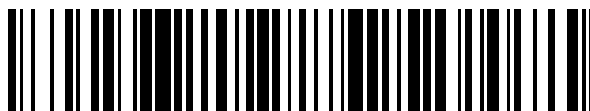


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 627 104**

51 Int. Cl.:

B01D 53/26 (2006.01)

E03B 3/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.06.2014** **E 14170800 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.03.2017** **EP 2808072**

54 Título: **Dispositivo de adsorción de agua y procedimiento de adsorción de agua de un gas**

30 Prioridad:

31.05.2013 SE 1350670

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

26.07.2017

73 Titular/es:

**AIRWATERGREEN AB (100.0%)
Uppsala Science Park
751 83 Uppsala, SE**

72 Inventor/es:

**DAHLBÄCK, PER;
EDSTRÖM, FREDRIK y
WAMSTAD, JONAS**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 627 104 T3

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

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de adsorción de agua y procedimiento de adsorción de agua de un gas

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un dispositivo para adsorber agua desde un gas y un procedimiento de adsorción de agua desde un gas.

Antecedentes

Existen muchas maneras de extraer el agua del aire, pero muchas de ellas no tienen la eficacia esperada y requieren mucha energía.

10 Los documentos US2005/0044862 A1, WO2011/062554 A1 y WO99/66136 desvelan dispositivos para extraer agua del aire.

Sumario de la invención

El objeto de la presente invención es proporcionar un dispositivo que supere los inconvenientes de la técnica anterior.

En un primer aspecto la presente invención se refiere a un dispositivo de adsorción de agua que comprende:

15 una carcasa que tiene una entrada que puede sellarse y una salida que puede sellarse;
un recipiente en el interior de la carcasa, en el que el recipiente tiene una entrada y una salida y en el que la entrada del recipiente se comunica con la entrada que puede sellarse de la carcasa y la salida del recipiente se comunica con la salida que puede sellarse de la carcasa;
20 un material adsorbente de agua confinado en el interior del recipiente;
mediante el que puede permitirse que un flujo de gas fluya desde la entrada que puede sellarse de la carcasa a través del recipiente en contacto con el material adsorbente de agua en el recipiente hasta la salida que puede sellarse de la carcasa;
un dispositivo calentador dispuesto en contacto térmico con el material adsorbente de agua o con el recipiente; y
25 en el que la carcasa tiene al menos una pared con una superficie interna y una superficie externa en la que la superficie interna está orientada al menos parcialmente hacia la entrada o hacia la salida del recipiente,

en el que el recipiente y la superficie interna de la pared tienen un valor de emisividad de no más de 0,5, y en el que la superficie externa de la pared tiene un valor de emisividad de al menos 0,6. En un segundo aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento para adsorber el agua desde un gas, que comprende:

30 a) proporcionar un dispositivo según el primer aspecto de la invención;
b) poner en contacto un flujo de gas con el material adsorbente de agua;
c) dejar que el material adsorbente de agua adsorba la humedad o el agua del gas;
d) sellar la carcasa;
e) calentar el material adsorbente de agua hasta que el espacio entre el recipiente y la superficie interna de la carcasa se sature de humedad;
35 f) continuar calentando el material adsorbente de agua;
g) recoger el agua condensada; y
h) quitar el sello de la carcasa.

Las realizaciones presentadas a continuación son aplicables a ambos aspectos de la presente invención.

Breve descripción de los dibujos

40 La figura 1 es una figura esquemática de una sección transversal del dispositivo según la presente invención.
La figura 2 desvela una figura esquemática de una sección transversal del dispositivo según la presente invención.
La figura 3 desvela una figura esquemática de una sección transversal del dispositivo según la presente invención que comprende un perturbador de convección.
45 La figura 4 son figuras esquemáticas de una sección transversal del recipiente con el material adsorbente de agua y el dispositivo calentador.

Descripción detallada de la invención

En la presente solicitud se utilizan indistintamente "material adsorbente de agua", "material de adsorción de agua" y "material higroscópico".

50 El dispositivo según la presente invención está diseñado para adsorber el agua de un gas, por ejemplo, del aire. El dispositivo puede estar integrado en otro dispositivo o puede ser un dispositivo independiente.

A continuación se hace referencia a la figura 1. El dispositivo **10** de adsorción de agua según la presente invención comprende una carcasa **20** con una entrada **22** que puede sellarse y una salida **24** que puede sellarse, y donde dicha entrada y salida pueden sellarse ambas utilizando cualquier medio adecuado para cerrar y sellar dicha entrada y salida. La carcasa comprende un recipiente **26** que tiene una entrada **28** y una salida **30** que están ambas comunicadas respectivamente con la entrada **22** que puede sellarse y la salida **24** que puede sellarse de la carcasa. El recipiente comprende un material **32** de adsorción de agua que puede ser cualquier material adecuado, por ejemplo, tamices moleculares, carbón activo, zeolita, gel de sílice, LiCl, CaCl, NaNO₃, madera, sulfatos o cualquier material adecuado conocido por los expertos en la materia o combinaciones de los mismos. Las entradas y salidas de la carcasa y del recipiente están dispuestas de modo que el gas **33** puede fluir desde la entrada **22** que puede sellarse de la carcasa a través de la entrada **28** del recipiente, de modo que el gas entra en contacto con el material **32** adsorbente de agua. El gas saldrá entonces del recipiente **26** a través de la salida **30** y a través de la salida **24** que puede sellarse de la carcasa **20**. Las flechas de puntos de la figura 1 representan el flujo de gas. Un dispositivo calentador **34** está dispuesto en contacto térmico con el material **32** adsorbente de agua y/o el recipiente **26**. Una pared **36** de la carcasa está dispuesta orientándose al menos parcialmente hacia la entrada y/o la salida del recipiente, formando un espacio **37** entre la pared **36** y el recipiente **26**. Por ejemplo, la pared puede estar dispuesta de manera opuesta a la salida **30** del recipiente en la dirección del flujo de gas y/u opuesta a la entrada **28** del recipiente. La pared tiene una superficie interna **38** y externa **40**, respectivamente. El recipiente puede tener forma de red, jaula o superficie perforada y puede estar hecho de, por ejemplo, un metal o aleación metálica, por ejemplo, aluminio.

El dispositivo calentador puede manipularse utilizando electricidad, celdas de combustible, energía solar o de cualquier otra forma adecuada, y el calor puede suministrarse mediante electricidad, microondas (por ejemplo, mediante el principio del horno microondas) o a través de energía solar.

El dispositivo calentador también puede conectarse a un mecanismo de control del sellado para optimizar el proceso por el que la entrada que puede sellarse y la salida que puede sellarse deban de abrirse y cerrarse y para cuando deba empezar el procedimiento de calentamiento del material de adsorción de agua. Adicionalmente, la carcasa está construida preferentemente de tal manera que el volumen de gas de dentro de una carcasa sellada permanezca sustancialmente constante durante el calentamiento del material adsorbente de agua. Esto puede lograrse asegurando o bloqueando el sellado tras cerrar o utilizar una válvula de retención como sello. El dispositivo puede comprender además una bomba o un ventilador para aumentar el flujo de gas que va hacia la carcasa y a través del recipiente con el material de adsorción de agua. Una bomba también puede reducir la presión de la carcasa cuando está sellada. La bomba puede ser un complemento del dispositivo calentador. Cuando la carcasa está sellada, la bomba reduce la presión en la carcasa sellada para cambiar el equilibrio de presión de vapor entre el gas de la carcasa y el material higroscópico/material adsorbente de agua. El agua se condensa entonces y/o se expulsa del material adsorbente de agua y puede recogerse fácilmente. La presión en la carcasa sellada puede reducirse utilizando una bomba o cualquier otro medio adecuado. Si el dispositivo también comprende un dispositivo calentador, la reducción de la presión podría llevarse a cabo antes, durante o después de calentar el material higroscópico.

La presente invención se basa en el hecho de que un material de adsorción de agua confinado en un recipiente adsorbe, y hasta cierto punto también adsorbe, el agua del gas circundante, preferentemente aire, y preferentemente hasta el punto de saturación. Así, tras haber permitido que el material de adsorción de agua adsorba el agua, la carcasa se sella utilizando una tapa o cualquier recubrimiento adecuado, y entonces se calienta el material de adsorción de agua. El sellado debería realizarse de tal manera que el volumen de gas del recipiente sellado no se expandiera durante el calentamiento. El proceso de expulsión del agua desde el material adsorbente de agua está motivado por la diferencia entre la presión del vapor del agua en el gas y el agua adsorbida en el material adsorbente de agua. La cantidad de agua expulsada desde el material de adsorción de agua hacia el entorno puede describirse así:

$$dm/dt = CA\Delta P = CA(P_1(T_1) - P_2(T_2))$$

donde C es una constante material, A es la superficie de contacto entre el gas y el material de adsorción de agua y P es la presión del vapor. Cuando el gas se ha saturado, es decir, hay un 100 % de humedad relativa, la presión del vapor del agua adsorbida en el material de adsorción de agua podría ser incluso mayor. La mayor presión de vapor y la saturación del gas hacen que el agua adsorbida se licue. La presente invención disminuye la cantidad de energía necesaria ya que, en lugar de evaporar el agua adsorbida, la presente invención solo requiere energía para romper la unión entre el agua y el material de adsorción de agua. Esto es resultado del hecho de que la evaporación requiere, tanto energía para romper la unión entre el agua adsorbida y el material de adsorción de agua, como energía para evaporar el agua.

A diferencia de la técnica anterior, la presente invención no depende por lo tanto de una circulación interna de aire o de sistemas de refrigeración para funcionar. El uso de un material conductor del calor o no aislante en la presente invención hace que no sea necesario utilizar un sistema de refrigeración.

Durante el calentamiento del material de adsorción de agua el agua adsorbida sobre o en el material, se evaporará.

5 Cuando el gas circundante se satura de humedad, el calentamiento adicional puede producir que cierta cantidad del agua adsorbida pase de adsorbida a agua líquida libre. Adicionalmente, disponiendo de paredes de material conductor de calor (o material no aislante) el agua evaporada puede condensarse en las paredes, cambiando el equilibrio, facilitando que se evapore más agua del material de adsorción de agua. Las paredes del recipiente y/o de la carcasa pueden estar hechas de, pero no limitándose a, metales o aleaciones metálicas. Las paredes de la carcasa están hechas preferentemente de un material que no es transparente.

10 A continuación, se hace referencia a las figuras 2 y 3. Durante el calentamiento del material adsorbente de agua cuando la entrada y la salida de la carcasa están selladas, puede producirse una transferencia de calor a través de convección **42** en el espacio **37** entre el recipiente y la carcasa debido a la diferencia de temperatura entre el recipiente y la superficie interna de la carcasa (véase la figura 2), el denominado efecto Nusselt. Para limitar dicha convección en el espacio **37**, que puede producir una transferencia de calor desde el recipiente hasta la carcasa, puede disponerse un perturbador **44** de convección entre el recipiente y la superficie interna de la carcasa o sobre al menos una de las superficies internas de la carcasa en cada lado del recipiente (véase la figura 3). El perturbador **44** de convección también puede tener un efecto aislante, un efecto termo, en torno al recipiente y al material de adsorción de agua. En la figura 3a hay dispuesto un perturbador **44** de convección en cada lado de y a lo largo del recipiente, formando un espacio **46**. El perturbador **44** de la figura 3a es una pared perforada que tiene preferentemente la longitud L y la altura H, de modo que el aire calentado en el espacio entre el perturbador **44** de convección y el recipiente permanece en el interior de dicho espacio. El perturbador **44** también puede tener forma de paredes o partes protuberantes desde al menos una de las superficies internas de la carcasa (véanse las figuras 15 20 3b y c). Las paredes o partes que sobresalen desde la(s) superficie/superficies interna(s) de la carcasa pueden extenderse desde la superficie interna, de modo que el flujo convectivo se obstaculiza o a menos se ve perturbado pero al mismo tiempo permite que el vapor entre en el espacio **37** y que el aire y el vapor puedan salir a través de la salida que puede sellarse de la carcasa **20**. El perturbador de convección puede estar hecho de cualquier material que presente un valor de emisividad bajo y un valor de conducción del calor bajo, por ejemplo, el perturbador **44** puede estar hecho de plástico, aluminio, hojas de aluminio, acero inoxidable o plata.

La carcasa puede estar aislada térmicamente del recipiente con el material adsorbente de agua y el dispositivo calentador, de modo que la carcasa no se calienta durante el calentamiento del material adsorbente de agua.

30 Los presentes inventores han hallado que las características de emisión de calor del material del recipiente o de la superficie del recipiente **26**, de la superficie interna **38** de la carcasa y de la superficie externa **40** de la carcasa son importantes para hacer que el sistema sea eficaz. La energía o el calor proporcionado al material de adsorción de agua debería preferentemente no irradiarse hacia el espacio **37** entre el recipiente y la pared de la carcasa, sin embargo, cualquier calor o energía absorbido por la pared de la carcasa debería irradiarse hacia fuera de la superficie externa de la carcasa. De esta manera, los valores de emisividad (en el espectro IR) del recipiente o de la superficie del recipiente y de la superficie interna **38** y la superficie externa **40** de la carcasa son importantes. El 35 recipiente, el perturbador de convección y la superficie interna de la carcasa deberían preferentemente tener un valor de conducción del calor bajo.

La pérdida de radiación hacia un entorno más fresco cuando un cuerpo negro está irradiando energía es, según la ley Stefan Boltzmann:

$$P = \epsilon \sigma A (T^4 - T_C^4)$$

40 donde ϵ es el valor de emisividad del cuerpo negro, la constante de Stefan, A el área radiante, T la temperatura del radiador y T_C la temperatura del entorno.

En una realización, el valor de emisividad del recipiente o de la superficie del recipiente no es más de 0,5, por ejemplo, 0,45 o menos, o 0,30 o menos, o 0,20 o menos, o 0,10 o menos, o 0,05 o menos. Los ejemplos de intervalos pueden ser 0,5-0,01, o 0,30-0,01, o 0,30-0,05, o 0,20-0,01, o 0,20-0,05 o 0,10-0,05.

45 En una realización la superficie interna no es más de 0,5, por ejemplo, 0,45 o menos, o 0,30 o menos, o 0,20 o menos, o 0,10 o menos, o 0,05 o menos. Los ejemplos de intervalos pueden ser 0,5-0,01, o 0,30-0,01, o 0,30-0,05, o 0,20-0,01, o 0,20-0,05 o 0,10-0,05.

50 El valor de emisividad del recipiente o de la superficie del recipiente y de la superficie interna es 0,5 o menos, por ejemplo 0,45 o menos, o 0,30 o menos, o 0,20 o menos, o 0,10 o menos, o 0,05 o menos. Los ejemplos de intervalos pueden ser 0,5-0,01, o 0,30-0,01, o 0,30-0,05, o 0,20-0,01, o 0,20-0,05 o 0,10-0,05.

En una realización, el recipiente y/o la superficie interna de la carcasa están hechos de acero, acero inoxidable, aluminio, hojas de aluminio o plata. En una realización, el recipiente y/o la superficie interna de la carcasa están pulidos, es decir, pulidos de modo que la radiación en el espectro IR desciende.

55 El valor de emisividad de la superficie externa es al menos 0,6, por ejemplo 0,65 o más, o 0,70 o más, o 0,80 o más, o 0,90 o más. Los ejemplos de intervalos pueden ser 0,60-0,90 o 0,70-0,90.

En una realización, la superficie externa puede estar pintada, anodizada o revestida para obtener un valor de emisividad de al menos 0,70. Pintando la superficie externa preferentemente con una pintura mate, por ejemplo negro o negro mate, el valor de emisividad puede ser 0,80 o más o 0,90 o más.

5 En una realización, el recipiente o la superficie del recipiente y la superficie interna tienen un valor de emisividad de 0,20 o menos, y la superficie externa tiene un valor de emisividad de 0,80 o más.

En una realización, la carcasa de la presente invención está sustancialmente hecha de un material que no es transparente, tal como un metal o una aleación de metal, por ejemplo, aluminio. El aluminio puede estar tratado además para mejorar el valor de emisividad.

10 A continuación, se hace referencia a la figura 4. En una realización, el dispositivo calentador **34** comprende dos o más elementos calentadores **35** dispuestos en contacto directo con el material **32** de adsorción de agua. Los dos o más elementos calentadores **35** pueden estar dispuestos de cualquier forma adecuada en el material higroscópico o adsorbente de agua. El dispositivo calentador puede tener forma de Y o tenedor (véase la figura 4a) o una superficie rectangular sustancialmente plana (véase la figura 4b), o puede comprender varios elementos calentadores (véase la figura 4c). Disponiendo de varios elementos calentadores o de una gran superficie del elemento calentador, el calentamiento será mucho más eficaz y se distribuirá de manera más uniforme. En la figura 4d se disponen
15 pequeñas partículas **42** de metal o conductoras del calor para mantener el calor y/o conducirlo.

Una ventaja de la presente invención es que la presente invención no necesita una superficie sobre la que se condense el agua evaporada, sino que el agua puede condensarse espontáneamente en el gas/aire y el agua adsorbida en el material adsorbente de agua puede expulsarse sin evaporarla primero. La expulsión de agua sin evaporarla primero ahorra energía puesto que no se necesita la energía requerida para evaporarla. Sin estar restringido por la teoría, se cree que si el material adsorbente de agua se calienta muy rápido, por ejemplo, utilizando una alta potencia, se obtiene un valor energético no lineal. Por ejemplo, el calentamiento puede realizarse utilizando una potencia de al menos 200 W/kg, o 300 W/kg o más, o 350 W/kg o más, o 400 W/kg o más, o 450 W/kg o más, o 500 W/kg o más. Por ejemplo, aumentando la potencia desde 250 W/kg hasta 500 W/kg, el consumo de
20 energía descendió en torno al 40 %.

25 La presente invención está destinada a extraer agua del gas, preferentemente aire, ya sea para producir agua o eliminar el agua del gas. Esto último podría utilizarse por ejemplo, pero no limitándose a, la deshumidificación de ambientes cubiertos o en dispositivos de aire acondicionado.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de adsorción de agua que comprende:

una carcasa que tiene una entrada que puede sellarse y una salida que puede sellarse;
un recipiente en el interior de la carcasa, en el que el recipiente tiene una entrada y una salida y en el que la
5 entrada del recipiente se comunica con la entrada que puede sellarse de la carcasa y la salida del recipiente se
comunica con la salida que puede sellarse de la carcasa;
un material adsorbente de agua confinado en el interior del recipiente;
mediante lo cual un flujo de gas puede fluir desde la entrada que puede sellarse de la carcasa a través del
10 recipiente en contacto con el material adsorbente de agua en el recipiente hasta la salida que puede sellarse de
la carcasa;
un dispositivo calentador dispuesto en contacto térmico con el material adsorbente de agua o con el recipiente; y
en el que la carcasa tiene al menos una pared con una superficie interna y una superficie externa en la que la
superficie interna está orientada al menos parcialmente hacia la entrada o hacia la salida del recipiente,

en el que el recipiente y la superficie interna de la carcasa tienen un valor de emisividad en el espectro IR de no más
15 de 0,5, y
en el que la superficie externa de la carcasa tiene un valor de emisividad en el espectro de IR de al menos 0,6.

2. El dispositivo según la reivindicación 1 en el que la superficie externa de la carcasa está pintada, anodizada o
revestida, para dar lugar a un valor de emisividad en el espectro IR de al menos 0,7.

3. El dispositivo según la reivindicación 2 en el que la superficie externa está pintada de negro para dar lugar a un
20 valor de emisividad en el espectro IR de al menos 0,8.

4. El dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 en el que el recipiente tiene un valor de
emisividad en el espectro IR de no más de 0,3, preferentemente, de no más del 0,1.

5. El dispositivo según la reivindicación 4 en el que el recipiente tiene un valor de emisividad en el espectro IR en el
intervalo de 0,1-0,05.

6. El dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2 en el que la superficie interna tiene un valor de
emisividad en el espectro IR de no más de 0,3, preferentemente de no más del 0,1.

7. El dispositivo según la reivindicación 6 en el que la superficie interna tiene un valor de emisividad en el espectro
IR en el intervalo de 0,1-0,05.

8. El dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que la carcasa está sustancialmente
30 fabricada de un material que no es transparente, tal como un metal, por ejemplo aluminio.

9. El dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que el dispositivo calentador
comprende dos o más elementos calentadores dispuestos en contacto directo con el material de adsorción de agua.

10. El dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que un perturbador de convección
35 está dispuesto en la carcasa entre el recipiente y la superficie interna de la carcasa o en al menos una de las
superficies internas de la carcasa en cada lado del recipiente.

11. Un procedimiento para adsorber agua de un gas que comprende:

- a) proporcionar un dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10;
- b) poner en contacto un flujo de gas con el material adsorbente de agua;
- c) dejar que el material adsorbente de agua adsorba la humedad o el agua del gas;
- 40 d) sellar la carcasa;
- e) calentar el material adsorbente de agua hasta que el espacio entre el recipiente y la superficie interna de la
carcasa se sature de humedad;
- f) continuar calentando el material adsorbente de agua;
- g) recoger el agua condensada; y
- 45 h) quitar el sello de la carcasa.

12. El procedimiento según la reivindicación 11 en el que el calentamiento se realiza utilizando una potencia de al
menos 300 W/kg, o 350 W/kg o más, o 400 W/kg o más, o 450 W/kg o más, o 500 W/kg o más.

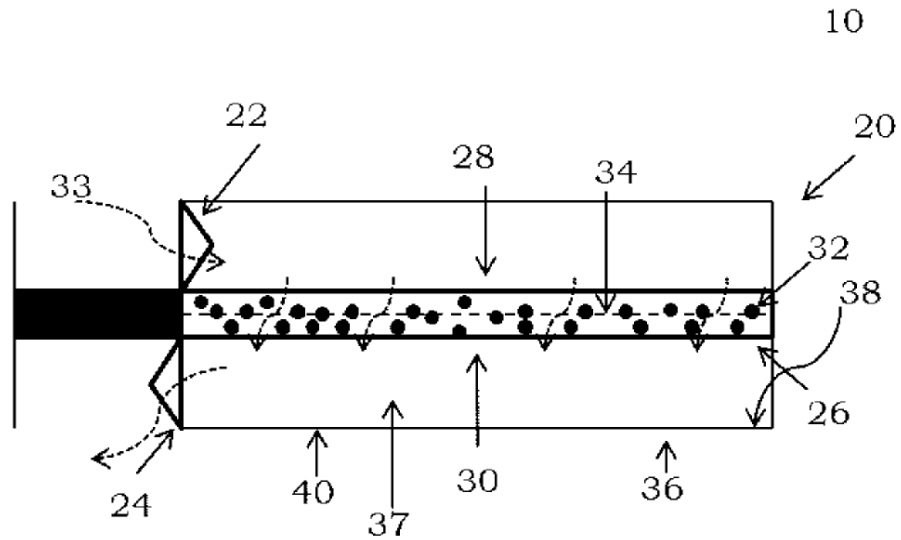


Figura 1

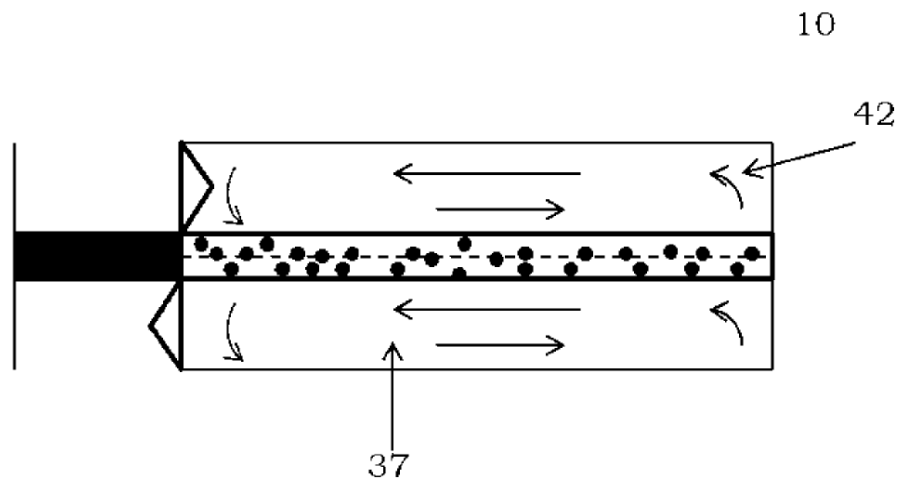


Figura 2

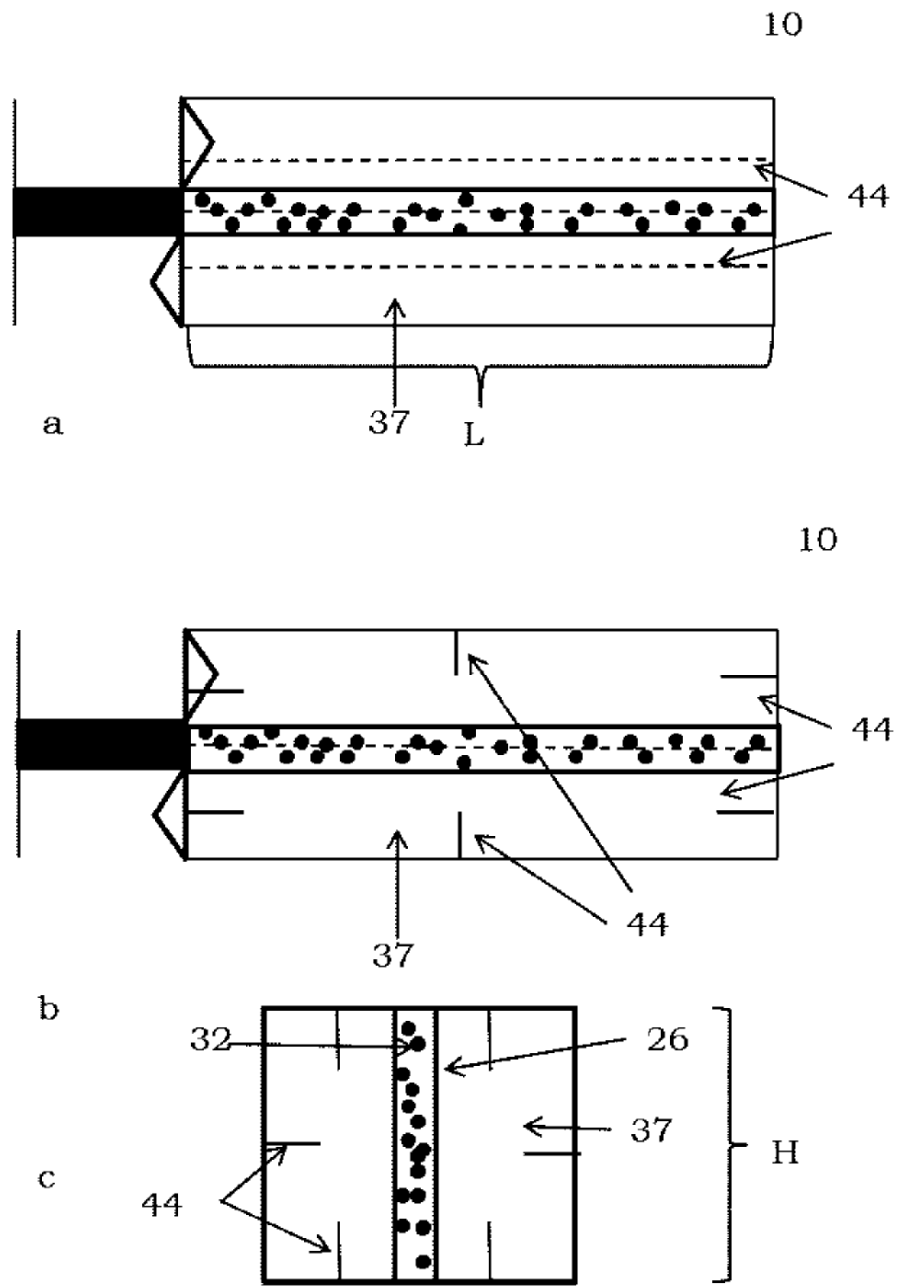


Figura 3

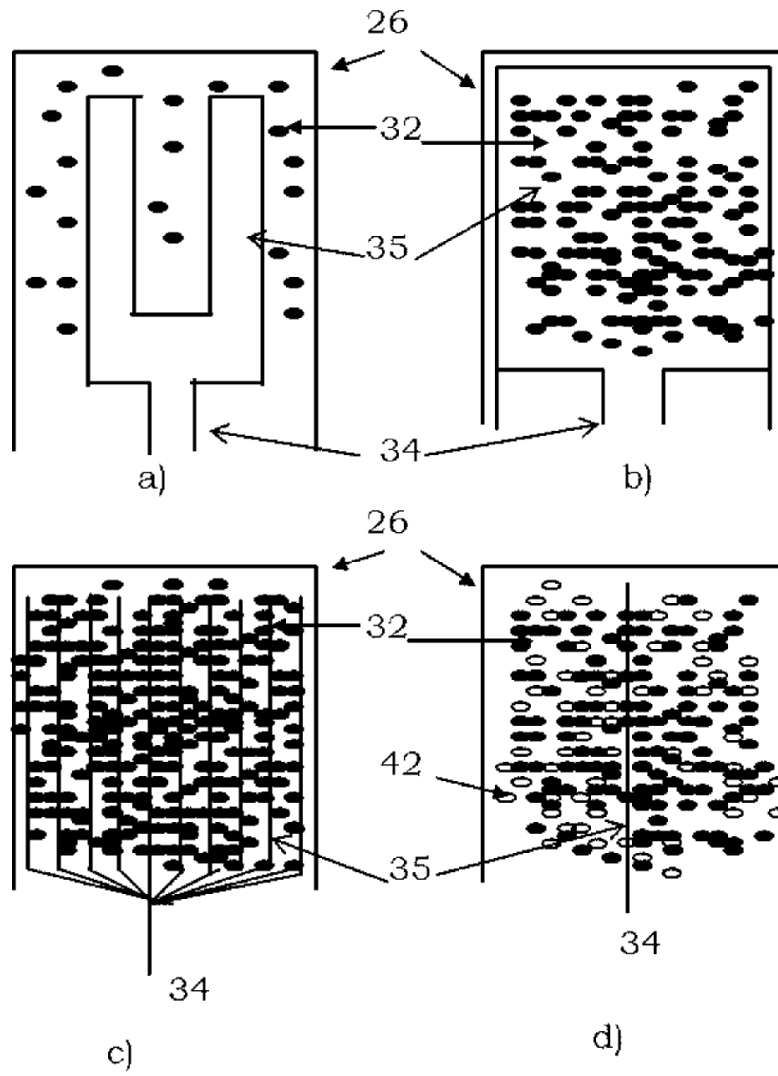


Figura 4