, una novena represurización por igualación E9R, una octava represurización por igualación E8R, una séptima represurización por igualación E7R, una sexta represurización por igualación E6R, una quinta represurización por igualación E5R, una cuarta represurización por igualación E4R, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. Tras la etapa E11D, la concentración de dióxido de carbono en la parte superior de la torre de adsorción es superior al 70%; tras la etapa BD1, la concentración de dióxido de carbono en la parte inferior de la torre de adsorción es superior al 75%. El gas descargado desde la etapa BD1 se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso para presurizarlo en su parte inferior. El gas obtenido del primer paso en la segunda etapa de despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD2 es producto de dióxido de carbono. En el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, despresurización a contracorriente BD, una evacuación VC, una cuarta represurización por igualación E4R, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. La mezcla de gases descargada desde la salida de la torre de adsorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente producto de hidrógeno e nitrógeno, que contiene poco monóxido de carbono y metano en el mismo. El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD y la etapa de evacuación VC se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado una etapa de despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD totalmente para su presurización, abreviada como 2ER.

El resultado de este ejemplo es que la pureza del producto de dióxido de carbono es del 98%, la recuperación de dióxido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y monóxido de carbono es superior al 99,9%. La concentración de dióxido de carbono en el producto de hidrógeno y nitrógeno es inferior al 0,2%. El consumo de electricidad es de 65 kwh por tonelada de amoniaco utilizada para instrumento y luz.

Para este ejemplo, utilizando la combinación de adsorbentes dada de la presente invención y realizando las etapas en las mismas otras condiciones (por ejemplo presión de adsorción a 0,8 MPa(g), temperatura y composición del gas de desplazamiento, tiempo del ciclo de adsorción, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido), puede ahorrarse un 7% en la inversión preliminar en equipos utilizada para eliminar el carbono.

Ejemplo 26:

Las condiciones de este ejemplo, tales como temperatura y composición del gas de desplazamiento, tipo de adsorbente, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido, etcétera, y otras condiciones son las mismas que las del ejemplo 1. La presión de adsorción en este ejemplo es de 0,6 MPa(g), la presión de transporte del producto de dióxido de carbono es de 0,005 MPa.

El dispositivo de primer paso comprende trece torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza once veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende cuatro torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza dos veces en el procedimiento de trabajo. En el primer paso, el dióxido de carbono se purifica hasta más del 98% para sintetizar carbamida; en el segundo paso, el gas de salida del primer paso se purifica adicionalmente para cumplir el requisito del siguiente programa en la producción de amoniaco sintético. La concentración de dióxido de carbono en el hidrógeno, nitrógeno en la salida superior de la torre de adsorción del segundo paso se controla para que sea inferior al 0,2%.

En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, una quinta despresurización por igualación E5D, una sexta despresurización por igualación E6D, una séptima despresurización por igualación E7D, una octava despresurización por igualación E8D, una novena despresurización por igualación E9D, una décima despresurización por igualación E10D, una

undécima despresurización por igualación E11D, una primera despresurización a contracorriente BD1, una segunda despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD2, una evacuación VC, represurización de gas de primer paso 2ER1, represurización de gas de segundo paso 2ER, una undécima represurización por igualación E11R, una décima represurización por igualación E10R, una novena represurización por igualación E9R, una octava represurización por igualación E8R, una séptima represurización por igualación E7R, una sexta represurización por igualación E6R, una quinta represurización por igualación E5R, una cuarta represurización por igualación E4R, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. Tras la etapa E10D, la concentración de dióxido de carbono en la parte superior de la torre de adsorción es superior al 70%v; tras la etapa BD1, la concentración de dióxido de carbono en la parte inferior de la torre de adsorción es superior al 75%v. El gas descargado desde la etapa BD1 se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso para presurizarlo en su parte inferior. El gas obtenido del primer paso en la segunda etapa de despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD2 y la etapa de evacuación VC es producto de dióxido de carbono. En el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, despresurización a contracorriente BD, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. La mezcla de gases descargada desde la salida de la torre de adsorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente producto de nitrógeno e hidrógeno, que contiene poco monóxido de carbono y metano en el mismo. El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado la etapa de evacuación VC totalmente para su presurización, abreviada como 2ER.

El resultado de este ejemplo es que la pureza del producto de dióxido de carbono es del 98%v, la recuperación de dióxido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y monóxido de carbono es superior al 99,9%v. La concentración de dióxido de carbono en el producto de hidrógeno y nitrógeno es inferior al 0,8%v. El consumo de electricidad es de 52 kwh por tonelada de amoniaco utilizada para instrumento y luz.

Para este ejemplo, utilizando la combinación de adsorbentes dada de la presente invención y realizando las etapas en las mismas otras condiciones (por ejemplo presión de adsorción a 0,6 MPa(g), temperatura y composición del gas de desplazamiento, tiempo del ciclo de adsorción, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido), puede ahorrarse un 7% en la inversión preliminar en equipos utilizada para eliminar el carbono.

35 Ejemplo 27:

Las condiciones de este ejemplo, tales como temperatura y composición del gas de desplazamiento, tipo de adsorbente, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido, etcétera, y otras condiciones son las mismas que las del ejemplo 1. La presión de adsorción en este ejemplo es de 0,9 MPa(g), la presión de transporte del producto de dióxido de carbono es de 0,005 MPa.

El dispositivo de primer paso comprende trece torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza once veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende siete torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza dos veces en el procedimiento de trabajo. En el primer paso, el dióxido de carbono se purifica hasta más del 98%v para sintetizar carbamida; en el segundo paso, el gas de salida del primer paso se purifica adicionalmente para cumplir el requisito del siguiente procedimiento en la producción de amoniaco sintético. La concentración de dióxido de carbono en el hidrógeno, nitrógeno en la salida superior de la torre de adsorción del segundo paso se controla para que sea inferior al 0,2%v.

En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, una quinta despresurización por igualación E5D, una sexta despresurización por igualación E6D, una séptima despresurización por igualación E7D, una octava despresurización por igualación E8D, una novena despresurización por igualación E9D, una décima despresurización por igualación E10D, una undécima despresurización por igualación E11D, una primera despresurización a contracorriente BD1, una segunda despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD2, represurización de gas de primer paso 2ER1, represurización de gas de segundo paso 2ER, una undécima represurización por igualación E11R, una décima represurización por igualación E10R, una novena represurización por igualación E9R, una octava represurización por igualación E8R, una séptima represurización por igualación E7R, una sexta represurización por igualación E6R, una quinta represurización por igualación E5R, una cuarta represurización por igualación E4R, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. Tras la etapa E11D, la concentración de dióxido de carbono en la parte superior de la torre de adsorción es superior al 70%v; tras la etapa BD1, la concentración de

- dióxido de carbono en la parte inferior de la torre de adsorción es superior al 75%v. El gas descargado desde la etapa BD1 se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso para aplicar presión en su parte inferior. El gas obtenido del primer paso en la segunda etapa de despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD2 es producto de dióxido de carbono. En el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, despresurización en el sentido de la corriente PP1, despresurización en el sentido de la corriente PP2, despresurización en el sentido de la corriente PP3, despresurización a contracorriente BD, una purga P1, una purga P2, una purga P3, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. La mezcla de gases descargada desde la torre de adsorción en la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1 se utiliza directamente para purgar la torre de adsorción que ha completado la etapa de purga P2 regulando su flujo. Se desorbe la impureza adsorbida en el adsorbente. La mezcla de gases descargada desde la torre de adsorción en la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2 se utiliza directamente para purgar la torre de adsorción que ha completado la etapa de purga P1 regulando su flujo.
- La mezcla de gases descargada desde la torre de adsorción en la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP3 se utiliza directamente para purgar la torre de adsorción que ha completado la etapa de despresurización a contracorriente BD regulando su flujo. Se desorbe la impureza adsorbida en el adsorbente. La mezcla de gases descargada desde la salida de la torre de adsorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente producto de nitrógeno e hidrógeno, que contiene poco monóxido de carbono y metano en el mismo.
- El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD y la etapa de purga P1 y la etapa de purga P2 y la etapa de purga P3 se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado la segunda etapa de despresurización a contracorriente de producto de dióxido de carbono BD2 totalmente para su presurización, abreviada como 2ER.
- El resultado de este ejemplo es que la pureza del producto de dióxido de carbono es del 98%v, la recuperación de dióxido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y monóxido de carbono es superior al 99,9%v. La concentración de dióxido de carbono en el producto de hidrógeno y nitrógeno es inferior al 0,2%v. El consumo de electricidad es de 2 kwh por tonelada de amoniaco utilizada para instrumento y luz.
- Para este ejemplo, utilizando la combinación de adsorbentes dada de la presente invención y realizando las etapas en las mismas otras condiciones (por ejemplo presión de adsorción a 0,9 MPa(g), temperatura y composición del gas de desplazamiento, tiempo del ciclo de adsorción, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido), el consumo de electricidad por tonelada de amoniaco disminuye un 30%, puede ahorrarse un 7% en la inversión preliminar en equipos utilizada para eliminar el carbono.

Ejemplo 28:

- Las condiciones de este ejemplo, tales como temperatura y composición del gas de material, tipo de adsorbente, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido, etcétera, y otras condiciones son las mismas que las del ejemplo 12. La presión de adsorción en este ejemplo es de 3,0 MPa(g).
- El dispositivo de primer paso comprende doce torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza diez veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende ocho torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza seis veces en el procedimiento de trabajo.
- En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, una quinta despresurización por igualación E5D, una sexta despresurización por igualación E6D, una séptima despresurización por igualación E7D, una octava despresurización por igualación E8D, una novena despresurización por igualación E9D, una décima despresurización por igualación E10D, una primera despresurización a contracorriente BD1, una segunda despresurización a contracorriente BD2, represurización de gas de primer paso 2ER1, represurización de gas de segundo paso 2ER, una décima represurización por igualación E10R, una novena represurización por igualación E9R, una octava represurización por igualación E8R, una séptima represurización por igualación E7R, una sexta represurización por igualación E6R, una quinta represurización por igualación E5R, una cuarta represurización por igualación E4R, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. Tras la etapa E10D, la concentración de componente fuertemente adsorbido en la parte superior de la torre de adsorción es superior al 70%v; tras la etapa BD1, la concentración de componente fuertemente adsorbido en la parte inferior de la torre de adsorción es superior al 75%v. El gas descargado desde la etapa BD1 se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso para presurizarlo en su parte inferior. El gas obtenido del primer paso en la primera etapa de despresurización a contracorriente BD1 se vental o es para otra utilización. En el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa

de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, una quinta despresurización por igualación E5D, una sexta despresurización por igualación E6D, despresurización a contracorriente BD, una sexta represurización por igualación E6R, una quinta represurización por igualación E5R, una cuarta represurización por igualación E4R, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. El gas de producto descargado desde la salida de la torre de absorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente hidrógeno. El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado la segunda etapa de despresurización a contracorriente BD totalmente para su presurización, abreviada como 2ER.

El resultado de este ejemplo es que la concentración de hidrógeno es superior al 99,9%v, la recuperación de hidrógeno es superior al 99,8%v.

Ejemplo 29:

Las condiciones de este ejemplo, tales como temperatura y composición del gas de material, tipo de adsorbente, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido, etcétera, y otras condiciones son las mismas que las del ejemplo 12. La presión de adsorción en este ejemplo es de 0,7 MPa(g).

El dispositivo de primer paso comprende doce torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza diez veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende seis torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza tres veces en el procedimiento de trabajo.

En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, una quinta despresurización por igualación E5D, una sexta despresurización por igualación E6D, una séptima despresurización por igualación E7D, una octava despresurización por igualación E8D, una novena despresurización por igualación E9D, una décima despresurización por igualación E10D, una primera despresurización a contracorriente BD1, una segunda despresurización a contracorriente BD2, una evacuación VC, represurización de gas de primer paso 2ER1, represurización de gas de segundo paso 2ER, una décima represurización por igualación E10R, una novena represurización por igualación E9R, una octava represurización por igualación E8R, una séptima represurización por igualación E7R, una sexta represurización por igualación E6R, una quinta represurización por igualación E5R, una cuarta represurización por igualación E4R, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. Tras la etapa E10D, la concentración de componente fuertemente adsorbido en la parte superior de la torre de adsorción es superior al 70%v; tras la etapa BD1, la concentración de componente fuertemente adsorbido en la parte inferior de la torre de adsorción es superior al 75%v. El gas descargado desde la etapa BD1 se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso para aplicar presión en su parte inferior. El gas obtenido del primer paso en la segunda etapa de despresurización a contracorriente BD2 se vende o es para otra utilización. En el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, despresurización a contracorriente BD, una evacuación VC, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. El gas de producto descargado desde la salida de la torre de absorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente hidrógeno. El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado la etapa de evacuación VC totalmente para su presurización, abreviada como 2ER.

El resultado de este ejemplo es que la concentración de hidrógeno es superior al 99,9%v, la recuperación de hidrógeno es superior al 99,9%v.

Ejemplo 30:

Las condiciones de este ejemplo, tales como temperatura y composición del gas de material, tipo de adsorbente, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido, etcétera, y otras condiciones son las mismas que las del ejemplo 12. La presión de adsorción en este ejemplo es de 0,8 MPa(g).

El dispositivo de primer paso comprende trece torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza once veces en el procedimiento de trabajo. El

dispositivo de segundo paso comprende siete torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza cuatro veces en el procedimiento de trabajo.

En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, una quinta despresurización por igualación E5D, una sexta despresurización por igualación E6D, una séptima despresurización por igualación E7D, una octava despresurización por igualación E8D, una novena despresurización por igualación E9D, una décima despresurización por igualación E10D, una undécima despresurización por igualación E11D, una primera despresurización a contracorriente BD1, una segunda despresurización a contracorriente BD2, represurización de gas de primer paso 2ER1, represurización de gas de segundo paso 2ER, una undécima represurización por igualación E11R, una décima represurización por igualación E10R, una novena represurización por igualación E9R, una octava represurización por igualación E8R, una séptima represurización por igualación E7R, una sexta represurización por igualación E6R, una quinta represurización por igualación E5R, una cuarta represurización por igualación E4R, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. Tras la etapa E11D, la concentración de componente fuertemente adsorbido en la parte superior de la torre de adsorción es superior al 70%; tras la etapa BD1, la concentración de componente fuertemente adsorbido en la parte inferior de la torre de adsorción es superior al 75%. El gas descargado desde la etapa BD1 se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso para aplicar presión en su parte inferior. El gas obtenido del primer paso en la segunda etapa de despresurización a contracorriente BD2 se vetea o es para otra utilización. En el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, despresurización a contracorriente BD, una evacuación VC, una cuarta represurización por igualación E4R, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. El gas de producto descargado desde la salida de la torre de adsorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente hidrógeno. El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado la segunda etapa de despresurización a contracorriente BD2 totalmente para su presurización, abreviada como 2ER.

El resultado de este ejemplo es que la concentración de hidrógeno es superior al 99,9%v, la recuperación de hidrógeno es superior al 99,9%v.

35 Ejemplo 31:

Las condiciones de este ejemplo, tales como temperatura y composición del gas de material, tipo de adsorbente, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido, etcétera, y otras condiciones son las mismas que las del ejemplo 12. La presión de adsorción en este ejemplo es de 0,6 MPa(g).

40 El dispositivo de primer paso comprende trece torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza once veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende cuatro torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza dos veces en el procedimiento de trabajo.

45 En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, una quinta despresurización por igualación E5D, una sexta despresurización por igualación E6D, una séptima despresurización por igualación E7D, una octava despresurización por igualación E8D, una novena despresurización por igualación E9D, una décima despresurización por igualación E10D, una undécima despresurización por igualación E11D, una primera despresurización a contracorriente BD1, una segunda despresurización a contracorriente BD2, una evacuación VC, represurización de gas de primer paso 2ER1, represurización de gas de segundo paso 2ER, una undécima represurización por igualación E11R, una décima represurización por igualación E10R, una novena represurización por igualación E9R, una octava represurización por igualación E8R, una séptima represurización por igualación E7R, una sexta represurización por igualación E6R, una quinta represurización por igualación E5R, una cuarta represurización por igualación E4R, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. Tras la etapa E11D, la concentración de componente fuertemente adsorbido en la parte superior de la torre de adsorción es superior al 70%; tras la etapa BD1, la concentración de componente fuertemente adsorbido en la parte inferior de la torre de adsorción es superior al 75%. El gas descargado desde la etapa BD1 se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso para aplicar presión en su parte inferior. El gas obtenido del primer paso en la segunda etapa de despresurización a contracorriente BD2 se vetea o es para otra utilización. En el segundo paso, la torre de adsorción experimenta

- secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, despresurización a contracorriente BD, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. El gas de producto descargado desde la salida de la torre de absorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente hidrógeno. El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado la etapa de evacuación VC totalmente para su presurización, abreviada como 2ER.
- 5 10 El resultado de este ejemplo es que la concentración de hidrógeno es superior al 99,9%v, la recuperación de hidrógeno es superior al 99,9%v.

Ejemplo 32:

- 15 Las condiciones de este ejemplo, tales como temperatura y composición del gas de material, tipo de adsorbente, rendimiento del equipo de generación de energía, aparato e instrumento y su función de control, construcción y vida de la válvula de secuencia especial y sistema de presión de líquido, etcétera, y otras condiciones son las mismas que las del ejemplo 12. La presión de adsorción en este ejemplo es de 0,6 MPa(g).
- 20 El dispositivo de primer paso comprende trece torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza once veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende siete torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza dos veces en el procedimiento de trabajo.
- 25 En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, una tercera despresurización por igualación E3D, una cuarta despresurización por igualación E4D, una quinta despresurización por igualación E5D, una sexta despresurización por igualación E6D, una séptima despresurización por igualación E7D, una octava despresurización por igualación E8D, una novena despresurización por igualación E9D, una décima despresurización por igualación E10D, una undécima despresurización por igualación E11D, una primera despresurización a contracorriente BD1, una segunda despresurización a contracorriente BD2, represurización de gas de primer paso 2ER1, represurización de gas de segundo paso 2ER, una undécima represurización por igualación E11R, una décima represurización por igualación E10R, una novena represurización por igualación E9R, una octava represurización por igualación E8R, una séptima represurización por igualación E7R, una sexta represurización por igualación E6R, una quinta represurización por igualación E5R, una cuarta represurización por igualación E4R, una tercera represurización por igualación E3R, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. Tras la etapa E11D, la concentración de componente fuertemente adsorbido en la parte superior de la torre de adsorción es superior al 70%v; tras la etapa BD1, la concentración de componente fuertemente adsorbido en la parte inferior de la torre de adsorción es superior al 75%v. El gas descargado desde la etapa BD1 se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso para presurizarlo en su parte inferior. El gas obtenido del primer paso en la segunda etapa de despresurización a contracorriente BD2 se vence o es para otra utilización. En el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, despresurización en el sentido de la corriente PP1, despresurización en el sentido de la corriente PP2, despresurización en el sentido de la corriente PP3, despresurización a contracorriente BD, una purga P1, una purga P2, una purga P3, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. La mezcla de gases descargada desde la torre de adsorción en la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1 se utiliza directamente para purgar la torre de adsorción que ha completado la etapa de purga P2 regulando su flujo. Se desorbe la impureza adsorbida en el adsorbente. La mezcla de gases descargada desde la torre de adsorción en la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2 se utiliza directamente para purgar la torre de adsorción que ha completado la etapa de purga P1 regulando su flujo. La mezcla de gases descargada desde la torre de adsorción en la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP3 se utiliza directamente para purgar la torre de adsorción que ha completado la etapa de despresurización a contracorriente BD regulando su flujo. Se desorbe la impureza adsorbida en el adsorbente. El gas de producto descargado desde la salida de la torre de absorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente hidrógeno. El gas descargado desde el segundo paso en la etapa de despresurización a contracorriente BD se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado la segunda etapa de despresurización a contracorriente BD2 totalmente para su presurización, abreviada como 2ER.
- 30 35 40 45 50 55 60

El resultado de este ejemplo es que la concentración de hidrógeno es superior al 99,9%v, la recuperación de hidrógeno es superior al 99,8%v.

Ejemplo 33:

El gas de material en el presente ejemplo es aire.

- 5 Los componentes del aire se muestran en la siguiente tabla:

Componente	N ₂	O ₂	Ar	Agua (vapor)
Conc. %v	78	21	1	saturación

10 Temperatura ≤40

10 Presión 0,15 MPa(g)

15 En el primer paso, los adsorbentes en la torre de adsorción desde la parte inferior hacia arriba en secuencia son alúmina activada y un tamiz molecular; en el segundo paso, el adsorbente en la torre de adsorción es un tamiz molecular. Este ejemplo es un dispositivo de adsorción por cambio de presión para preparar oxígeno. En el aire, el oxígeno y el argón son el componente débilmente adsorbido, el nitrógeno y el agua (vapor) son el componente fuertemente adsorbido. En el primer paso, la concentración de nitrógeno de salida se controla para que sea del 78%v (ajustando entre el 30-78%v durante la operación real); en el segundo paso, el nitrógeno en el gas de salida del primer paso se purifica adicionalmente para cumplir el requisito del siguiente procedimiento. La concentración de oxígeno en la salida superior de la torre de adsorción del segundo paso se controla para que sea superior al 93%v, como máximo el 95%v.

20 El dispositivo de primer paso comprende siete torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza cuatro veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende cuatro torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza una vez en el procedimiento de trabajo.

25 En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación en dos extremos 2E1D', una segunda despresurización por igualación en dos extremos 2E2D', una tercera despresurización por igualación en dos extremos 2E3D', una cuarta despresurización por igualación en dos extremos 2E4D', una evacuación VC, represurización de gas de segundo paso 2ER, una cuarta represurización por igualación en dos extremos 2E4R', una tercera represurización por igualación en dos extremos 2E3R', una segunda represurización por igualación en dos extremos 2E2R', una primera represurización por igualación en dos extremos 2E1R', represurización final FR. En el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, despresurización a contracorriente BD, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. El gas descargado desde la etapa de despresurización a contracorriente BD se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado la etapa de evacuación VC totalmente para su presurización. El gas de producto descargado desde la salida de la torre de adsorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente oxígeno y un poco de argón.

30 El resultado de este ejemplo es que la concentración de oxígeno es superior al 93%v, la concentración de nitrógeno es superior al 99%v, la recuperación de oxígeno es superior al 96,2%v.

Ejemplo 34:

35 El gas de material en el presente ejemplo es aire.

- 40 Los componentes del aire se muestran en la siguiente tabla:

Componente	N ₂	O ₂	Ar	Agua (vapor)
Conc. %v	78	21	1	saturación

45 Temperatura ≤40

50 Presión 0,15 MPa(g)

55 En el primer paso, los adsorbentes en la torre de adsorción desde la parte inferior hacia arriba en secuencia son alúmina activada y un tamiz molecular. En el segundo paso, el adsorbente en la torre de adsorción es un tamiz molecular. Este ejemplo es un dispositivo de adsorción por cambio de presión para preparar oxígeno. En el aire, el oxígeno y el argón son el componente débilmente adsorbido, el nitrógeno y el agua (vapor) son el componente fuertemente adsorbido. En el primer paso, la concentración de nitrógeno de salida se controla para que sea del

78%v (ajustando entre el 30-78%v durante la operación real); en el segundo paso, el nitrógeno en el gas de salida del primer paso se purifica adicionalmente para cumplir el requisito del siguiente procedimiento. La concentración de oxígeno en la salida superior de la torre de adsorción del segundo paso se controla para que sea superior al 93%v, como máximo el 95%v.

- 5 El dispositivo de primer paso comprende seis torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza tres veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende cuatro torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza una vez en el procedimiento de trabajo.
- 10 En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación en dos extremos 2E1D', una segunda despresurización por igualación en dos extremos 2E2D', una tercera despresurización por igualación en dos extremos 2E3D', despresurización a contracorriente BD, una evacuación VC, represurización de gas de segundo paso 2ER, una tercera represurización por igualación en dos extremos 2E3R', una segunda represurización por igualación en dos extremos 2E2R, una primera represurización por igualación en dos extremos 2E1R', represurización final FR. En el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, despresurización a contracorriente BD, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. El gas descargado desde la etapa de despresurización a contracorriente BD se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado la etapa de evacuación VC totalmente para su presurización. El gas de producto descargado desde la salida de la torre de adsorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente oxígeno y un poco de argón.
- 15
- 20
- 25 El resultado de este ejemplo es que la concentración de oxígeno es superior al 93%v, la concentración de nitrógeno es superior al 99%v, la recuperación de oxígeno es superior al 96%v.

Ejemplo 35 de la invención:

- 30 El gas de material en el presente ejemplo es aire.

Los componentes del aire se muestran en la siguiente tabla:

Componente	N2	O2	Ar	Agua (vapor)
Conc. %v	78	21	1	saturación

- 35 Temperatura ≤40
Presión 0,3 MPa(g)
- 40 En el primer paso, los adsorbentes en la torre de adsorción desde la parte inferior hacia arriba en secuencia son alúmina activada y un tamiz molecular. En el segundo paso, el adsorbente en la torre de adsorción es un tamiz molecular. Este ejemplo es un dispositivo de adsorción por cambio de presión para preparar oxígeno. En el aire, el oxígeno y el argón son el componente débilmente adsorbido, el nitrógeno y el agua (vapor) son el componente fuertemente adsorbido. En el primer paso, la concentración de nitrógeno de salida se controla para que sea superior al 78%v; en el segundo paso, el nitrógeno en el gas de salida del primer paso se purifica adicionalmente para cumplir el requisito del siguiente procedimiento. La concentración de oxígeno en la salida superior de la torre de adsorción del segundo paso se controla para que sea superior al 93%v, como máximo el 95%v. El dispositivo de primer paso comprende siete torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza cuatro veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende cinco torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza dos veces en el procedimiento de trabajo.
- 45
- 50

- 55 En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación en dos extremos 2E1D', una segunda despresurización por igualación en dos extremos 2E2D', una tercera despresurización por igualación en dos extremos 2E3D', una cuarta despresurización por igualación en dos extremos 2E4D', despresurización a contracorriente BD, una evacuación VC, represurización de gas de segundo paso 2ER, una cuarta represurización por igualación en dos extremos 2E4R', una tercera represurización por igualación en dos extremos 2E3R', una segunda represurización por igualación en dos extremos 2E2R', una primera represurización por igualación en dos extremos 2E1R', represurización final FR. En el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, despresurización a contracorriente BD, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. El gas descargado desde la etapa de despresurización a contracorriente BD se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado la etapa de
- 60

evacuación VC totalmente para su presurización. El gas de producto descargado desde la salida de la torre de absorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente oxígeno y un poco de argón.

5 El resultado de este ejemplo es que la concentración de oxígeno es superior al 93%v, la concentración de nitrógeno es superior al 99,7%v, la recuperación de oxígeno es superior al 99%v.

Ejemplo 36 de la invención:

10 El gas de material en el presente ejemplo es aire.

10 Los componentes del aire se muestran en la siguiente tabla:

Componente	N2	O2	Ar	Agua (vapor)
Conc. %v	78	21	1	saturación

15 Temperatura ≤40

15 Presión 0,3 MPa(g)

20 En el primer paso, los adsorbentes en la torre de adsorción desde la parte inferior hacia arriba en secuencia son alúmina activada y un tamiz molecular; en el segundo paso, el adsorbente en la torre de adsorción es un tamiz molecular. Este ejemplo es un dispositivo de adsorción por cambio de presión para preparar oxígeno. En el aire, el oxígeno y el argón son el componente débilmente adsorbido, el nitrógeno y el agua (vapor) son el componente fuertemente adsorbido. En el primer paso, la concentración de nitrógeno de salida se controla para que sea del 78%v (ajustando entre el 20-78%v durante la operación real); en el segundo paso, el nitrógeno en el gas de salida del primer paso se purifica adicionalmente para cumplir el requisito del siguiente procedimiento. La concentración de oxígeno en la salida superior de la torre de adsorción del segundo paso se controla para que sea superior al 93%v, como máximo el 95%v.

30 El dispositivo de primer paso comprende siete torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza cuatro veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende siete torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza dos veces en el procedimiento de trabajo.

35 En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación en dos extremos 2E1D', una segunda despresurización por igualación en dos extremos 2E2D', una tercera despresurización por igualación en dos extremos 2E3D', una cuarta despresurización por igualación en dos extremos 2E4D', despresurización a contracorriente BD, una evacuación VC, represurización de gas de segundo paso 2ER, una cuarta represurización por igualación en dos extremos 2E4R', una tercera represurización por igualación en dos extremos 2E3R', una segunda represurización por igualación en dos extremos 2E2R', una primera represurización por igualación en dos extremos 2E1R', represurización final FR. En el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, despresurización en el sentido de la corriente PP1, despresurización en el sentido de la corriente PP2, despresurización en el sentido de la corriente PP3, despresurización a contracorriente BD, una purga P1, una purga P2, una purga P3, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. La mezcla de gases descargada desde la torre de adsorción en la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1 se utiliza directamente para purgar la torre de adsorción que ha completado la etapa de purga P2 regulando su flujo. Se desorbe la impureza adsorbida en el adsorbente. La mezcla de gases descargada desde la torre de adsorción en la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2 se utiliza directamente para purgar la torre de adsorción que ha completado la etapa de purga P1 regulando su flujo. La mezcla de gases descargada desde la torre de adsorción en la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP3 se utiliza directamente para purgar la torre de adsorción que ha completado la etapa de despresurización a contracorriente BD regulando su flujo. Se desorbe la impureza adsorbida en el adsorbente. El gas descargado desde la etapa de despresurización a contracorriente BD y la etapa de purga P se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado la etapa de evacuación VC totalmente para su presurización. El gas de producto descargado desde la salida de la torre de adsorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente oxígeno y un poco de argón.

60 El resultado de este ejemplo es que la concentración de oxígeno es superior al 93%v, la concentración de nitrógeno es superior al 99,7%v, la recuperación de oxígeno es superior al 99%v.

Ejemplo 37 de la invención:

El gas de material en el presente ejemplo es aire.

Los componentes del aire se muestran en la siguiente tabla:

Componente	N ₂	O ₂	Ar	Agua (vapor)
Conc. %v	78	21	1	saturación

- 5 Temperatura ≤40
Presión 0,3 MPa(g)

10 En el primer paso, los adsorbentes en la torre de adsorción desde la parte inferior hacia arriba en secuencia son alúmina activada y un tamiz molecular en el segundo paso, el adsorbente en la torre de adsorción es un tamiz molecular. Este ejemplo es un dispositivo de adsorción por cambio de presión para preparar oxígeno. En el aire, el oxígeno y el argón son el componente débilmente adsorbido, el nitrógeno y el agua (vapor) son el componente fuertemente adsorbido. En el primer paso, la concentración de nitrógeno de salida se controla para que sea del 78%v (ajustando entre el 20-78%v durante la operación real); en el segundo paso, el nitrógeno en el gas de salida del primer paso se purifica adicionalmente para cumplir el requisito del siguiente procedimiento. La concentración de oxígeno en la salida superior de la torre de adsorción del segundo paso se controla para que sea superior al 93%v, como máximo el 95%v.

15

20 El dispositivo de primer paso comprende siete torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza cuatro veces en el procedimiento de trabajo. El dispositivo de segundo paso comprende siete torres de adsorción. Una única torre está simultáneamente en una etapa de adsorción y la etapa de igualación de la presión se realiza dos veces en el procedimiento de trabajo.

25

30 En el primer paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente etapas de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tales como una adsorción A, una primera despresurización por igualación en dos extremos 2E1D', una segunda despresurización por igualación en dos extremos 2E2D', una tercera despresurización por igualación en dos extremos 2E3D', una cuarta despresurización por igualación en dos extremos 2E4D', despresurización a contracorriente BD, represurización de gas de segundo paso 2ER, una cuarta represurización por igualación en dos extremos 2E4R', una tercera represurización por igualación en dos extremos 2E3R', una segunda represurización por igualación en dos extremos 2E2R', una primera represurización por igualación en dos extremos 2E1R', represurización final FR. En el segundo paso, la torre de adsorción experimenta secuencialmente una etapa de adsorción por cambio de presión en un periodo de circulación tal como una adsorción A, una primera despresurización por igualación E1D, una segunda despresurización por igualación E2D, despresurización en el sentido de la corriente PP1, despresurización en el sentido de la corriente PP2, despresurización en el sentido de la corriente PP3, despresurización a contracorriente BD, una purga P1, una purga P2, una purga P3, una segunda represurización por igualación E2R, una primera represurización por igualación E1R, represurización final FR. La mezcla de gases descargada desde la torre de adsorción en la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1 se utiliza directamente para purgar la torre de adsorción que ha completado la etapa de purga P2 regulando su flujo. Se desorbe la impureza adsorbida en el adsorbente. La mezcla de gases descargada desde la torre de adsorción en la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2 se utiliza directamente para purgar la torre de adsorción que ha completado la etapa de purga P1 regulando su flujo. La mezcla de gases descargada desde la torre de adsorción en la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP3 se utiliza directamente para purgar la torre de adsorción que ha completado la etapa de despresurización a contracorriente BD regulando su flujo. Se desorbe la impureza adsorbida en el adsorbente. El gas descargado desde la etapa de despresurización a contracorriente BD y la etapa de purga P se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso que ha completado la etapa de evacuación VC totalmente para su presurización. El gas de producto descargado desde la salida de la torre de adsorción del segundo paso en la etapa de adsorción es principalmente oxígeno y un poco de argón.

35

40

45

50 El resultado de este ejemplo es que la concentración de oxígeno es superior al 93%v, la concentración de nitrógeno es superior al 99,7%v, la recuperación de oxígeno es superior al 99%v.

55 La presente invención puede utilizarse para obtener el componente fuertemente adsorbido o el débilmente adsorbido de la mezcla de gases, y para obtener el componente fuertemente adsorbido y el componente débilmente adsorbido de la mezcla de gases al mismo tiempo. El componente fuertemente adsorbido y el componente débilmente adsorbido en la presente invención pueden ser un componente, también puede ser más de un componente.

60 **Aplicabilidad industrial**

65 La presente invención puede aplicarse al campo industrial de la ingeniería química, el procesamiento petroquímico, farmacia, los materiales de construcción, la protección medioambiental, etcétera.

Aplicabilidad industrial

- 60 La presente invención puede aplicarse al campo industrial de la ingeniería química, el procesamiento petroquímico, farmacia, los materiales de construcción, la protección medioambiental, etcétera.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de adsorción por cambio de presión con recirculación completa en dos pasos para la separación de gases, en el que el procedimiento se utiliza para separar el componente fuertemente adsorbido y el componente débilmente adsorbido de la mezcla de gases; el producto puede ser el componente fuertemente adsorbido o el componente débilmente adsorbido o ambos al mismo tiempo; el procedimiento adopta un dispositivo de adsorción por cambio de presión en dos pasos que funciona en serie; la mezcla de gases se alimenta al dispositivo de adsorción por cambio de presión de primer paso, y el componente fuertemente adsorbido de la mezcla de gases se adsorbe y se concentra como producto; la mezcla de gases intermedia procedente de la salida de la torre de adsorción del dispositivo de adsorción por cambio de presión de primer paso se alimenta al dispositivo de adsorción por cambio de presión de segundo paso; el componente fuertemente adsorbido en la mezcla de gases intermedia se adsorbe adicionalmente, y el componente débilmente adsorbido, no adsorbido, actúa como producto y se alimenta a la siguiente etapa; todo el gas, a excepción del componente débilmente adsorbido que entra en la siguiente etapa en el segundo paso, se devuelve al primer paso para aumentar la presión de la torre de adsorción; la torre de adsorción del primer paso experimenta secuencialmente las siguientes etapas en un periodo de circulación: etapa de adsorción A, despresurización por igualación en dos extremos 2ED', despresurización a contracorriente BD, represurización de gas de segundo paso 2ER, represurización por igualación en dos extremos 2ER' y represurización final FR; la torre de adsorción del segundo paso experimenta secuencialmente las siguientes etapas en un periodo de circulación: adsorción A, despresurización por igualación en el sentido de la corriente ED, despresurización a contracorriente BD, represurización por igualación a contracorriente ER y represurización final FR.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la torre de adsorción del primer paso agrega la etapa de despresurización por igualación en el sentido de la corriente ED tras la etapa de adsorción A; al mismo tiempo, la torre de adsorción del primer paso agrega la etapa de represurización por igualación a contracorriente ER tras la represurización por igualación en dos extremos 2ER'.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en el que la torre de adsorción del primer paso agrega la etapa de evacuación VC tras la etapa de despresurización a contracorriente BD y/o la torre de adsorción del segundo paso agrega la etapa de evacuación VC tras la etapa de despresurización a contracorriente BD.
4. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en el que la torre de adsorción del segundo paso agrega la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP tras la despresurización por igualación en el sentido de la corriente ED; al mismo tiempo, la torre de adsorción del segundo paso agrega la etapa de purga P tras la etapa de despresurización a contracorriente BD; el gas de la etapa de purga P proviene directamente de la torre de adsorción que está en la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP o proviene del recipiente de compensación V que se utiliza para almacenar el gas de la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP.
5. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que la torre de adsorción del segundo paso agrega la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP tras la despresurización por igualación en el sentido de la corriente ED; al mismo tiempo, la torre de adsorción del segundo paso agrega la etapa de purga P tras la etapa de despresurización a contracorriente BD; el gas de la etapa de purga P proviene directamente de la torre de adsorción que está en la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP o proviene del recipiente de compensación V que se utiliza para almacenar el gas de la etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP.
6. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en el que la torre de adsorción del segundo paso agrega la primera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1 y la segunda etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2 tras la etapa de despresurización por igualación en el sentido de la corriente ED; al mismo tiempo, la torre de adsorción del segundo paso agrega la primera etapa de purga P1 y la segunda etapa de purga P2 tras la etapa de despresurización a contracorriente BD; el gas de la primera etapa de purga P1 proviene directamente de la torre de adsorción que está en la segunda etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2 o proviene del recipiente de compensación V1 que se utiliza para almacenar el gas de la segunda etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2; el gas de la segunda etapa de purga P2 proviene directamente de la torre de adsorción que está en la primera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1 o proviene del recipiente de compensación V2 que se utiliza para almacenar el gas de la primera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1.
7. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que la torre de adsorción del segundo paso agrega la primera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1 y la segunda etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2 tras la etapa de despresurización por igualación en el sentido de la corriente ED; al mismo tiempo, la torre de adsorción del segundo paso agrega la primera etapa de purga P1 y la segunda etapa de purga P2 tras la etapa de despresurización a contracorriente BD; el gas de la primera etapa de purga P1 proviene directamente de la torre de adsorción que está en la segunda etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2 o proviene del recipiente de compensación V que se utiliza para almacenar el gas de la segunda etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2; el gas de la segunda etapa de purga P2 proviene directamente de la torre de adsorción que está en la primera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1 o proviene del

recipiente de compensación V2 que se utiliza para almacenar el gas de la primera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1.

- 5 8. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en el que la torre de adsorción del segundo paso agrega la primera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1 y la segunda etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2 y la tercera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP3 tras la etapa de despresurización por igualación en el sentido de la corriente ED; al mismo tiempo, la torre de adsorción del segundo paso agrega la primera etapa de purga P1 y la segunda etapa de purga P2 y la tercera etapa de purga P3 tras la etapa de despresurización a contracorriente BD; el gas de la primera etapa de purga P1 proviene directamente de la torre de adsorción que está en la tercera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP3 o proviene del recipiente de compensación V3 que se utiliza para almacenar el gas de la tercera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP3; el gas de la segunda etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2 o proviene del recipiente de compensación V4 que se utiliza para almacenar el gas de la segunda etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2; el gas de la tercera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1 o proviene del recipiente de compensación V5 que se utiliza para almacenar el gas de la primera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1.
- 10 9. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que la torre de adsorción del segundo paso agrega la primera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1 y la segunda etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2 y la tercera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP3 tras la etapa de despresurización por igualación en el sentido de la corriente ED; al mismo tiempo, la torre de adsorción del segundo paso agrega la primera etapa de purga P1 y la segunda etapa de purga P2 y la tercera etapa de purga P3 tras la etapa de despresurización a contracorriente BD; el gas de la primera etapa de purga P1 proviene directamente de la torre de adsorción que está en la tercera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP3 o proviene del recipiente de compensación V3 que se utiliza para almacenar el gas de la tercera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP3; el gas de la segunda etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2 o proviene del recipiente de compensación V4 que se utiliza para almacenar el gas de la segunda etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2; el gas de la tercera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1 o proviene del recipiente de compensación V5 que se utiliza para almacenar el gas de la primera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1.
- 15 10. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en el que en el primer paso, la concentración promedio de los componentes fuertemente adsorbidos en la mezcla de gases descargada finalmente desde la parte superior de la torre de adsorción tras la etapa de despresurización por igualación en dos extremos 2ER' es superior al 30%.
- 20 11. Procedimiento según la reivindicación 10, en el que en el primer paso, la concentración promedio de los componentes fuertemente adsorbidos en la mezcla de gases descargada finalmente desde la parte superior de la torre de adsorción tras la etapa de despresurización por igualación en dos extremos 2ER' es superior al 75%.
- 25 12. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en el que el gas descargado desde la torre de adsorción se descarga al interior del recipiente de compensación V6 en primer lugar y posteriormente al recipiente de compensación V7 cuando la torre de adsorción está realizando la etapa de despresurización a contracorriente BD en el segundo paso.
- 30 13. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que el gas descargado desde la torre de adsorción se descarga al interior del recipiente de compensación V6 en primer lugar y posteriormente al recipiente de compensación V7 cuando la torre de adsorción está realizando la etapa de despresurización a contracorriente BD en el segundo paso.
- 35 14. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en el que en el primer paso, la concentración promedio de los componentes fuertemente adsorbidos en el gas de salida de la etapa de adsorción es superior o igual al 2%v.
- 40 15. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en el que la presión de la mezcla de gases de material de partida es superior o igual a 1,8 MPa(g).
- 45 16. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en el que cuando la torre de adsorción del primer paso está realizando la etapa de despresurización por igualación en dos extremos, menos del 50% del gas descargado desde la etapa de despresurización por igualación se introduce desde la parte inferior de la torre de adsorción al interior de la otra torre de adsorción que está realizando la etapa de represurización por igualación.
- 50 17. Procedimiento según la reivindicación 16, en el que cuando la torre de adsorción del primer paso está realizando la etapa de despresurización por igualación en dos extremos, del 17 al 25% del gas descargado desde la etapa de despresurización por igualación se introduce desde la parte inferior de la torre de adsorción al interior de la otra torre de adsorción que está realizando la etapa de represurización por igualación.
- 55 60 65

18. Procedimiento de adsorción por cambio de presión con recirculación completa en dos pasos para la separación de gases, en el que el procedimiento se utiliza para separar el componente fuertemente adsorbido y el componente débilmente adsorbido de la mezcla de gases; el producto puede ser el componente fuertemente adsorbido o el componente débilmente adsorbido o ambos al mismo tiempo; el procedimiento adopta un dispositivo de adsorción por cambio de presión en dos pasos que funciona en serie; la mezcla de gases se alimenta al dispositivo de adsorción por cambio de presión de primer paso, y el componente fuertemente adsorbido de la mezcla de gases se absorbe y se concentra como producto; la mezcla de gases intermedia procedente de la salida de la torre de adsorción del dispositivo de adsorción por cambio de presión de primer paso se alimenta al dispositivo de adsorción por cambio de presión de segundo paso; el componente fuertemente adsorbido en la mezcla de gases intermedia se absorbe adicionalmente, y el componente débilmente adsorbido, no adsorbido, actúa como producto y se alimenta a la siguiente etapa; el gas descargado desde la torre de adsorción que está en la primera etapa de despresurización a contracorriente BD1 en el primer paso se devuelve al interior de la torre de adsorción del primer paso en la parte inferior para aumentar la presión; todo el gas, a excepción del componente débilmente adsorbido que entra en la siguiente etapa en el segundo paso, se devuelve al primer paso para aumentar la presión de la torre de adsorción; la torre de adsorción del primer paso experimenta secuencialmente las siguientes etapas en un periodo de circulación: etapa de adsorción A, despresurización por igualación en el sentido de la corriente ED, una primera despresurización a contracorriente BD1, una segunda despresurización a contracorriente BD2, represurización de gas de primer paso 2ER1, represurización de gas de segundo paso 2ER, represurización por igualación a contracorriente ER y represurización final FR; la torre de adsorción del segundo paso experimenta secuencialmente las siguientes etapas en un periodo de circulación: adsorción A, despresurización por igualación en el sentido de la corriente ED, despresurización a contracorriente BD, represurización por igualación a contracorriente ER y represurización final FR.
19. Procedimiento según la reivindicación 18, en el que la torre de adsorción del primer paso agrega la etapa de evacuación VC tras la segunda etapa de despresurización a contracorriente BD2 y/o la torre de adsorción del segundo paso agrega la etapa de evacuación VC tras la etapa de despresurización a contracorriente BD.
20. Procedimiento según la reivindicación 18 ó 19, en el que la torre de adsorción del segundo paso agrega la primera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1 y la segunda etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2 y la tercera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP3 tras la etapa de despresurización por igualación en el sentido de la corriente ED; al mismo tiempo, la torre de adsorción del segundo paso agrega la primera etapa de purga P1 y la segunda etapa de purga P2 y la tercera etapa de purga P3 tras la etapa de despresurización a contracorriente BD; el gas de la primera etapa de purga P1 proviene directamente de la torre de adsorción que está en la tercera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP3 o proviene del recipiente de compensación V3 que se utiliza para almacenar el gas de la tercera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP3; el gas de la segunda etapa de purga P2 proviene directamente de la torre de adsorción que está en la segunda etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2 o proviene del recipiente de compensación V4 que se utiliza para almacenar el gas de la segunda etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP2; el gas de la tercera etapa de purga P3 proviene directamente de la torre de adsorción que está en la primera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1 o proviene del recipiente de compensación V5 que se utiliza para almacenar el gas de la primera etapa de despresurización en el sentido de la corriente PP1.
21. Procedimiento según la reivindicación 18 ó 19, en el que en el primer paso, la concentración promedio de los componentes fuertemente adsorbidos en el gas de salida de la etapa de adsorción es superior o igual al 2%v.
22. Procedimiento según la reivindicación 18 ó 19, en el que la presión de la mezcla de gases de material de partida es superior o igual a 1,8 MPa(g).
23. Procedimiento según la reivindicación 18 ó 19, en el que en el primer paso, la concentración promedio de los componentes fuertemente adsorbidos en la mezcla de gases descargada finalmente desde la torre de adsorción tras la primera etapa de despresurización a contracorriente BD1 es superior al 30%.
24. Procedimiento según la reivindicación 23, en el que en el primer paso, la concentración promedio de los componentes fuertemente adsorbidos en la mezcla de gases descargada finalmente desde la torre de adsorción tras la primera etapa de despresurización a contracorriente BD1 es superior al 80%.
25. Procedimiento según la reivindicación 1, 2 ó 18, en el que los adsorbentes en la torre de adsorción del primer paso son alúmina activada y gel de sílice de poro fino; la alúmina activada se rellena en la parte inferior de la torre de adsorción; el gel de sílice de poro fino se rellena en la parte superior de la torre de adsorción; el adsorbente en la torre de adsorción del segundo paso es sólo gel de sílice de poro fino.
26. Procedimiento según la reivindicación 1, 2 ó 18, en el que los adsorbentes en la torre de adsorción del primer paso son alúmina activada y gel de sílice de poro fino, o alúmina activada y carbón activado, o alúmina activada y carbón activado y un tamiz molecular en secuencia desde la parte inferior hacia arriba; los adsorbentes en la torre de adsorción del segundo paso son carbón activado y un tamiz molecular, o un tamiz molecular.

27. Procedimiento según la reivindicación 1, 2 ó 18, en el que los adsorbentes en la torre de adsorción del primer paso son alúmina activada y un tamiz molecular en secuencia desde la parte inferior hacia arriba; el adsorbente en la torre de adsorción del segundo paso es un tamiz molecular.
- 5 28. Procedimiento según la reivindicación 1, 2 ó 18, en el que los adsorbentes en la torre de adsorción del primer paso son alúmina activada y un tamiz molecular en secuencia desde la parte inferior hacia arriba; el adsorbente en la torre de adsorción del segundo paso es un tamiz molecular.

Unit Train Type	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	330
A	A	2E ₁ D'	2E ₂ D'	2E ₃ D'	2E ₄ D'	2E ₅ D'	2E ₆ D'	2E ₇ D'	2E ₈ D'	D	D _{2E} R'	2E ₉ R'	2E ₁₀ R'	2E ₁₁ R'	2E ₁₂ R'	2E ₁₃ R'	FR
B	2E ₁ R'	FR	A	2E ₁ D'	2E ₂ D'	2E ₃ D'	2E ₄ D'	2E ₅ D'	2E ₆ D'	2E ₇ D'	2E ₈ D'	2E ₉ D'	2E ₁₀ D'	2E ₁₁ D'	2E ₁₂ D'	2E ₁₃ D'	2E ₁₄ R'
C	2E ₂ R'	2E ₃ R'	2E ₁ R'	FR	A	2E ₁ D'	2E ₂ D'	2E ₃ D'	2E ₄ D'	2E ₅ D'	2E ₆ D'	2E ₇ D'	2E ₈ D'	2E ₉ D'	2E ₁₀ D'	2E ₁₁ D'	2E ₁₂ R'
D	2E ₂ R'	2E ₃ R'	2E ₂ R'	2E ₁ R'	FR	A	2E ₁ D'	2E ₂ D'	2E ₃ D'	2E ₄ D'	2E ₅ D'	2E ₆ D'	2E ₇ D'	2E ₈ D'	2E ₉ D'	2E ₁₀ D'	2E ₁₁ R'
E	2E ₃ R'	2E ₂ R'	2E ₃ R'	2E ₄ R'	2E ₃ D'	2E ₂ D'	2E ₁ R'	FR	A	2E ₁ D'	2E ₂ D'	2E ₃ D'	2E ₄ D'	2E ₅ D'	2E ₆ D'	2E ₇ D'	D _{2E} R'
F	2E ₃ R'	2E ₂ R'	2E ₃ R'	2E ₄ R'	2E ₃ D'	2E ₂ D'	2E ₁ R'	FR	A	2E ₁ D'	2E ₂ D'	2E ₃ D'	2E ₄ D'	2E ₅ D'	2E ₆ D'	2E ₇ D'	D _{2E} D'
G	2E ₂ D'	D	2E ₃ R'	2E ₄ R'	2E ₅ R'	2E ₆ R'	2E ₇ R'	2E ₈ R'	2E ₉ R'	2E ₁₀ R'	2E ₁₁ R'	2E ₁₂ R'	2E ₁₃ R'	2E ₁₄ D'	2E ₁₅ D'	2E ₁₆ D'	2E ₁₇ D'
H	2E ₂ D'	2E ₃ D'	2E ₄ D'	D	2E ₅ R'	2E ₆ R'	2E ₇ R'	2E ₈ R'	2E ₉ R'	2E ₁₀ R'	2E ₁₁ R'	2E ₁₂ R'	2E ₁₃ R'	2E ₁₄ D'	2E ₁₅ D'	2E ₁₆ D'	2E ₁₇ D'
I	2E ₃ D'	2E ₂ D'	2E ₃ D'	2E ₄ D'	2E ₅ D'	D	2E ₆ R'	2E ₇ R'	2E ₈ R'	2E ₉ R'	2E ₁₀ R'	2E ₁₁ R'	2E ₁₂ R'	2E ₁₃ R'	2E ₁₄ D'	2E ₁₅ D'	2E ₁₆ D'
J	2E ₃ D'	2E ₂ D'	2E ₃ D'	2E ₄ D'	2E ₅ D'	2E ₆ D'	D	2E ₇ R'	2E ₈ R'	2E ₉ R'	2E ₁₀ R'	2E ₁₁ R'	2E ₁₂ R'	2E ₁₃ R'	2E ₁₄ D'	2E ₁₅ D'	2E ₁₆ D'
K	2E ₁ D'	2E ₂ D'	2E ₃ D'	2E ₄ D'	2E ₅ D'	2E ₆ D'	2E ₇ D'	2E ₈ D'	2E ₉ D'	D	2E ₁₀ R'	2E ₁₁ R'	2E ₁₂ R'	2E ₁₃ R'	2E ₁₄ R'	2E ₁₅ R'	FR

Fig. 1

Unit Train Type	40	60	120	160	200	240	280	320									
a	A	E ₁ D	E ₂ D	E ₃ D	E ₄ D	E ₅ D	E ₆ D	E ₇ D	E ₈ R	E ₉ R	E ₁₀ R	E ₁₁ R	E ₁₂ R	E ₁₃ R	FR		
b	E ₁ R	FR	A	E ₂ D	E ₃ D	E ₄ D	E ₅ D	E ₆ D	E ₇ D	E ₈ D	E ₉ D	E ₁₀ D	E ₁₁ D	E ₁₂ D	E ₁₃ D		
c	E ₃ R	E ₂ R	E ₄ R	FR	A	E ₁ D	E ₂ D	E ₃ D	E ₄ D	E ₅ D	E ₆ D	E ₇ D	E ₈ D	E ₉ D	E ₁₀ D	E ₁₁ R	
d	E ₃ R	E ₄ R	E ₂ R	E ₁ R	FR	A	E ₁ D	E ₂ D	E ₃ D	E ₄ D	E ₅ D	E ₆ D	E ₇ D	E ₈ D	E ₉ D	E ₁₀ D	E ₁₁ R
e	BD ₁ BD ₂	E ₅ R	E ₆ R	E ₄ R	E ₃ R	E ₂ R	E ₁ R	FR	A	E ₁ D	E ₂ D	E ₃ D	E ₄ D	E ₅ D	E ₆ D	E ₇ D	E ₈ R
f	E ₆ D	E ₅ D	BD ₁ BD ₂	E ₄ R	E ₃ R	E ₂ R	E ₁ R	FR	A	E ₁ D	E ₂ D	E ₃ D	E ₄ D	E ₅ D	E ₆ D	E ₇ D	E ₈ D
g	E ₅ D	E ₄ D	E ₃ D	E ₆ D	BD ₁ BD ₂	E ₄ R	E ₃ R	E ₂ R	E ₁ R	FR	A	E ₁ D	E ₂ D	E ₃ D	E ₄ D	E ₅ D	
h	E ₁ D	E ₂ D	E ₃ D	E ₄ D	E ₅ D	E ₆ D	BD ₁ BD ₂	E ₆ R	E ₅ R	E ₄ R	E ₃ R	E ₂ R	E ₁ R	FR	A		

Fig. 2

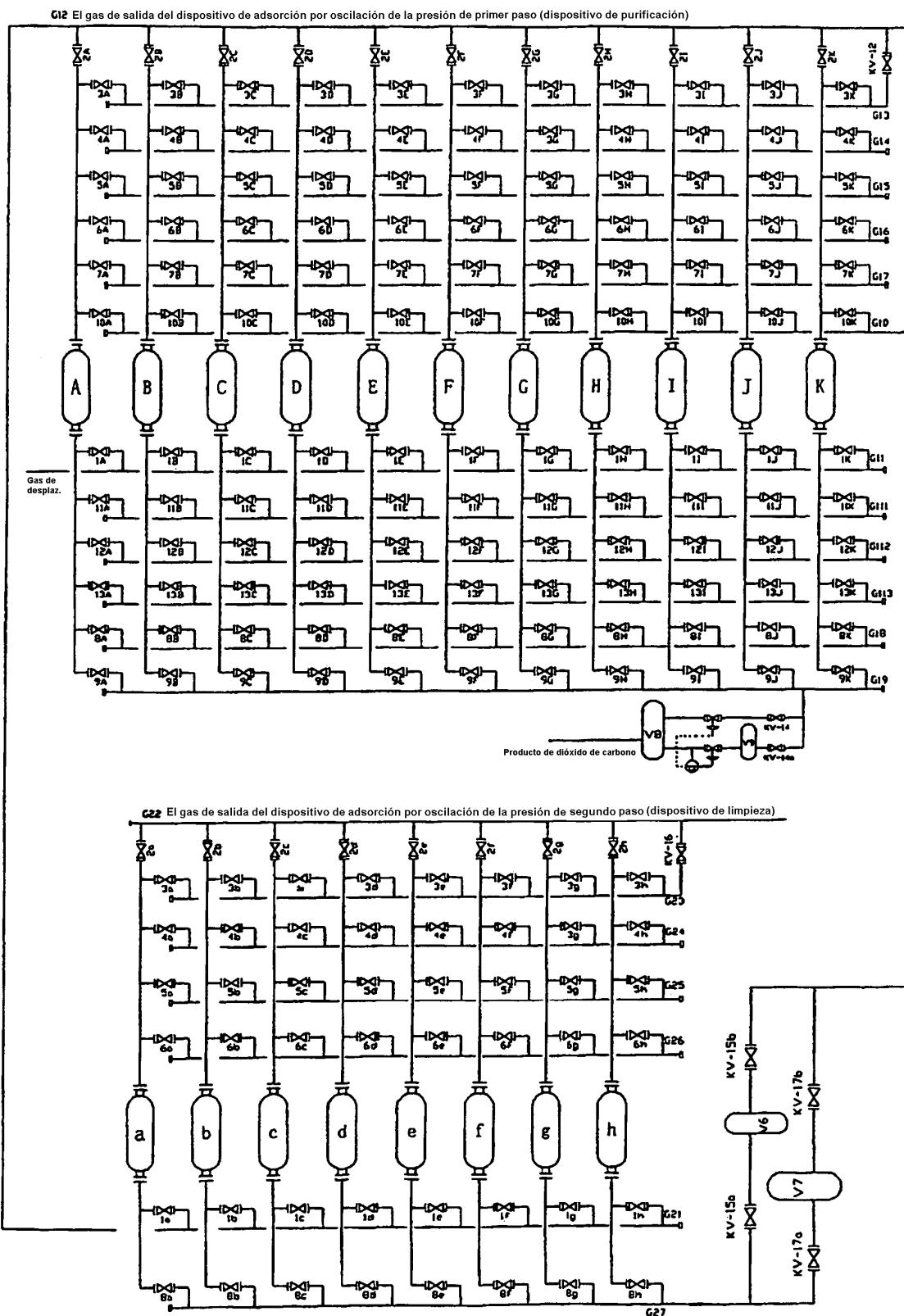


Fig. 3