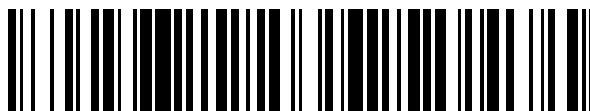


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 752 674**

51 Int. Cl.:

C01B 3/38 (2006.01)

F23C 5/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.10.2015** **E 15400043 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2019** **EP 3153464**

54 Título: **Reformador de vapor para la producción de gas de síntesis**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.04.2020

73 Titular/es:

**L'AIR LIQUIDE SOCIÉTÉ ANONYME POUR
L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS
GEORGES CLAUDE (100.0%)
75 quai d'Orsay
75007 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**COSCIA, ANTONIO y
HASSLER, NATHANAEL**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 752 674 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

Reformador de vapor para la producción de gas de síntesis

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un reformador de vapor para la conversión de gas rico en hidrocarburos con vapor en un gas de síntesis rico en monóxido de carbono e hidrógeno.

La presente invención se refiere además a un procedimiento para la producción de un gas de síntesis rico en hidrógeno y monóxido de carbono mediante reformado de vapor de un gas rico en hidrocarburos.

Estado de la técnica

10 Se conocen reformadores de vapor para convertir hidrocarburos gaseosos con vapor en un gas de síntesis que consiste principalmente en monóxido de carbono (CO) e hidrógeno (H₂). El procedimiento de reformado con vapor se describe básicamente, por ejemplo, en Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 6° Ed., Vol. 15, Kapitel "Gas Production", Kap. 2.2. Los diversos tipos de reactores tubulares que han demostrado su eficacia para este procedimiento se describen básicamente en el capítulo 2.2.3 del mismo volumen. En este capítulo, se muestran los reactores de tubo en los que los quemadores se instalan en el techo o en el fondo o en las paredes laterales de la carcasa del reformador. La presente invención se refiere a reformadores en los que los quemadores se instalan en el techo o en el fondo de la carcasa. Dentro de esta categoría, la variante con los quemadores instalados en el techo, como se muestra en la figura 6 de este capítulo de Ullmann, se ha implementado hasta ahora en gran medida. En esta variante, todas las líneas de suministro, es decir, las líneas para el suministro del quemador con gas combustible y las líneas de gas reactivo para los tubos del reformador en el techo y todas las derivaciones, como la línea para la extracción de los gases de escape del quemador y el gas de producto de los tubos del reformador están dispuestas en el fondo de la carcasa del reformador. Es particularmente ventajoso eliminar los gases del producto en el fondo de la carcasa, ya que su temperatura está en el intervalo de 900°C y después de dejar el reformador estos pasan a través de una caldera de calor residual para la recuperación de calor. Debido a que una caldera de calor residual es tan pesada que solo puede considerarse su configuración a nivel del suelo, una salida de los gases de producto en el fondo de la carcasa del reformador conduce a través de un trayecto de línea corto a la caldera de calor residual y, por lo tanto, también a bajas pérdidas de calor en la línea.

Por otro lado, la reubicación de las líneas de gas reactivo y las líneas de gas combustible en el techo de la carcasa del reformador es desfavorable por varias razones. Estas líneas afectan la accesibilidad de los tubos del reformador, que solo pueden ser reemplazados por el techo. Además, para el mantenimiento de los quemadores y para verificar las líneas, el techo debe ser accesible y seguro para que camine el personal.

Particularmente desfavorable es la disposición de las líneas de gas reactivo en el techo de la carcasa del reformador mediante tubos del reformador con intercambio de calor integrado entre los gases reactivos y los gases de producto. Tales tubos del reformador se describen, por ejemplo, en el documento DE 102011118217 A1. Dado que en estos tubos del reformador la salida de gas de producto está dispuesta en el mismo lado que la entrada de gas reactivo, en consecuencia, las líneas de gas de producto tendrían que estar dispuestas en el techo de la carcasa del reformador, por lo que el suministro de gases de producto a la caldera de calor residual y la disposición de la caldera de calor residual es difícil.

Se conocen disposiciones adicionales a partir del documento EP 1 193 219 A1 y de FARHADI F. et al., Radiative models for the furnace side of a bottom-fired reformer, Applied Thermal Engineering, 25 (2005) 2398-2411.

40 Descripción de la presente invención

El objeto de la presente invención es, por lo tanto, proporcionar un reformador de vapor en el que se eviten las desventajas de la técnica anterior. El objeto se logra mediante un reformador de vapor de acuerdo con las características de la reivindicación independiente 1 y, en una realización alternativa de la presente invención, de la reivindicación independiente 2.

45 Reformador de vapor de acuerdo con la presente invención:

Reformador de vapor que comprende:

- una cámara de combustión, con un piso, un techo y paredes laterales que cierran la cámara de combustión,
- tubos de catalizador dispuestos en una pluralidad de filas con recirculación integrada del gas de producto, que perforan el fondo de la cámara de combustión, en el que los tubos de catalizador están dispuestos de manera tal que las conexiones de los tubos para la línea de gas reactivo y la línea de gas de producto se encuentran en el extremo de los tubos de catalizador que sobresalen hacia abajo desde la cámara de combustión,
- las líneas de suministro que se extienden debajo del fondo de la cámara de combustión para el gas reactivo y los colectores para el gas de producto,

- un quemador instalado en el fondo de la cámara de combustión para calentar los tubos catalizadores, dirigido verticalmente hacia arriba en dirección a la cámara de combustión,

- las líneas de suministro que se extienden debajo del fondo de la cámara de combustión respectivamente para el suministro de aire y el gas combustible a los quemadores,

5 - aberturas en el techo de la cámara de combustión para la descarga del gas de escape del quemador,

- canales que se extienden por encima del techo de la cámara de combustión para la descarga del gas de escape del quemador.

Reformador de vapor de acuerdo con la presente invención en una realización alternativa:

Reformador de vapor que comprende:

10 - una cámara de combustión, con un piso, un techo y paredes laterales que cierran la cámara de combustión,

- tubos de catalizador dispuestos en una pluralidad de filas, que perforan el fondo y el techo de la cámara de combustión, en el que los tubos de catalizador están dispuestos de tal manera que las conexiones de tubo para las líneas de gas reactivo se encuentran en el extremo de los tubos de catalizador que sobresalen hacia abajo desde la cámara de combustión, y las conexiones de tubería para las líneas de gas de producto están ubicadas en el extremo de los tubos de catalizador que sobresalen hacia arriba de la cámara de combustión,

15 - las líneas de suministro para el gas reactivo que se extienden debajo del fondo de la cámara de combustión,

- colectores para el gas producto que se extienden por encima del techo de la cámara de combustión,

- un quemador instalado en el fondo de la cámara de combustión para calentar los tubos catalizadores, dirigido verticalmente hacia arriba en dirección a la cámara de combustión,

20 - las líneas de suministro que se extienden debajo del fondo de la cámara de combustión respectivamente para el suministro de aire y el gas combustible a los quemadores,

- aberturas en el techo de la cámara de combustión para la descarga del gas de escape del quemador,

- canales que se extienden por encima del techo de la cámara de combustión para la descarga del gas de escape del quemador.

25 En un reformador de acuerdo con la reivindicación 1, una de las características es que los tubos de catalizador se usan con recirculación integrada del gas de producto, como se describe en el documento DE 102011118217 A1. En esta técnica, los accesos para los gases reactivos y los gases de producto están en el mismo extremo del tubo de catalizador. Como resultado, los colectores para estos gases pueden colocarse completamente debajo del fondo de la carcasa del reformador.

30 Por el contrario, en un reformador de acuerdo con la segunda reivindicación independiente 2, una de las características es que los tubos de catalizador se usan sin recirculación integrada del gas de producto. Los tubos de catalizador sobresalen del fondo y el techo de la carcasa del reformador, los gases reactivos se introducen en los tubos de catalizador en el fondo, y los gases de producto se recogen y eliminan de los tubos de catalizador sobre el techo de la carcasa.

35 Una ventaja de los reformadores de acuerdo con la presente invención es que el escape de los gases de escape del quemador tiene lugar en la parte superior del techo del reformador, es decir, en la dirección de la convección de los gases de escape. De esta manera, se puede ahorrar el rendimiento del compresor o el rendimiento del ventilador, ya que los gases de escape del quemador se pueden aspirar más fácilmente.

40 Además, es posible lograr un diseño muy simétrico y compacto de la cámara de combustión gracias a la disposición inventiva de las líneas y descargas para gas reactivo, gas de producto, aire de combustión y gases combustibles en o debajo del fondo del reformador, por lo que se pueden reducir las pérdidas de calor y el consumo de combustible.

También es favorable en comparación con los reformadores convencionales una mejor accesibilidad de los tubos del reformador en el techo, para que en caso de servicio puedan desmontarse y reemplazarse más fácilmente hacia arriba. Lo mismo se aplica a un cambio opcionalmente requerido del catalizador en los tubos, en el que el catalizador desactivado se elimina convenientemente desde arriba, por ejemplo, por succión, y el nuevo catalizador también se puede introducir desde arriba vertiéndolo en los tubos reformadores.

45

Mediante la conexión muy corta de acuerdo con la presente invención de las líneas de productos a dispositivos posteriores, como por ejemplo la caldera de calor residual, además de la reducción de las pérdidas de calor también se reduce el riesgo de corrosión por polvo de metal.

La disposición de acuerdo con la presente invención del quemador en el fondo de la cámara de combustión asegura su fácil accesibilidad en caso de servicio. Además, la placa inferior recibe la carga del sistema de suministro de aire de gas combustible del quemador, de modo que el techo del reformador se libera en consecuencia.

5 El acceso a los componentes dispuestos en o debajo del fondo de la cámara de combustión se garantiza mediante la disposición de un nivel intermedio transitable entre el fondo de la cámara de combustión y el piso inferior.

La presente invención incluye además un procedimiento para la conversión catalítica de gas que contiene hidrocarburos con vapor en un gas de síntesis que comprende hidrógeno y óxidos de carbono, que comprende las siguientes etapas del procedimiento:

- a) proporcionar un gas y vapor que contiene hidrocarburos,
- 10 b) generar un gas reactivo mediante mezcla el gas y el vapor,
- c) convertir el gas reactivo en un gas de síntesis que comprende hidrógeno y óxidos de carbono al reaccionar en un reformador de vapor de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 5 en las condiciones de reformado,
- d) descargar el gas de síntesis para un tratamiento adicional fuera del procedimiento.

15 Se entiende que las condiciones del reformado significan las condiciones de funcionamiento de la instalación del reformador, familiares para el experto en la materia, que aseguran un grado de conversión técnica y económicamente significativo de los materiales de partida en componentes del gas de síntesis.

Realizaciones preferentes de la presente invención

20 Una realización preferente de la presente invención consiste en que el reciclado integrado del gas producto en los tubos del catalizador tiene lugar por medio de un intercambiador de calor integrado en cada uno de los tubos, a través del cual tiene lugar un intercambio de calor entre el gas reactivo y el gas producto que fluye en el tubo de catalizador. Esta técnica también se describe en el documento DE 102011118217 A1. De esta manera, el calor se transfiere del gas de producto caliente al gas reactivo, por lo que se ahorra energía de calentamiento y, por lo tanto, se acelera el calentamiento y la reacción de los gases reactivos.

25 Una realización preferente adicional de la presente invención es que los tubos de catalizador están equipados en su extremo superior con aberturas que se pueden cerrar para intercambiar el catalizador. A través de estas aberturas el catalizador agotado, se retira de los tubos, por ejemplo, por succión, y se llena el nuevo catalizador.

30 Una realización preferente adicional de la presente invención es que el techo de la cámara de combustión tiene aberturas a través de las cuales los tubos de catalizador desmontados pueden retirarse desde la parte superior de la cámara de combustión en la parte superior. Dado que, de acuerdo con la presente invención, los quemadores se instalan en el fondo del reformador, se gana espacio en el techo del reformador, lo que facilita la sustitución de los tubos de catalizador a través del techo.

Realizaciones ejemplares

35 Otras características, ventajas y aplicaciones de la presente invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción de realizaciones ejemplares y las figuras. Todas las características descritas y/o ilustradas solas o en cualquier combinación forman el tema de la presente invención, independientemente de su combinación en las reivindicaciones o su dependencia.

Con referencia al gráfico de la Figura 1, se explicará una de las posibles realizaciones de un reformador de vapor de acuerdo con la presente invención. Se muestra la única figura:

40 Fig. 1 es una vista en sección de un reformador de vapor ejemplar de acuerdo con una primera realización de la presente invención, visto desde el lado frontal,

Fig. 2 es una vista en sección de un reformador de vapor ejemplar de acuerdo con la segunda realización de la presente invención, visto desde el lado frontal.

45 El reformador de vapor 1 que se muestra en la Figura 1 corresponde a una realización de la presente de acuerdo con la reivindicación 1 y comprende la carcasa del reformador 2. El interior de la carcasa del reformador 2 a menudo se denomina cámara de combustión. En este ejemplo, el reformador 1 está equipado ilustrativamente con tres filas de tubos de catalizador 3. Los tubos 3 perforan el techo de la carcasa del reformador 2. Esto los hace fácilmente accesibles para mantenimiento. Los tubos están equipados con una recirculación interna del gas de producto, de modo que se produce tanto el suministro de gas reactivo como la descarga del gas producto desde el mismo lado del tubo en o debajo del fondo de la cámara de combustión. Los colectores para el gas reactivo 4 y para el gas de producto 5 se extienden bajo el fondo del reformador paralelos a las filas de tubos catalizadores. En el fondo del reformador están dispuestos los quemadores 6 en cuatro filas, a la izquierda, a la derecha, así como entre las filas de los tubos de catalizador. Los quemadores 6 están alineados de modo que sus llamas 7 se dirijan verticalmente

5 hacia arriba dentro de la carcasa del reformador 2. Los colectores para el gas combustible 8 y el aire de combustión (no mostrado) también se extienden por debajo del fondo de la carcasa del reformador 2, paralelos a las hileras de quemadores. El gas de escape del quemador 9 pasa a través de aberturas en el techo de la carcasa del reformador 2 hacia los conductos de escape 10 de gas. Cuatro conductos de escape 10 están dispuestos en la carcasa paralelos a las filas de tubos catalizadores.

El reformador de vapor 1 que se muestra en la figura 2 corresponde a una realización de la presente invención de acuerdo con la reivindicación 2. Aquí los colectores para el gas de producto 5 se encuentran por encima del techo de la carcasa del reformador 2.

Aplicabilidad industrial

10 La presente invención proporciona un reformador de vapor que es más fácil de operar y mantener y ofrece ventajas en términos de requisitos de energía y opciones de instalación. La presente invención proporciona así una ventaja económica sobre los reformadores conocidos de la técnica anterior y, por lo tanto, es ventajosamente aplicable industrialmente.

Lista de referencias

- 15 1 Reformador de vapor
- 2 Carcasa del reformador
- 3 Tubos catalizadores
- 4 Colector de gas reactivo
- 5 Colector de gas de producto
- 20 6 Quemador
- 7 Llama del quemador
- 8 Colector de gas combustible
- 9 Gas de escape del quemador
- 10 Conducto de escape

25

REIVINDICACIONES

1. Reformador de vapor (1) que comprende:

- una cámara de combustión, con un piso, un techo y paredes laterales que cierran la cámara de combustión,
- 5 - tubos de catalizador (3) dispuestos en una pluralidad de filas con recirculación integrada del gas de producto, que perforan el fondo de la cámara de combustión, en el que los tubos de catalizador (3) están dispuestos de manera tal que las conexiones de los tubos para la línea de gas reactivo (4) y la línea de gas de producto (5) se encuentran en el extremo de los tubos de catalizador (3) que sobresalen hacia abajo desde la cámara de combustión,
- las líneas de suministro que se extienden debajo del fondo de la cámara de combustión para el gas reactivo y los colectores para el gas de producto (5),
- 10 - un quemador (6) instalado en el fondo de la cámara de combustión para calentar los tubos de catalizador (3), dirigido verticalmente hacia arriba en dirección a la cámara de combustión,
- las líneas de suministro que se extienden debajo del fondo de la cámara de combustión respectivamente para el suministro de aire y el gas combustible a los quemadores (6),
- aberturas en el techo de la cámara de combustión para la descarga del gas de escape del quemador (9),
- 15 - canales (10) que se extienden por encima del techo de la cámara de combustión para la descarga del gas de escape del quemador (9).

2. Reformador de vapor (1) que comprende:

- una cámara de combustión, con un piso, un techo y paredes laterales que cierran la cámara de combustión,
- 20 - tubos de catalizador (3) dispuestos en una pluralidad de filas, que perforan el fondo y el techo de la cámara de combustión, en el que los tubos de catalizador (3) están dispuestos de tal manera que las conexiones de tubo para las líneas de gas reactivo (4) se encuentran en el extremo de los tubos de catalizador (3) que sobresalen hacia abajo desde la cámara de combustión, y las conexiones de tubería para las líneas de gas de producto (5) están ubicados en el extremo de los tubos de catalizador (3) que sobresalen hacia arriba de la cámara de combustión,
- las líneas de suministro para el gas reactivo (4) que se extienden debajo del fondo de la cámara de combustión,
- 25 - colectores para el gas de producto (5) que se extienden por encima del techo de la cámara de combustión,
- un quemador (6) instalado en el fondo de la cámara de combustión para calentar los tubos catalizadores (3), dirigido verticalmente hacia arriba en dirección a la cámara de combustión,
- las líneas de suministro que se extienden debajo del fondo de la cámara de combustión respectivamente para el suministro de aire y el gas combustible (8) a los quemadores (6),
- 30 - aberturas en el techo de la cámara de combustión para la descarga del gas de escape del quemador (9),
- canales (10) que se extienden por encima del techo de la cámara de combustión para la descarga del gas de escape del quemador (9).

35 **3.** Reformador de vapor (1) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la recirculación integrada del gas producto en los tubos del catalizador (3) se efectúa mediante un intercambiador de calor integrado en los tubos, a través del cual tiene lugar un intercambio de calor entre el gas reactivo que fluye en el tubo de catalizador (3) y el gas producto.

4. Reformador de vapor (1) de acuerdo con la reivindicación 1 o 3, **caracterizado por que** los tubos de catalizador (3) están equipados en su extremo superior con aberturas que se pueden cerrar para reemplazar el catalizador.

40 **5.** Reformador de vapor (1) de acuerdo con la reivindicación 1, 3 o 4, **caracterizado por que** el techo de la cámara de combustión tiene aberturas a través de las cuales los tubos de catalizador (3) desmontables pueden retirarse de la parte superior de la cámara de combustión.

6. Procedimiento para la conversión catalítica de gas hidrocarbonado con vapor en un gas de síntesis que contiene hidrógeno y óxidos de carbono, que comprende las siguientes etapas del procedimiento:

- e) proporcionar un gas y vapor que contiene hidrocarburos,
- 45 f) generar un gas reactivo mediante mezcla el gas y el vapor,

g) convertir el gas reactivo en un gas de síntesis que comprende hidrógeno y óxidos de carbono al reaccionar en un reformador de vapor de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 5 en las condiciones de reformado,

h) descargar el gas de síntesis para un tratamiento adicional fuera del procedimiento.

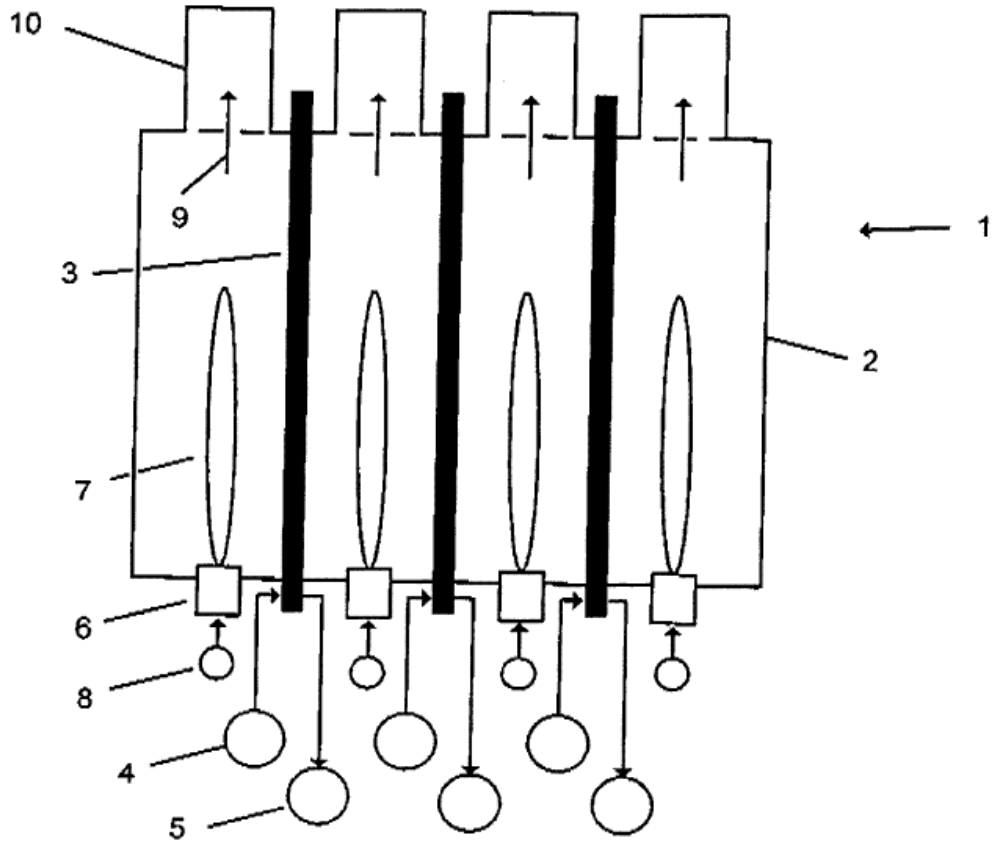


Fig. 1

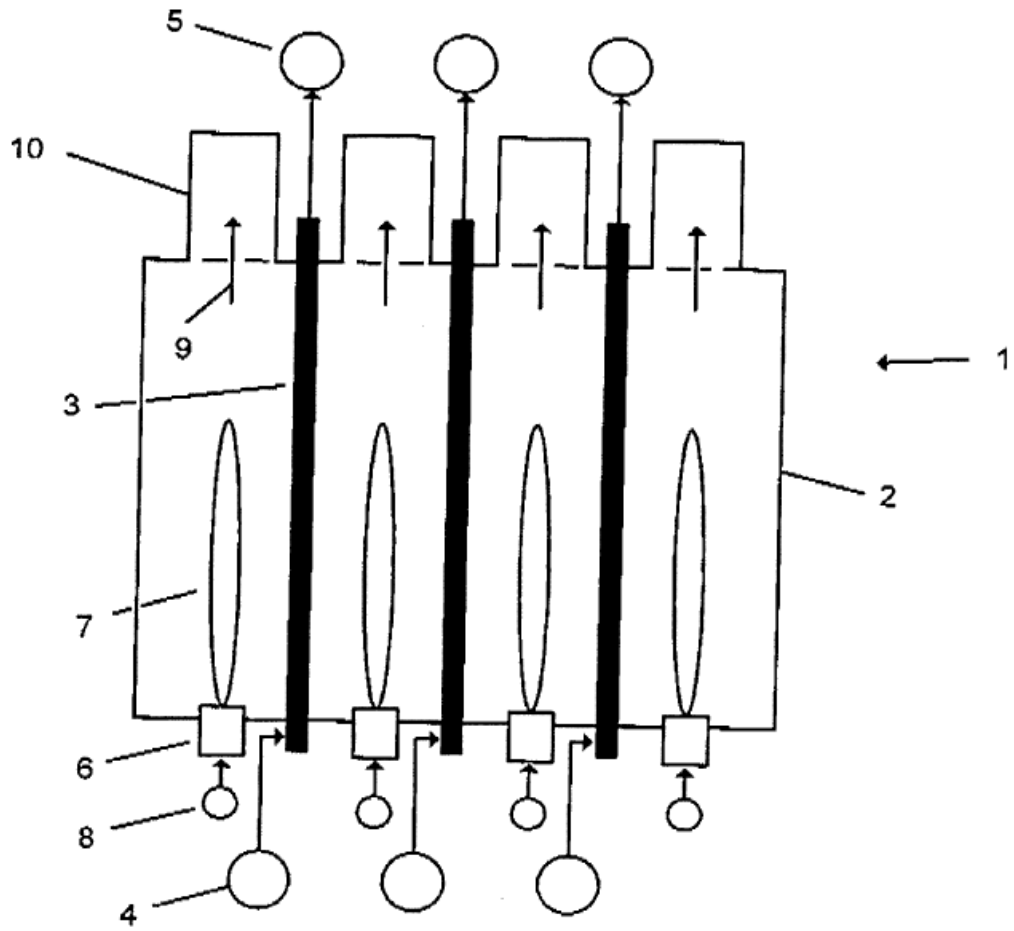


Fig. 2