

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 954 384**

51 Int. Cl.:

F25J 3/06 (2006.01)

B01D 53/00 (2006.01)

C10L 3/10 (2006.01)

F25J 1/02 (2006.01)

F25J 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.09.2019** **E 19199177 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.06.2023** **EP 3628951**

54 Título: **Separador instantáneo para el tratamiento de una mezcla fluida que contiene metano y dióxido de carbono licuados e instalación para producir biometano o gas natural licuados que comprende dicho separador instantáneo**

30 Prioridad:

26.09.2018 IT 201800008921

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

21.11.2023

73 Titular/es:

**HYSYTECH S.R.L. (100.0%)
Strada del Drosso 33/18
10135 Torino, IT**

72 Inventor/es:

**ANTONINI, MASSIMILIANO;
SOLARO, SIMONE;
SALDIVIA, ANDRES;
FARINA, CORRADO;
MARCHISIO, LUIGI y
IELPO, GAETANO**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 954 384 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

Separador instantáneo para el tratamiento de una mezcla fluida que contiene metano y dióxido de carbono licuados e instalación para producir biometano o gas natural licuados que comprende dicho separador instantáneo

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere al ámbito de los procesos y las instalaciones para poner a disposición biometano o gas natural licuado en estado líquido.

En particular, la invención se refiere a un separador instantáneo para el tratamiento de una mezcla fluida que contiene metano y dióxido de carbono licuados y a una instalación para la producción de biometano o gas natural licuados que comprende dicho separador instantáneo.

10 **Antecedentes de la técnica**

En décadas recientes, el metano, ya sea en forma de gas natural de origen fósil o, más recientemente, en forma de biogás procedente de procesos de digestión anaeróbica de residuos orgánicos o de vertederos, ha adquirido importancia estratégica como fuente de energía. Esto ha ido acompañado de un constante desarrollo de tecnologías relacionadas con el tratamiento del gas sin tratar para hacerlo apto para su uso como combustible para la producción de electricidad, para calefacción, para uso doméstico o para vehículos de motor, así como las tecnologías relacionadas con su distribución.

- 15 Habitualmente, para ser utilizado como combustible, el gas sin tratar debe pasar por procesos de purificación (el llamado *upgrading*) para aumentar la concentración de metano, que generalmente no debe ser inferior al 95-98 % en volumen, y eliminar en la medida de lo posible otras sustancias normalmente presentes en la mezcla, que reducen el poder calorífico del combustible o son contaminantes, en particular dióxido de carbono (CO₂), vapor de agua, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno y/o compuestos del mismo, azufre y/o compuestos del mismo.

Una vez purificado, el gas natural o biometano obtenido puede inyectarse directamente a la red o almacenarse y/o transportarse por lotes, en este caso normalmente en forma licuada para reducir su volumen.

- 25 La purificación y la licuefacción son procesos particularmente importantes en el caso en que la mezcla de gas sin tratar sea biogás proveniente de procesos de digestión anaeróbica o de vertederos. En efecto, por un lado, el biogás contiene porcentajes más bajos de metano (normalmente, el 60-70 % en volumen en el caso de digestión anaeróbica y el 25-65 % en volumen en el caso de gas procedente de vertederos) con respecto al gas natural sin tratar, por lo que en este caso los tratamientos de purificación son fundamentales para obtener un producto (biometano) con las mismas características que el gas natural purificado y por tanto intercambiable con este. Por otro lado, la producción de biogás suele realizarse de forma descentralizada y rara vez es posible utilizar biometano directamente *in situ* o inyectarlo directamente a la red, por lo que casi siempre es necesario licuarlo para poder almacenarlo y transportarlo a otro lugar.

En particular, en el campo de la producción de biometano, se conocen soluciones técnicas que integran las fases de purificación y licuefacción en un único proceso o instalación. Estas soluciones técnicas siguen esencialmente dos enfoques principales.

- 35 Un primer enfoque es operar a presiones relativamente bajas, normalmente por debajo de 5 bar, en particular, para reducir la solubilidad del CO₂ en la mezcla de gas sin tratar (biogás). Esto facilita la implementación de una fase inicial de purificación de la mezcla en la que se reduce considerablemente la concentración de CO₂, normalmente a valores inferiores a 50 ppm. De esta manera, se evita, o al menos se reduce en gran medida, el problema del paso del CO₂ a la fase sólida durante la licuefacción, con la consecuente formación de hielo en el dispositivo licuefactor. Sin embargo, la elección de presiones de funcionamiento bajas tiene un impacto negativo en el consumo de energía asociado a la licuefacción, porque las bajas presiones de funcionamiento también dan como resultado temperaturas de ebullición más bajas de los gases mezclados y, por lo tanto, la necesidad de más enfriamiento para licuarlos. Asimismo, una purificación extrema, como la necesaria para obtener los valores bajos de concentración de CO₂ antes mencionados, conduce inevitablemente también a mayores pérdidas de metano.

- 45 Un segundo enfoque es operar a presiones relativamente altas, normalmente superiores a 10 bar. Esto permite reducir el consumo energético asociado a la licuefacción, porque las temperaturas de ebullición de los gases mezclados son más cercanas a cero. Por otro lado, la mezcla de gases que se va a licuar, incluso después de una fase inicial de purificación, en este caso todavía contiene cantidades elevadas, normalmente superiores a 500 ppm, de CO₂, por lo que la formación de hielo tras la solidificación del CO₂ junto con la licuefacción ya no es despreciable. Con el fin de hacer frente a este problema, mediante un control adecuado de las condiciones de funcionamiento del licuefactor, normalmente se intenta evitar, o en todo caso limitar en gran medida, la formación de hielo directamente en el licuefactor y ubicarlo en un dispositivo separador previsto específicamente para ello aguas abajo del mismo, del cual se puede eliminar más fácilmente el hielo que se forma como resultado de una expansión controlada de la mezcla fluida que sale del licuefactor.

- 55 En el ámbito de este segundo enfoque, el documento WO 2016/126159 A2 describe un sistema y método para tratar

un fluido que contiene hidrocarburos. Por medio de tal sistema y método es posible, en particular, obtener gas natural licuado con un contenido en metano de al menos el 85 % en volumen, a una presión entre 1 y 10 bar y una temperatura entre -120 °C y -160 °C, a partir de un fluido gaseoso de entrada con un contenido en metano de al menos el 50 % en volumen, una presión entre 1 y 30 bar y una temperatura entre 0 °C y 50 °C.

5 El sistema descrito en este documento está destinado a funcionar a presiones entre 10 bar y 50 bar y comprende en orden sucesivo: un dispositivo de compresión para controlar la presión del fluido gaseoso de entrada, un dispositivo de pretratamiento, que comprende varios separadores de membrana dispuestos en serie para realizar una primera reducción del CO₂ y del agua presentes en el fluido gaseoso de entrada, un dispositivo de licuefacción para licuar el fluido gaseoso pretratado, un dispositivo decantador o separador trifásico, en el cual, mediante una reducción de presión con la consiguiente evaporación parcial, es decir, evaporación instantánea, el CO₂, el agua y sustancias más volátiles o no condensables todavía presentes en el fluido licuado se eliminan adicionalmente del fluido licuado, así como un depósito de almacenamiento para recoger el fluido licuado enriquecido en metano, extraído como fase líquida del dispositivo decantador.

10 En particular, el dispositivo decantador o separador trifásico comprende un depósito decantador y un reductor de presión colocado en una línea de entrada para el suministro del fluido licuado al depósito decantador. Las condiciones de presión y temperatura aguas abajo del reductor de presión son tales que en el depósito decantador se separan una fase líquida, enriquecida en metano, una fase gaseosa, correspondiente a la fracción más volátil o no condensable del fluido licuado, y una fase sólida, formado por cristales de hielo resultantes de la solidificación de CO₂ y agua. Estos cristales de hielo se acumulan por gravedad en la parte inferior del depósito decantador, de donde se extraen mediante una línea de descarga especial equipado con una válvula de descarga, p. ej. una válvula temporizada, y se envían a un dispositivo de fusión especial.

15 El solicitante encontró que el dispositivo decantador utilizado en el sistema descrito en el documento WO 2016/126159 A2 tiene algunos inconvenientes relacionados con la extracción de la fase sólida del depósito decantador.

20 En primer lugar, el paso de la fase sólida a través de conductos y válvulas es problemático debido a sus características abrasivas. Esto conduce a un mayor desgaste de tales componentes y, en consecuencia, a una vida útil relativamente corta o a la necesidad de elegir materiales especiales con alta resistencia a la abrasión, que son más caros.

25 En segundo lugar, la válvula en la línea de descarga de la fase sólida es un punto en el que se pueden situar más fácilmente fallas o bloqueos. Independientemente de esto, además, puede resultar particularmente difícil establecer un grado adecuado de apertura de la válvula, a través de la cual sea posible asegurar un flujo adecuado de CO₂ y cristales de hielo de agua sin pérdidas sustanciales de la fase líquida enriquecida en metano.

30 La extracción de la fase sólida del depósito decantador obliga además a prever un dispositivo adicional y especial para el procesamiento posterior, en particular, la fusión y/o evaporación, de la fase sólida extraída en el sistema.

Tanto el documento US 2013/340475 A1 como el documento US 2015/316333 A1 describen un separador instantáneo según el preámbulo de la reivindicación independiente 1.

35 **Compendio de la invención**

Es el propósito de la presente invención proporcionar un dispositivo separador para tratar una mezcla fluida que contiene metano y dióxido de carbono licuados que permita eliminar una fase sólida que comprende hielo de dióxido de carbono que se acumula en el dispositivo separador debido a las condiciones mantenidas en el mismo para separar una fase líquida enriquecida en metano, más fácilmente que lo que es posible en dispositivos separadores conocidos similares.

40 Otro objeto de la invención es poner a disposición una instalación en la que el separador instantáneo mencionado anteriormente se utilice en un proceso de producción de biometano o gas natural licuado.

Por lo tanto, en su primer aspecto, la presente invención se refiere a un separador instantáneo para el tratamiento de una mezcla fluida que contiene metano y dióxido de carbono licuados según la reivindicación independiente 1.

45 Ventajosamente, la estructura descrita anteriormente del depósito del separador instantáneo de la invención permite separar eficaz y fácilmente una fase líquida enriquecida en metano de la mezcla fluida que se va a tratar y, al mismo tiempo, eliminar fácilmente una fase sólida, que consiste esencialmente en cristales de hielo resultantes de la solidificación del dióxido de carbono y posiblemente agua presentes en la mezcla fluida, que se deposita en el interior del depósito procedente del separador.

50 En particular, gracias a un pared de partición provista de aberturas pasantes, que divide la cámara interior del depósito en dos regiones en comunicación de fluidos mutua, es posible localizar la formación y depósito de la fase sólida en una parte limitada del depósito —en este caso, la primera región, en la que se encuentra la entrada de la mezcla— y separar de ella la fase líquida enriquecida en metano permitiendo su paso a la zona restante del depósito —en este caso, la segunda región, en la que se encuentra la salida de la fase líquida— desde donde se puede descargar fácilmente.

A medida que la fase sólida se acumula en la primera región del depósito, asentándose hacia la parte inferior del

- 5 mismo, el paso de la fase líquida hacia la segunda región se ve obstaculizado gradualmente a través de las aberturas apropiadas previstas en la pared de partición y, por tanto, el nivel de líquido en la primera región, que se puede monitorizar fácilmente, aumenta. Cuando dicho nivel excede un umbral establecido, es posible interrumpir temporalmente el funcionamiento del separador instantáneo, dejando que la temperatura en su interior aumente hasta valores en los que, con las condiciones de presión mantenidas en el depósito, la fase sólida que contiene dióxido de carbono y, posiblemente, agua, se evapora y puede así salir del depósito por una o más salidas, en cualquier caso, presentes para la extracción de la fase gaseosa que se genera en el proceso separación instantánea.
- 10 En el separador instantáneo de la invención, la eliminación de la fase sólida del depósito se realiza, por lo tanto, ventajosamente de forma completamente pasiva, transformándola así en una fase gaseosa que puede salir del depósito a través de las mismas una o más salidas previstas para la extracción de la fase gaseosa. Esto evita todos los inconvenientes asociados con el paso de una fase sólida abrasiva por los conductos de escape y el control de las válvulas de escape presentes en estos conductos. Asimismo, no es necesario prever dispositivos adicionales para la recogida y tratamiento de la fase sólida extraída del separador.
- 15 Por lo tanto, el separador instantáneo de la invención combina de manera óptima eficiencia de separación, fiabilidad, robustez de funcionamiento y simplicidad estructural.
- 20 En una realización preferida del separador instantáneo de la invención, el depósito comprende al menos una segunda partición, que divide al menos parcialmente la segunda región en dos subregiones, en donde, cuando se observa el depósito en una posición operativa, una primera subregión es lateralmente adyacente a la primera región y una segunda subregión es lateralmente adyacente a la primera subregión, en donde la salida de fase líquida está situada en la segunda subregión. La primera subregión y la segunda subregión se encuentran en comunicación de fluidos entre sí por medio de un orificio de rebose definido entre la al menos una segunda partición y una pared del depósito.
- 25 Gracias a esta configuración, se crea un espacio adicional de almacenamiento temporal y sedimentación en el depósito para la fase líquida, correspondiente a la mencionada primera subregión, y el depósito es forzado a seguir un camino tortuoso, con variación de altura, para llegar a la salida de la fase líquida. Ventajosamente, esto aumenta el tiempo de permanencia de la mezcla fluida que se va a tratar en el depósito y contribuye a una mejor separación de la misma de las fracciones más volátiles o no condensables, por un lado, y de los cristales de hielo de dióxido de carbono y agua que se forman, por otro lado.
- 30 En general, el número de paredes de partición que se pueden utilizar en la cámara interior del depósito puede variar de una a varias, según el tamaño del depósito y/o los requerimientos de proceso.
- 35 Se obtiene una estructura particularmente sencilla si la segunda subregión es adyacente a la primera subregión en un lado de esta última opuesto a la primera región, es decir, si la primera región, la primera subregión de la segunda región y la segunda subregión de la segunda región se suceden en serie en la dirección del flujo de la fase líquida dentro del depósito.
- 40 Preferiblemente, la primera partición y la al menos una segunda partición tienen en la parte superior, cuando se observa el depósito en una posición operativa, respectivos bordes libres, y el borde libre de la primera partición está a una altura mayor que el borde libre de la al menos una segunda partición.
- 45 Gracias a esto, en condiciones de funcionamiento normales, la fase líquida no puede pasar directamente de la primera región a la segunda región, es decir, a la primera subregión de la segunda región, sino que solo llega a esta a través de las aberturas especiales en la primera partición, después de haber estado decantado durante algún tiempo en la primera región.
- 50 En particular, la primera pared de partición puede tener preferiblemente una extensión superficial, que comprende la extensión superficial de las aberturas, mayor o igual al 50 %, más preferiblemente entre el 60 % y el 95 %, de la extensión superficial de una sección interior del depósito en la posición de la propia primera pared de partición.
- 55 Al menos una segunda partición puede tener preferiblemente una extensión superficial inferior o igual al 90 %, más preferiblemente entre el 80 % y el 50 %, de la extensión superficial de una sección interior del depósito en la posición de al menos una propia segunda pared de partición.
- Se ha encontrado que se pueden lograr condiciones operativas óptimas cuando la primera región y, si está presente, la primera subregión de la segunda región ocupan un volumen relativamente pequeño con respecto al volumen total de la cámara interior del depósito. En particular, la primera región tiene preferiblemente un volumen que no excede el 30 % del volumen total de la cámara interior del depósito, preferiblemente un volumen entre el 15 % y el 25 % del volumen total de la cámara interior del depósito.
- La primera subregión tiene preferiblemente un volumen que no excede el 20 % del volumen total de la cámara interior del depósito, preferiblemente un volumen entre el 8 % y el 15 % del volumen total de la cámara interior del depósito.
- Según la invención, las aberturas en la primera pared de partición se sitúan únicamente en un área inferior de la misma, p. ej. en una quinta o sexta parte de abajo, observando el depósito en una de sus posiciones operativas.

De esta manera, el paso de la primera región a la segunda región se permite ventajosamente solo para el líquido que está más cerca de la parte inferior del depósito, con referencia a su posición operativa, donde la fase sólida ahora se ha depositado y ya no puede ser transportada por la fase líquida.

5 Preferiblemente, las aberturas en la primera pared de partición tienen generalmente forma alargada. Más preferiblemente, tales aberturas consisten en hendiduras longitudinalmente paralelas.

Se ha demostrado que tal forma de las aberturas es particularmente ventajosa para impedir el paso de cristales de hielo de dióxido de carbono y agua de tamaño importante hacia la segunda región, cuando comienzan a depositarse en la parte inferior del depósito en la primera región y, al mismo tiempo, para contrarrestar la oclusión de las aberturas por los propios cristales.

10 En una realización particularmente ventajosa desde el punto de vista estructural, el depósito es un depósito de cuerpo cilíndrico con una posición operativa horizontal.

15 En este caso, la primera partición y, si está presente, la al menos una segunda partición consiste preferiblemente en planchas en forma de segmento circular y que tienen un diámetro igual al diámetro interior del cuerpo cilíndrico del depósito, dispuestas en el cuerpo cilíndrico en perpendicular a un eje longitudinal del mismo. Convenientemente, el depósito también comprende al menos una salida de fase gaseosa para la extracción de una fracción gaseosa separada de la cámara interior.

20 El depósito comprende una cubierta interior que delimita la cámara interior y una cubierta exterior que encierra la cubierta interior y define una cavidad térmicamente aislada entre ellas. Una estructura de doble cubierta de este tipo con una cavidad aislada térmicamente garantiza que se puedan mantener en el depósito las bajas temperaturas necesarias para el tratamiento de mezclas fluidas que contienen gases licuados.

En una realización preferida, en este caso, el depósito comprende además un conducto de enfriamiento que se extiende en la cavidad, preferiblemente enrollado en espiral sobre la cubierta interior y que tiene un extremo conectado a una salida de fase gaseosa del depósito. Esto permite ventajosamente el uso de la fase gaseosa relativamente fría, descargada del depósito, para enfriar la cavidad, contribuyendo así activamente al aislamiento del depósito.

25 Preferiblemente, el depósito comprende un sensor de nivel previsto para medir un nivel de líquido en la primera región. El nivel de líquido en la primera región es un parámetro simple y robusto que puede detectarse de una manera simple y robusta para controlar el funcionamiento del separador instantáneo. En efecto, el nivel de líquido aumenta a medida que la fase sólida se acumula gradualmente en la parte inferior de la primera región durante la operación. Cuando el sensor de nivel detecta que se ha excedido un valor preestablecido, es posible interrumpir temporalmente, mediante control automático, el funcionamiento del separador instantáneo para eliminar la fase sólida del depósito por evaporación tras el aumento de temperatura, tal y como se ha mencionado anteriormente.

30 En un segundo aspecto de la misma, la invención se refiere a una instalación para la producción de biometano o gas natural licuado que comprende al menos un separador instantáneo según la invención, es decir, según cualquiera de las reivindicaciones 1-10.

35 Con tal instalación es posible obtener, dentro de un proceso de producción de biometano o gas natural licuado, todas las ventajas antes mencionadas en relación con el primer aspecto de la invención.

En particular, en una instalación de este tipo se simplifica enormemente la gestión de la fase sólida que consiste en hielo de dióxido de carbono y agua, que puede generarse al mismo tiempo que el enriquecimiento mediante separación instantánea de la mezcla que contiene metano después de su licuefacción.

40 En una realización preferida, la instalación comprende dos separadores instantáneos según la invención, dispuestos en paralelo y que pueden insertarse selectivamente en una línea para transportar gas natural o biometano licuado.

45 Con esta configuración, es posible asegurar un funcionamiento continuo del sistema. En efecto, cuando es necesario detener uno de los dos separadores instantáneos para permitir la eliminación de la fase sólida, se puede simplemente excluir de la línea de transporte y el flujo de gas natural o biometano licuado se puede desviar al otro separador instantáneo en paralelo, sin necesidad de una parada operativa de toda la instalación.

Breve descripción de las figuras

Otras características y ventajas de la presente invención resultarán más evidentes a la luz de la descripción detallada de realizaciones preferidas, pero no exclusivas, de la misma, ilustradas a modo de ejemplo no limitativo, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 50 - la Fig. 1 muestra una vista esquemática en perspectiva de una realización preferida de un depósito de un separador instantáneo según la invención;
- la Fig. 2 muestra una vista lateral esquemática del depósito de la figura 1;

- la Fig. 3 muestra una vista frontal esquemática del depósito de la figura 1;
- la Fig. 4 muestra una vista en perspectiva esquemática del depósito de la figura 1 sin las tapas de extremo de la cubierta exterior;
- la Fig. 5 muestra una vista en sección transversal esquemática del depósito de la figura 4;
- 5 - la Fig. 6 muestra una vista en sección longitudinal esquemática del depósito de la figura 4 tomada a lo largo de la línea VI-VI de la figura 5;
- la Fig. 7 muestra una vista en sección longitudinal esquemática del depósito de la figura 4 tomada a lo largo de la línea VII-VII de la figura 5;
- 10 - la Fig. 8 muestra una vista en perspectiva esquemática de la cubierta interior del depósito de la figura 1 con el conducto de enfriamiento instalado a alrededor del mismo;
- la Fig. 9 muestra una vista en perspectiva esquemática del cuerpo cilíndrico de la cubierta interior de la figura 8;
- la Fig. 10 muestra una vista frontal esquemática de una primera partición utilizada dentro del depósito de la figura 1;
- la Fig. 11 muestra una vista esquemática de una realización preferida de una instalación para la producción de biogás o gas natural licuado que comprende un separador instantáneo según la invención, y
- 15 - la Fig. 12 muestra una vista esquemática de una realización preferida alternativa de la instalación para la producción de biogás o gas natural licuado de la figura 11.

Descripción detallada de realizaciones preferidas de la invención

20 Las figuras 1 a 7 muestran una realización preferida de un depósito 501 de un separador instantáneo 500 según la invención para el tratamiento de una mezcla fluida que contiene metano y dióxido de carbono licuados. El separador instantáneo 500 se utiliza preferiblemente, aunque no de manera exclusiva, en una instalación para la producción de biometano licuado o gas natural licuado, mostrada esquemáticamente en las figuras 11 y 12, y que se describen con mayor detalle a continuación, para purificar o enriquecer en metano una mezcla fluida procedente de una unidad de licuefacción.

25 Además del depósito 501, el separador instantáneo 500 comprende además un dispositivo reductor de presión 502 instalado en una línea de suministro del depósito 501, mostrada esquemáticamente en las figuras 11 y 12. El dispositivo reductor de presión 502 puede ser, por ejemplo, una válvula reductora de presión o una válvula de laminación, y en cualquier caso es de tipo conocido y, por lo tanto, no se describirá con mayor detalle aquí.

30 El depósito 501 es un depósito cilíndrico con una posición de trabajo horizontal. En la siguiente descripción, términos o expresiones que indican o implican una posición espacial dada en términos relativos, tales como, por ejemplo, inferior o abajo, superior o arriba, lateralmente adyacente, parte superior, parte inferior, han de entenderse en relación con dicha posición operativa.

Como se muestra en particular en las figuras 4-7, el depósito 501 tiene una estructura de doble cubierta, con una cubierta interior 1, que delimita una cámara interior 2 del depósito 501, y una cubierta exterior 3, que encierra la cubierta interior 1, formando una cavidad 4 con la misma.

35 La cubierta interior 1 y la cubierta exterior 3 tienen preferiblemente una estructura similar, que comprende un cuerpo cilíndrico central, respectivamente 11 o 31, cerrado por los extremos de la cabeza mediante un par de tapas, respectivamente 12 o 32, que pueden ser pseudoelípticas, decinormales, torosféricas o esféricas.

40 La cavidad 4 se llena preferiblemente con material térmicamente aislante (no mostrado). Preferiblemente, el material térmicamente aislante es un material incoherente vertible, p. ej. perlita u otro material similar de base mineral térmicamente aislante. Para minimizar la conducción térmica a través de la cavidad 4, también se puede crear un vacío en la misma.

45 Externamente a la cubierta exterior 3, el depósito 501 está equipado con elementos de soporte individuales o interconectados para formar un bastidor de soporte para soportar el depósito 501 en su posición operativa horizontal. En la realización ilustrada aquí, por ejemplo, hay cuatro patas de soporte 5, respectivamente dos de las cuales son visibles en cada una de las vistas de las figuras 1-3.

El depósito 501 comprende una entrada de mezcla 6, para introducir una mezcla fluida que se va a tratar en la cámara interior 2, constituida por metano y dióxido de carbono licuados, después de que esta mezcla haya pasado a través del dispositivo reductor de presión 502. La entrada de mezcla 6 está dispuesta preferiblemente en una zona de la parte superior del depósito 501, en uno de sus extremos longitudinales.

50 El depósito 501 comprende así una salida de fase líquida 7, para extraer una fase líquida separada, enriquecido con

metano, de la cámara interior 2. La salida de fase líquida 7 está dispuesta preferiblemente en una zona de la parte inferior del depósito 501, en otro extremo longitudinal, opuesto a aquel en el que se encuentra la entrada de mezcla 6.

5 El depósito 501 comprende además una salida de fase gaseosa 20, para extraer una fracción gaseosa separada, que contiene más sustancias volátiles y cualquier otra sustancia no condensable presente en la mezcla, que se separan de la misma tras la expansión resultante de la reducción de presión obtenida a través del dispositivo reductor de presión 502, de la cámara interior 2. La salida de fase gaseosa 20 está dispuesta preferiblemente en una zona de la parte superior del depósito 501, en su extremo longitudinal, opuesto a aquel en el que se encuentra la entrada de mezcla 6.

10 De nuevo, en la parte superior del depósito 501 también hay una pluralidad de accesos 8, 9 para instrumentos de medición y control para la cámara interior 2. Los accesos 8, 9 también están dispuestos preferiblemente en una zona de la parte superior del depósito 501 y distribuidos longitudinalmente a lo largo de este último, alineados entre sí y/o escalonados angularmente en una dirección circunferencial.

15 El depósito 501 comprende además un acceso 10 a la cavidad 4, obtenido en la cubierta exterior 3, preferiblemente en la parte superior de la misma en un extremo longitudinal, para instalar instrumentos de medición y monitorización de la propia cavidad 4.

20 En las figuras 1-3, la entrada de mezcla 6, la salida de fase líquida 7 y los mencionados accesos 8, 9 y 10 anteriores se muestran con respectivos conjuntos de conexión de tipo conocido para conectar el depósito 501 a las correspondientes líneas de instrumentación externas. La configuración exacta de tales unidades de conexión depende de las condiciones de instalación específicas para el depósito 501. En las figuras 4-7, en cambio, los mismos elementos se muestran sin conjuntos de conexión, como simples secciones tubulares.

25 Como se muestra en particular en las figuras 6, 7 y 9, en la cámara interior 2 del depósito 501 hay una primera partición 13, también visible por separado en la figura 8, y una segunda partición 14. En la realización preferida que se muestra aquí, en la que el depósito 501 tiene forma cilíndrica, las paredes de partición 13 y 14 están formadas por planchas con forma de segmento circular y un diámetro igual a un diámetro interior del cuerpo cilíndrico 11 de la cubierta interior 1, y ambas están dispuestas en el cuerpo cilíndrico 11 en perpendicular al eje longitudinal X-X del mismo y, por lo tanto, en paralelo entre sí.

30 Debido a su forma de segmento circular, las paredes de partición 13, 14 no ocupan completamente la sección transversal del cuerpo cilíndrico 11, sino solo una parte de la misma. En particular, la primera pared de partición 13 puede tener un área de superficie total, incluida el área de superficie de las aberturas practicadas en la misma, preferiblemente igual a aproximadamente el 90 % del área de superficie de la sección transversal del cuerpo cilíndrico 11. La segunda pared de partición 14 puede tener un área de superficie total más pequeña, preferiblemente aproximadamente el 70 % del área de superficie de la sección transversal del cuerpo cilíndrico 11.

35 Las paredes de partición 13, 14 tienen preferiblemente bordes libres 15, 16 rectos en la parte superior. El borde libre 15 de la primera pared de partición 13, con una mayor área de superficie, está a una altura h_1 mayor que una altura h_2 del borde libre 16 de la segunda pared de partición 14, que tiene un área de superficie menor (Fig. 6).

40 La primera pared de partición 13 divide la cámara interior 2 en dos regiones A, B, que son mutuamente adyacentes una al lado de otra. A su vez, la segunda pared de partición 14 divide la región B en dos subregiones B1, B2, en las que la subregión B1 es lateralmente adyacente a la región A y la subregión B2 es lateralmente adyacente a la subregión B1, en un lado de esta última opuesta a la región A. La entrada de mezcla 6 está situada en la región A, mientras que la salida de fase líquida 7 está situada en la subregión B2, más alejada con respecto a la región A.

La región A se encuentra en comunicación de fluidos con la región B, más precisamente con la subregión B1, a través de varias aberturas 17 en la primera pared de partición 13. Las aberturas 17 están configuradas preferiblemente como ranuras paralelas entre sí, preferiblemente horizontales.

45 Según la invención, las aberturas 17 están situadas en particular en una zona inferior de la primera pared de partición 13, p. ej. en una quinta o sexta parte inferior de la misma (véase Fig. 10).

La primera subregión B1 se encuentra, a su vez, en comunicación de fluidos con la segunda subregión B2 a través de un orificio de rebose 18 definido entre la segunda pared de partición 14, en particular, su borde libre 16, y una pared de la cubierta interior 1, en particular de su parte superior.

50 En la primera región A hay preferiblemente un sensor de nivel (no mostrado en las figuras) para monitorizar el nivel de líquido en esa región. Como se muestra con mayor detalle a continuación, en relación con el funcionamiento del depósito 501, dicho parámetro se utiliza para controlar el funcionamiento discontinuo del separador instantáneo 500.

55 La primera región A y la primera subregión B1 ocupan cada una preferiblemente un volumen relativamente pequeño en comparación con el volumen total de la cámara interior 2. En particular, la primera región A puede tener un volumen preferiblemente igual a aproximadamente el 16 % del volumen total de la cámara interior 2 y la primera subregión B1 puede tener un volumen preferiblemente igual a aproximadamente el 10 % del volumen total de la invención.

El depósito 501 comprende además un conducto de enfriamiento 19 que se extiende en la cavidad 4, a través del cual es posible hacer circular la fracción gaseosa separada y extraída de la cámara interior 2, que todavía está relativamente fría, contribuyendo así activamente al aislamiento térmico del depósito 501, en la cavidad 4.

5 El conducto de refrigeración 19 se extiende preferiblemente en forma de espiral alrededor de la cubierta interior 1 y preferiblemente está anclado a la superficie exterior de la misma. Un primer extremo 21 del conducto de enfriamiento 19 está conectado a la salida de fase gaseosa 20 descrita anteriormente, mientras que un segundo extremo 22 del conducto de enfriamiento 19 es conducido fuera de la cavidad 4, a través de la cubierta exterior 3, en el extremo longitudinal del depósito 501 donde está situada la entrada de mezcla 6. De esta manera, el conducto de enfriamiento 19 pasa a través de la fase gaseosa a contracorriente con respecto al flujo de la fase líquida en la cámara interior 2.

10 De manera similar a las entradas, salidas y accesos 501 del depósito descritos anteriormente, en las figuras 1 a 3, el segundo extremo 22 del conducto de enfriamiento 19 se muestra provisto de un conjunto de conexión respectivo de tipo conocido para conectarse a una línea exterior correspondiente. En las figuras 4-7, el segundo extremo 22 del conducto de enfriamiento 19 se muestra sin conjunto de conexión, como una simple sección tubular.

15 El principio de funcionamiento del depósito 501, es decir, del separador instantáneo 500 según la invención, se describe ahora con referencia en particular a la figura 6.

20 Una mezcla fluida que contiene metano y dióxido de carbono licuados, después de pasar a través del dispositivo reductor de presión 502, entra al depósito 501, más precisamente en la región A de la cámara interior 2, mediante la entrada de mezcla 6. Aquí, debido a la disminución de presión causada por el dispositivo reductor de presión 502, la mezcla fluida sufre una expansión inmediata, con evaporación parcial (evaporación instantánea) de la fracción más volátil de la mezcla fluida, que comienza a separarse de la fase líquida.

La fase gaseosa que se separa de la mezcla fluida migra libremente hacia y a lo largo de la parte superior de la cámara interior 2 hasta que alcanza la salida de fase gaseosa 20 presente allí.

25 La reducción de presión obtenida por el dispositivo reductor de presión 502 también determina una disminución de la temperatura que lleva la mezcla fluida a una condición de sobresaturación, con la consiguiente formación de cristales de dióxido de carbono y de agua aún presente, que tienden a depositarse por gravedad en la parte inferior de la cámara interior 2.

La fase sólida que se separa de la mezcla fluida permanece confinada en la primera región A de la cámara interior 2, mientras que la fase líquida, enriquecida en metano, puede pasar a la subregión B1 adyacente de la cámara interior 2 a través de las aberturas 17 presentes en la zona inferior de la primera pared de partición 13.

30 La fase líquida se acumula en la subregión B1 hasta que alcanza el borde libre 16 superior de la segunda pared de partición 14 y luego rebosa libremente a través del orificio de rebose 18 hacia la subregión B2 adyacente. Aquí, la fase líquida discurre sustancialmente a lo largo de la parte inferior de la cámara interior 2 hasta que alcanza la salida de fase líquida 7, a través del cual es descargada fuera del depósito 501.

35 Cuando está completamente operativo, se establece un flujo continuo de líquido de la región A a la subregión B2 en la cámara interior 2, pasando por la subregión B1. Este flujo sigue un camino tortuoso con variación de altitud, mostrado esquemáticamente en la figura 6 con una línea de puntos, lo que favorece aún más la separación de las restantes fracciones gaseosa y sólida de la fase líquida.

40 El funcionamiento continuo del separador instantáneo 500 da como resultado una acumulación progresiva de la fase sólida constituida por cristales de hielo de dióxido de carbono y agua en el parte inferior de la cámara interior 2 en la región A. Esto hace que sea progresivamente más difícil que la fase líquida pase hacia la subregión B1 a través de las aberturas 17 en la primera pared de partición 13, de modo que durante el pleno funcionamiento del separador instantáneo 500 el nivel de líquido en la región A, monitorizado por el sensor de nivel especialmente diseñado, tiende a aumentar progresivamente.

45 El funcionamiento del separador instantáneo 500 se interrumpe cuando el nivel de líquido en la región A excede un nivel establecido. Como se explica mejor a continuación, esto se puede lograr deteniendo temporalmente la instalación en la que se utiliza el separador instantáneo 500, o, cuando sea posible, más preferiblemente excluyendo temporalmente el separador instantáneo 500 de una línea de producción de la propia instalación.

50 En cualquier caso, la parada del separador instantáneo 500 provoca naturalmente un aumento de temperatura dentro del depósito 501, como resultado de lo cual el dióxido de carbono y cualquier agua acumulada en forma sólida en la cámara interior 2, particularmente en la región A, se evapora y escapa de la cámara interior 2 a través de la salida de fase gaseosa 20. La fase sólida que se ha separado de la mezcla fluida que se va a tratar y se ha acumulado dentro del depósito 501 durante un ciclo operativo del separador instantáneo 500 puede así eliminarse del depósito 501 de forma automática y pasiva como fase gaseosa, sin necesidad de prever un sistema de descarga especial.

55 Cuando todo el dióxido de carbono y el agua acumulada en forma sólida en la cámara interior 2 (en particular en la región A) se han evaporado y abandonado el depósito 501 a través de la salida de fase gaseosa 20, el separador de

instantáneo 500 se puede volver a poner en funcionamiento, reiniciando la instalación en la que se utiliza, si previamente hubiera sido parado, o reconectándolo a una línea de producción de la instalación.

Se ha calculado que el tiempo de inactividad para la regeneración de un depósito 501 con la estructura descrita anteriormente y un volumen total de la cámara interior 2 de 180 litros es de aproximadamente 3 días.

- 5 Las figuras 11 y 12 muestran esquemáticamente dos realizaciones preferidas de una instalación según la invención para la producción de biometano o gas natural licuado, que aprovecha el separador instantáneo 500 según la invención, es decir, según cualquiera de las reivindicaciones 1-10.

La instalación mostrada es especialmente adecuada para la producción de biometano licuado a partir de biogás procedente de la digestión anaeróbica de residuos orgánicos o de vertederos.

- 10 Con referencia a la realización mostrada en la figura 11, la instalación puede recibir en la entrada, en una entrada 100, un flujo de una mezcla fluida sin tratar, esencialmente gaseosa, que contienen metano y otras sustancias, normalmente dióxido de carbono, vapor de agua, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno y/o compuestos del mismo, a una presión de 0,9 bar a 20 bar y a una temperatura sustancialmente ambiente.

- 15 Una unidad de compresión 200 convencional, mediante la cual se aumenta la presión de la mezcla fluida sin tratar a niveles de proceso, si fuera necesario, de 15 bar a 20 bar, está prevista aguas abajo de la entrada 100.

- 20 Una unidad de tratamiento 300, en la que se purifica la mezcla fluida sin tratar, eliminando en gran medida los contaminantes típicamente presentes, en particular, dióxido de carbono, vapor de agua, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno y/o compuestos del mismo, azufre y/o compuestos del mismo, está prevista aguas abajo de la unidad de compresión 200. Preferiblemente, la unidad de tratamiento 300 comprende, en orden sucesivo, un par de separadores de membrana 301, 302 y un separador TSA (adsorción por cambio de temperatura) 303, p. ej. cuatro columnas.

Las sustancias contaminantes gaseosas separadas de la mezcla fluida sin tratar en la unidad de tratamiento 300, en particular en los separadores de membrana 301, 302, se envían a una salida de fase gaseosa 700 de la instalación por medio de una línea de descarga de fase gaseosa 701 correspondiente, y pueden llevarse allí para su tratamiento adicional, p. ej. para la recuperación de dióxido de carbono y/o hidrógeno, o para su eliminación definitiva por combustión.

- 25 La mezcla fluida purificada que sale de la unidad de tratamiento 300 tiene concentraciones de metano del 93,5 % al 99 % en volumen, compatible con un posterior proceso de licuefacción.

- 30 Una unidad de licuefacción 400, mediante el cual se licúa la mezcla fluida purificada, está prevista aguas abajo de la unidad de tratamiento 300. Preferiblemente, la unidad de licuefacción 400 comprende un intercambiador regenerativo 401, en el que la mezcla fluida purificada se preenfía mediante intercambio de calor con la fase gaseosa relativamente fría, descargada desde un separador instantáneo 500 aguas abajo de la unidad de licuefacción 400, y un licuefactor 402, que funciona, por ejemplo, según un ciclo de Stirling.

- 35 La unidad de licuefacción 400 se hace funcionar para obtener a partir de ella una mezcla licuada líquida, preferiblemente en condiciones de saturación a una temperatura de -125 °C y una presión de 13 bar. En tal mezcla, además del metano licuado, fracciones residuales de compuestos no condensables, así como de dióxido de carbono y posiblemente agua licuada, normalmente todavía están presentes.

- 40 Para eliminar también estas últimas fracciones de contaminantes, la mezcla fluida licuada que sale de la unidad de licuefacción 400 se envía a un separador instantáneo 500 del tipo descrito anteriormente, que comprende el depósito 501 y el dispositivo reductor de presión 502. A la salida del separador instantáneo 500 se obtiene biometano sustancialmente puro o gas natural licuado (concentraciones de metano iguales al 98-99 % en volumen), a una presión entre aproximadamente 2 bar y aproximadamente 4 bar y una temperatura de aproximadamente -140 °C, que se envía a una salida correspondiente 600 de la instalación, desde donde se puede tomar para su almacenamiento o transporte.

La fase gaseosa extraída del depósito 501 del separador instantáneo 500 se envía al intercambiador regenerativo 401 de la unidad de licuefacción 400 y luego a la línea de descarga de fase gaseosa 701 de la instalación.

- 45 La realización del sistema mostrado en la figura 12 difiere de la mostrada en la figura 11 únicamente por la presencia de dos separadores instantáneos 500a, 500b del tipo descrito anteriormente, que comprenden respectivos depósitos 501a, 501b y dispositivos reductores de presión 502a, 502b. En particular, los separadores instantáneos 500a, 500b están dispuestos en paralelo y pueden insertarse selectivamente en la línea procedente de la unidad de licuefacción 400, p. ej. mediante una válvula de tres vías 800, o, en realizaciones no mostradas, mediante dos válvulas de compuerta colocadas en los respectivos ramales de suministro de los dos separadores instantáneos 500a, 500b.
- 50 Convenientemente, los dos separadores instantáneos 500a, 500b son iguales entre sí y se hacen funcionar de forma alterna. Cuando sea necesario detener uno para permitir la eliminación de la fase sólida formada en el mismo, el flujo de la mezcla fluida licuada procedente de la unidad de licuefacción 400 se desvía a través de la válvula de tres vías 800 al otro separador instantáneo, y viceversa. Esto asegura el funcionamiento continuo del sistema, eliminando el tiempo de inactividad que sería necesario para permitir la eliminación periódica de la fase sólida de un único separador instantáneo.

REIVINDICACIONES

1. Un separador instantáneo (500; 500a, 500b) para el tratamiento de una mezcla fluida que contiene metano y dióxido de carbono licuados, que comprende un depósito (501; 501a, 501b) que tiene una cámara interior (2), al menos una entrada de mezcla (6) para la introducción de una mezcla que se va a tratar en dicha cámara interior (2), y al menos una salida de fase líquida (7) para la extracción de una fase líquida separada de dicha cámara interior (2), en donde el depósito (501; 501a, 501b) comprende una primera partición (13) que divide al menos parcialmente dicha cámara interior (2) en dos regiones (A, B) que son lateralmente adyacentes entre sí cuando se observa el depósito (501; 501a, 501b) en una posición operativa, en donde la entrada de mezcla (6) está situada en una primera región (A) de dichas dos regiones (A, B) y la salida de fase líquida (7) está situada en una segunda región (B) de dichas dos regiones (A, B), y en donde dichas dos regiones (A, B) se encuentran en comunicación de fluidos entre sí mediante una pluralidad de aberturas (17) obtenidas en dicho primer tabique (13),
- 5
- 10
- caracterizado por que las aberturas (17) en la primera partición (13) están situadas en un área inferior del mismo, cuando se observa el depósito (501; 501a, 501b) en una posición operativa del mismo.
2. Un separador instantáneo (500; 500a, 500b) según la reivindicación 1, en donde el depósito (501; 501a, 501b) comprende una cubierta interior (1) que delimita la cámara interior (2) y al menos una segunda partición (14) que divide al menos parcialmente la segunda región (B) en dos subregiones (B1, B2), en donde, cuando se observa el depósito (501; 501a, 501b) en una posición operativa, una primera subregión (B1) es lateralmente adyacente a la primera región (A) y una segunda subregión (B2) es lateralmente adyacente a la primera subregión (B1), en donde la salida de fase líquida (7) está situada en la segunda subregión (B2), y en donde la primera subregión (B1) y la segunda subregión (B2) se encuentran en comunicación de fluidos entre sí mediante un orificio de rebose (18) definido entre la al menos una segunda partición (14) y una pared de la cubierta interior (1) del depósito (501; 501a, 501b).
- 15
- 20
3. Un separador instantáneo (500; 500a, 500b) según la reivindicación 2, en donde la primera partición (13) y al menos una segunda partición (14) tienen en la parte superior, cuando se observa el depósito (501; 501a, 501b) en una posición operativa, respectivos bordes libres (15, 16), y el borde libre (15) de la primera partición (13) está a una altura mayor que el borde libre (16) de la al menos una segunda partición (14).
- 25
4. Un separador instantáneo (500; 500a, 500b) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde las aberturas (17) en la primera partición (13) tienen forma alargada.
5. Un separador instantáneo (500; 500a, 500b) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde dicho depósito (501; 501a, 501b) es un depósito que tiene un cuerpo cilíndrico (11) y tiene una posición operativa horizontal.
- 30
6. Un separador instantáneo (500; 500a, 500b) según la reivindicación 5, en donde la primera partición (13) y, si está presente, la al menos una segunda partición (14) consisten en planchas en forma de segmento circular y que tienen un diámetro igual a un diámetro interior del cuerpo cilíndrico (11) del depósito (501; 501a, 501b), dispuestas en el cuerpo cilíndrico (11) en perpendicular a un eje longitudinal (X-X) del mismo.
- 35
7. Un separador instantáneo (500; 500a, 500b) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el depósito (501; 501a, 501b) comprende al menos una salida de fase gaseosa (20) para la extracción de una fracción gaseosa separada de dicha cámara interior (2).
- 40
8. Un separador instantáneo (500; 500a, 500b) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el depósito (501; 501a, 501b) comprende una cubierta interior (1) que delimita dicha cámara interior (2) y una cubierta exterior (3) que encierra la cubierta interior (1) y que define una cavidad (4) térmicamente aislada entre ellas.
- 45
9. Un separador instantáneo (500; 500a, 500b) según la reivindicación 8 cuando depende de la reivindicación 7, en donde el depósito (501; 501a, 501b) comprende un conducto de enfriamiento (19) que se extiende en dicha cavidad (4), enrollado helicoidalmente sobre la cubierta interior (1) y que tiene un extremo (21) conectado a dicha al menos una salida de fase gaseosa (20) del depósito (501; 501a, 501b).
10. Un separador instantáneo (500; 500a, 500b) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el depósito (501; 501a, 501b) comprende un sensor de nivel diseñado para medir un nivel de líquido en la primera región (A).
11. Una instalación para la producción de biometano o gas natural licuados, que comprende al menos un separador instantáneo (500) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes.
- 50
12. Una instalación para la producción de biometano o gas natural licuados según la reivindicación 11, que comprende dos separadores instantáneos (500a, 500b) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que están dispuestos en paralelo entre sí y se pueden insertar selectivamente en una línea de transporte de gas natural o biometano licuados.

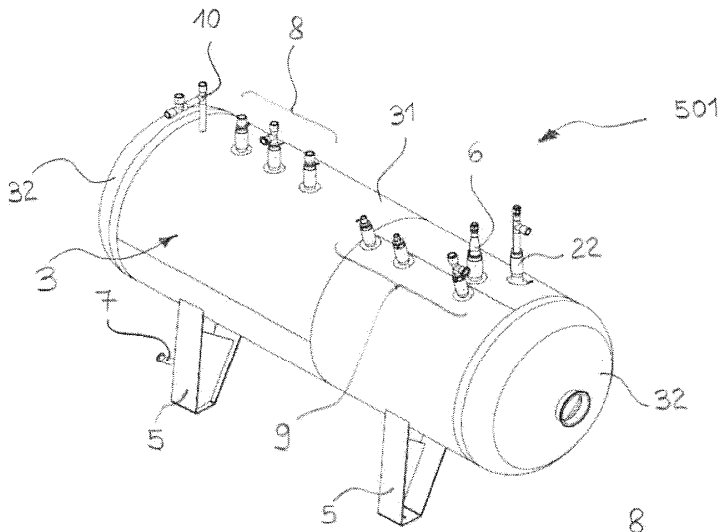


Fig. 1

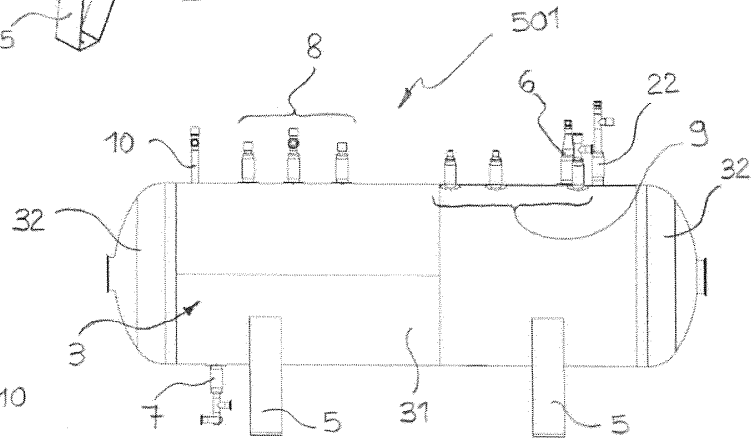


Fig. 2

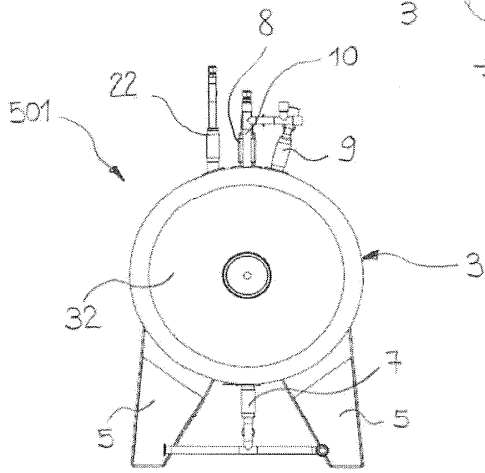


Fig. 3

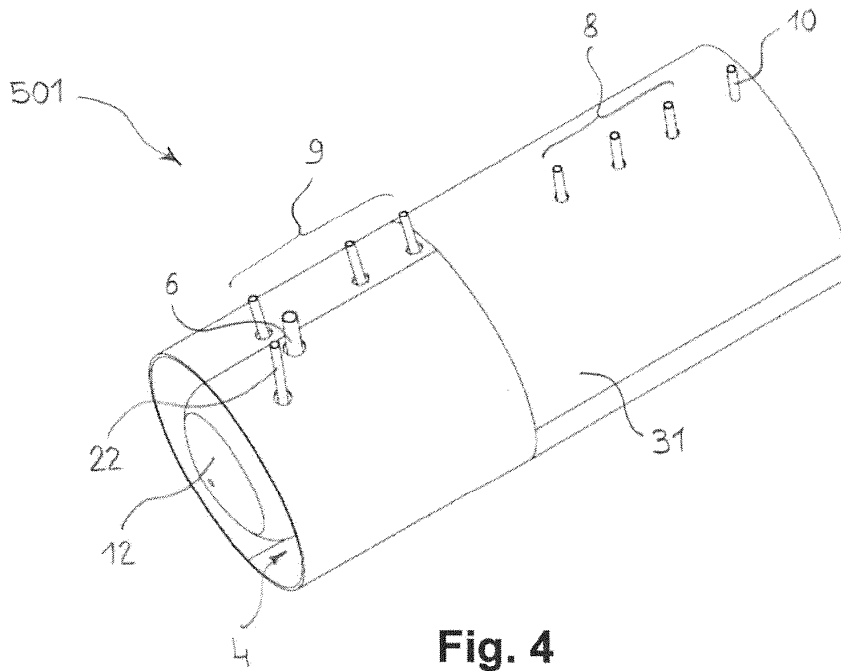


Fig. 4

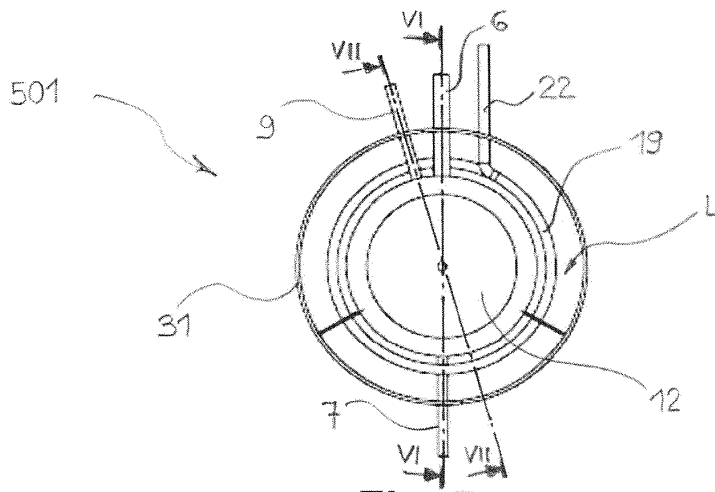


Fig. 5

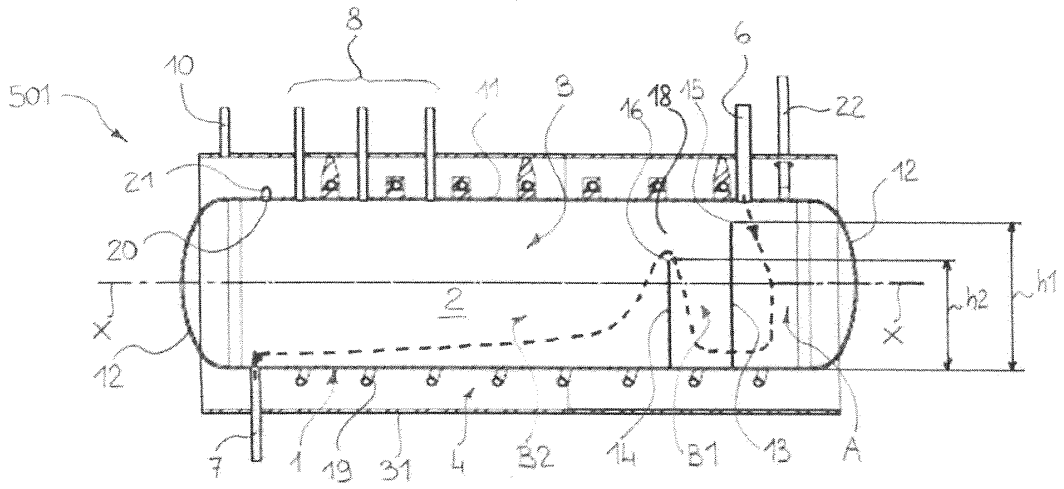


Fig. 6

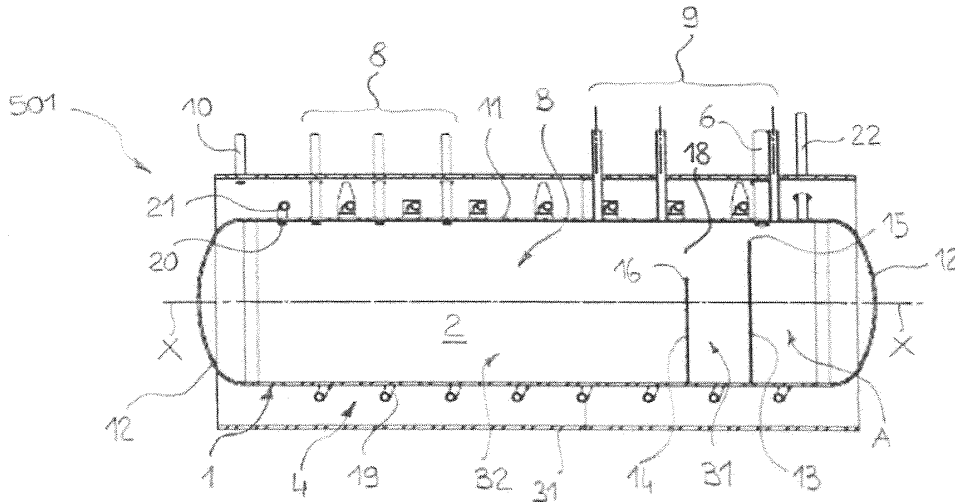


Fig. 7

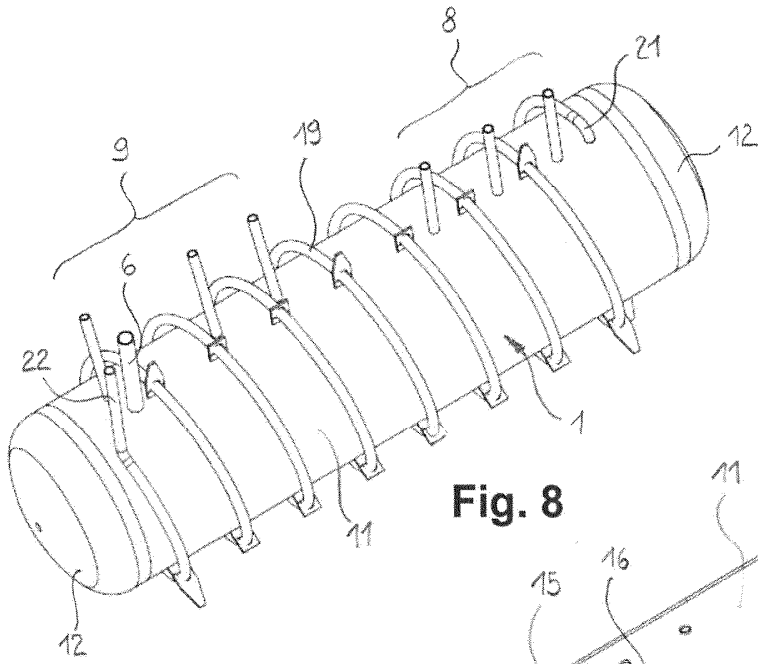


Fig. 8

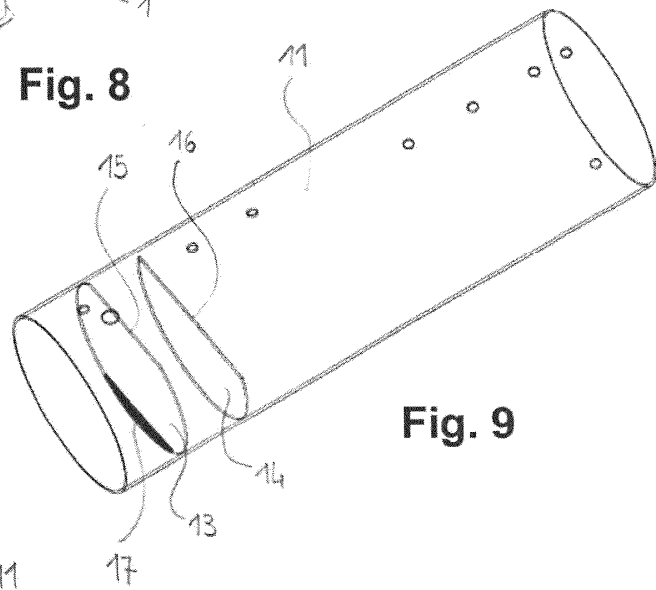


Fig. 9

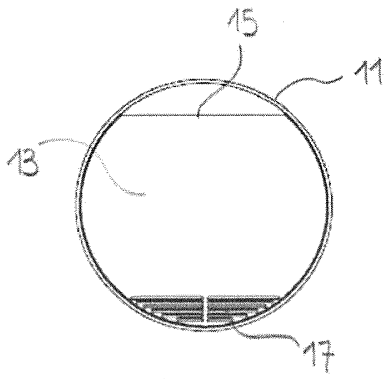


Fig. 10

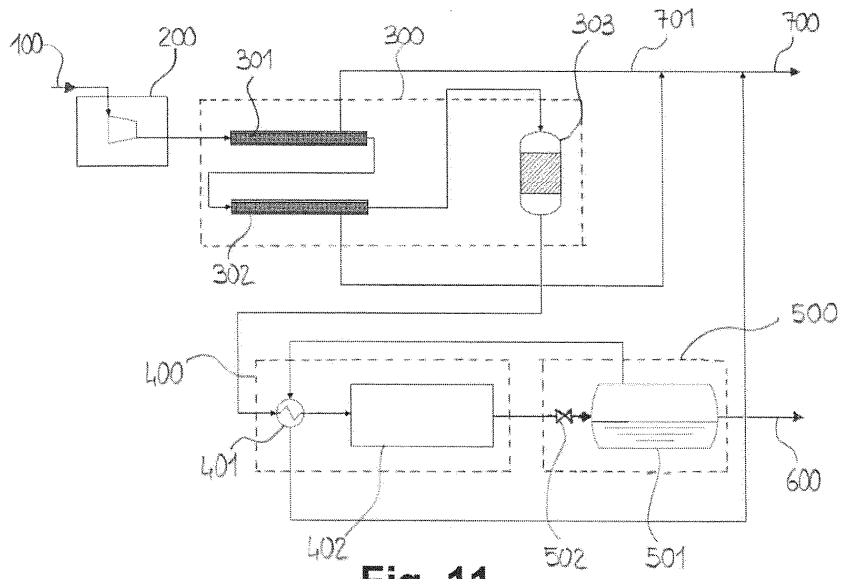


Fig. 11

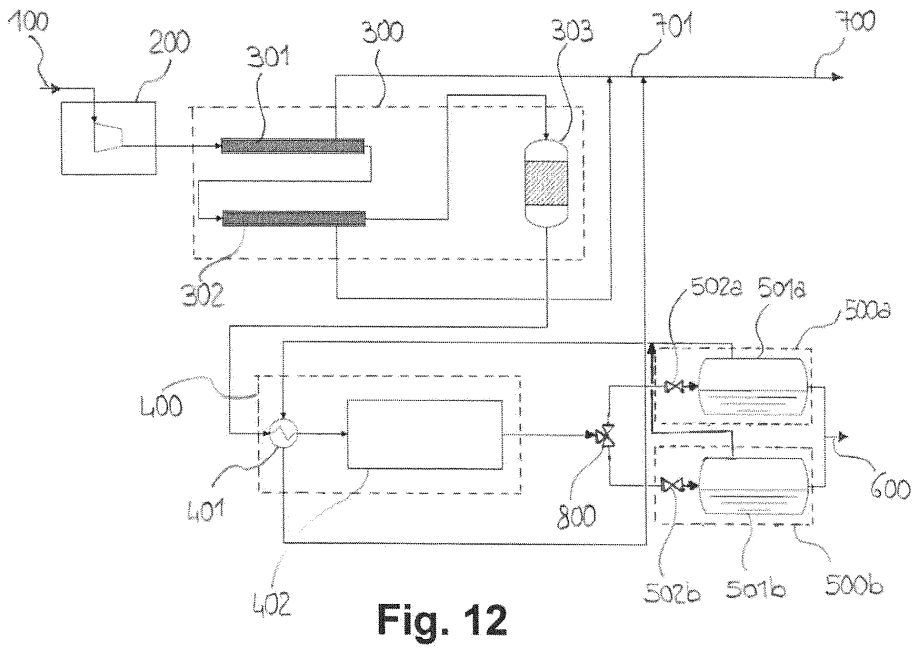


Fig. 12