

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 982 184**

51 Int. Cl.:

F24S 20/20 (2008.01)

F24S 40/55 (2008.01)

F24S 80/20 (2008.01)

F24S 80/60 (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.07.2019 PCT/CH2019/050014**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.01.2020 WO20019087**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.07.2019 E 19762704 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2024 EP 3830495**

54 Título: **Procedimiento para aislar una unidad de proceso y unidad de proceso con una zona de aislamiento**

30 Prioridad:
27.07.2018 CH 9322018

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.10.2024

73 Titular/es:
SYNHELION SA (50.0%)
Via Cantonale 19
6900 Lugano, CH y
ENI S.P.A. (50.0%)

72 Inventor/es:
AMBROSETTI, GIANLUCA y
GOOD, PHILIPP

74 Agente/Representante:
VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 982 184 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

Procedimiento para aislar una unidad de proceso y unidad de proceso con una zona de aislamiento

5 La presente invención se refiere a un procedimiento según el preámbulo de la reivindicación 1 y a una unidad de proceso según el preámbulo de la reivindicación 8.

10 El aislamiento de unidades de proceso, en particular aquellas en las que predominan las altas temperaturas, suele estar asociado a cuestiones complejas. Por ejemplo, en el caso de los receptores solares -en lo sucesivo denominados "receptores"-, también es difícil conseguir un aislamiento satisfactorio, ya que este por regla general presenta una gran masa con una inercia térmica correspondientemente grande, lo que significa que, aunque se pierde poco calor durante el funcionamiento del receptor, la cantidad de calor almacenada en el aislamiento se pierde durante las interrupciones inevitables del funcionamiento (noche, mal tiempo, etc.) y se vuelve a absorber por el aislamiento cuando se reanuda el funcionamiento. Esto reduce notablemente la eficiencia global del receptor a pesar de un buen aislamiento.

15 En este caso, por ejemplo, un aislamiento consistente en láminas escalonadas que apantallen la radiación sería una solución muy buena en términos de pérdida de calor e inercia térmica, pero resulta demasiado costoso para la producción industrial y también es difícil de construir si la zona que va a aislarse presenta una forma complicada.

20 Otro problema es que los materiales aislantes de alta temperatura adecuados para temperaturas de funcionamiento elevadas, como más de 1000 °C, suelen tener un coeficiente de conductividad térmica λ más elevado que los de temperatura de funcionamiento más baja; es decir, los materiales aislantes de alta temperatura aíslan comparativamente peor que los materiales aislantes de alto rendimiento que pueden utilizarse a temperaturas más bajas. Es conocido en el estado de la técnica combinar materiales aislantes de alta temperatura con materiales
25 aislantes de alto rendimiento. A continuación, el material aislante de alta temperatura (que presenta el coeficiente de conductividad térmica λ más alto) se dispone primero en la dirección del flujo de calor Q y después, hacia el lado frío del aislamiento, el material aislante de alto rendimiento con el coeficiente de conductividad térmica λ más bajo.

30 El descenso de la temperatura en el aislamiento que se produce en la dirección del flujo de calor Q durante el funcionamiento significa que después de un cierto grosor, la temperatura en el material aislante de alta temperatura ha descendido a un nivel compatible con el material aislante de alto rendimiento, de modo que este material con mejor aislamiento puede disponerse en este lugar.

35 Sin embargo, esta disposición tiene el inconveniente de que, si las dimensiones son inadecuadas, la caída de temperatura en el material aislante de alta temperatura disminuye durante el funcionamiento, es decir, la temperatura en la transición al material aislante de alto rendimiento aumenta y se eleva por encima de su temperatura de funcionamiento. Esto significa que el material aislante de alto rendimiento sólo puede utilizarse de forma limitada si está correctamente dimensionado, de modo que sigue habiendo una gran masa de material aislante con una inercia térmica correspondientemente grande e indeseable.

40 Los problemas antes descritos existen no sólo con los receptores, sino con todas las unidades de proceso posibles que van a aislarse en el campo de la técnica.

45 El documento US 2006/174866 A1 divulga un procedimiento de acuerdo con el preámbulo de las reivindicaciones 1 y 8.

En consecuencia, el objetivo de la presente invención es crear un aislamiento para una unidad de proceso con inercia térmica reducida.

50 Para ello, un procedimiento de acuerdo con la invención presenta los rasgos característicos de la reivindicación 1 y una unidad de proceso aislada de acuerdo con la invención presenta los rasgos característicos de la reivindicación 8.

55 Mediante el enfriamiento de la zona de aislamiento, se puede evitar el riesgo de sobrecalentamiento del material aislante de alto rendimiento sensible a la temperatura, de modo que se puede dimensionar considerablemente más grande a expensas del material aislante de alta temperatura, con el resultado de que la masa total del aislamiento es correspondientemente menor, lo que a su vez conduce a la inercia térmica reducida deseada. El uso del calor generado por la refrigeración en un consumidor garantiza que no se reduzca la eficiencia de la unidad de proceso.

60 Las formas de realización preferidas presentan las características de las reivindicaciones dependientes.

La invención se explica con más detalle a continuación haciendo referencia a las figuras.

Muestran:

65 figura 1a esquemáticamente una central eléctrica de torre solar según el estado de la técnica,

- figura 1b una sección transversal de una sección cilíndrica de una unidad de proceso aislada según el estado de la técnica, en este caso un modelo de receptor de la central eléctrica de torre solar según la figura 1a
- 5 figura 1c un diagrama con las pérdidas de calor de la sección cilíndrica según la figura 1b,
- figura 1d un diagrama con la inercia térmica de la sección cilíndrica según la figura 1b,
- 10 figura 2a una sección transversal a través de una sección cilíndrica aislada de acuerdo con la invención de acuerdo con la figura 1a,
- figura 2b un diagrama de las condiciones térmicas de la sección cilíndrica según la figura 2a,
- figura 2c un diagrama con la inercia térmica de la sección cilíndrica según la figura 2a, y
- 15 figura 3 esquemáticamente un receptor configurado para la recirculación del refrigerante calentado.

La figura 1a muestra esquemáticamente una central eléctrica de torre solar 1 con un campo de helióstatos 2, que dirigen los rayos solares 3 de forma conocida concentrados sobre un receptor 4 de acuerdo con la invención, que a su vez está dispuesto sobre una torre 5.

20 El receptor 4 puede calentar un fluido caloportador, con lo que este calor (solar) puede utilizarse industrialmente, por ejemplo, para generar vapor en una turbina o para procesos industriales que requieran calor. También es posible configurar el receptor 4 como un reactor receptor para generar gas de síntesis, por ejemplo.

25 El calor generado en el receptor o reactor receptor 4, pero que en el caso del reactor receptor no se puede utilizar actualmente o no es necesario para la reacción química que tiene lugar en él, se puede conducir mediante un fluido calentado y caloportador con una temperatura T_o (más alta) a través de un conducto 6 a un consumidor 7, donde se enfría y se recircula a través de un conducto 8 con una temperatura T_{en} (más baja) de nuevo al receptor o reactor receptor 4.

30 Las centrales solares de torre utilizan esencialmente receptores configurados espacialmente que son adecuados para altas temperaturas, como las que se alcanzan, por ejemplo, con una concentración de 500 soles, 1000 soles o más. Dichas temperaturas son por regla general superiores a 800 K, y pueden alcanzar el intervalo de 1000 K, 1500 K o más en un futuro próximo, aunque se espera que las temperaturas de 1800 K o 2000 K no sólo se alcancen, sino que se superen muy pronto, por ejemplo en la producción de gas de síntesis.

35 Por su propia naturaleza, las centrales solares interrumpen su funcionamiento por la noche o con mal tiempo, con lo que el receptor bien aislado de por sí y su aislamiento se enfrían. En consecuencia, al iniciar el funcionamiento, no sólo el receptor, sino también el aislamiento, deben llevarse primero a la temperatura de funcionamiento, lo que indeseablemente cuesta tiempo y energía solar debido a la inercia térmica de la considerable masa del aislamiento y puede reducir significativamente la eficiencia del receptor con respecto al tiempo de funcionamiento.

40 Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, la presente invención, aunque es particularmente adecuada para receptores en plantas de energía solar, puede utilizarse en cualquier parte de la ingeniería de procesos donde se requiera aislamiento y, por ejemplo, sea deseable una baja inercia térmica.

45 La figura 1b muestra una sección transversal a través de un modelo 10 para un receptor 4 de la central eléctrica de torre solar 1 según la figura 1a. A este respecto se supone que un receptor absorbente es una forma de realización sencilla en cuanto a su construcción, véase la descripción de la figura 3. El modelo 10 se refiere a una sección 11 del receptor 4, es decir, a una sección de su pared cilíndrica XX de la cámara de absorción 74 (véase la figura 3a).

50 Las condiciones térmicas corresponden a un aislamiento de acuerdo con el estado de la técnica y se calcularon resolviendo la ecuación estacionaria unidimensional de conductividad térmica en dirección radial. Cabe señalar que la sección aislada de un receptor también puede entenderse como un modelo de tubería aislada, por ejemplo.

55 El radio interior 15 de la zona con la (alta) temperatura de funcionamiento (en este caso 1800 K) es de 400 mm, el radio exterior 16 de la zona aislada es de 550 mm, por lo que el grosor de la zona de aislamiento 17 es de 150 mm, en donde ésta presenta dos capas, a saber, una capa interior 18 de un material aislante de alta temperatura y una capa exterior 19 de un material aislante de alto rendimiento que, sin embargo, no es adecuado para altas temperaturas: Suele ocurrir que los materiales aislantes para altas temperaturas, en este caso por encima de 1000 °C a 1200 °C, presentan un coeficiente de conductividad térmica λ mayor que los materiales aislantes para temperaturas más bajas, por lo que suelen aislar peor que éstos. Los valores típicos de un material aislante de alta temperatura para su uso a más de 1000 °C son un coeficiente de conductividad térmica de aproximadamente 0,2 W/(m K) y una densidad de aproximadamente 450 Kg/m³, mientras que un material aislante típico de alto rendimiento puede presentar un coeficiente de conductividad térmica de aproximadamente 0,03 W/(m K) y una densidad de aproximadamente 250 Kg/m³, pero sólo puede utilizarse hasta el intervalo de 1000 °C o 1200 °C.

Por consiguiente, a temperaturas de funcionamiento elevadas, se utiliza necesariamente un material aislante de alta temperatura como el circonio estabilizado con itria (conocido bajo la marca "Zircar ZYFB-3") para la capa interior 18 y un material aislante de alto rendimiento como la sílice microporosa (conocida bajo la marca "Microtherm 1000R") o la alúmina (conocida bajo la marca "Microtherm 1200") para la capa exterior. El grosor de la capa 18 de material aislante de alta temperatura depende a este respecto de la caída de temperatura a través de su grosor: tan pronto como la temperatura haya descendido por debajo de 1000 °C a 1200 °C, se puede conectar la capa 19 de material aislante de alto rendimiento. Sin embargo, el propio material aislante de alto rendimiento limita su aplicabilidad: debido al hecho de que a través del material aislante de alto rendimiento fluye un menor flujo de calor (en el sentido de un mejor aislamiento) en comparación con el material aislante de alta temperatura, la capa 19 sólo puede proporcionarse con un grosor suficiente para evitar la acumulación de calor, lo que reduciría la caída de temperatura en la capa 18 y, por tanto, dañaría el material aislante de alto rendimiento en un funcionamiento prolongado debido al correspondiente aumento de temperatura. El grosor necesario resultante de la capa 18 de material aislante de alta temperatura aumenta la inercia térmica hasta un punto considerable e indeseable.

La figura 1c muestra un diagrama 20 cuyo eje vertical muestra el flujo de calor a través de la zona de aislamiento 17 (grosor 150 mm) del modelo 10 (figura 1b) y cuyo eje horizontal muestra el grosor de la capa 19 Microtherm 1000R o Microtherm 1200, suponiendo que la capa 18 esté formada por Zircar ZYFB-3.

De la curva 21 del Microtherm 1000R se desprende que se puede alcanzar una pérdida de calor inferior a 5,5 kW/m, en este caso 5,5 kW por metro de altura del modelo 10 (figura 1b), pero no inferior a aproximadamente 4,2 kW/m, ya que la curva se interrumpe en el punto 22 porque, de lo contrario, se superaría la temperatura de funcionamiento del Microtherm 1000R si se siguiera aumentando el grosor de la capa. El grosor de la capa 19 en el caso de Microtherm 1000R no puede ser, por tanto, superior a 30 mm, dejando 120 mm para el grosor de la capa 18 de Zircar ZYFB-3.

De la curva 23 del Microtherm 1200 se desprende que se puede alcanzar una pérdida de calor inferior a 5,5 kW/m, en este caso 5,5 kW por metro de altura del modelo 10 (figura 1b), pero no inferior a aproximadamente 3,8 kW/m, ya que la curva se interrumpe en el punto 24 porque, de lo contrario, se superaría la temperatura de funcionamiento del Microtherm 1200 si se siguiera aumentando el grosor de la capa. Por lo tanto, el grosor de la capa 19 en el caso de Microtherm 1200 no puede ser superior a 60 mm. El grosor mínimo de la capa 18 de Zircar ZYFB-3 de masa superior es, por tanto, de 90 mm, lo que contribuye a la indeseable inercia térmica.

La figura 1d muestra un diagrama 30 cuyo eje vertical muestra la inercia térmica en kWh/m, en este caso por metro de altura del modelo 10 (figura 1b), es decir, la cantidad de energía, es decir, calor, necesaria para llevar la capa aislante 17 (figura 1b) hecha de Zircar ZYFB-3 con Microtherm 1000R o Microtherm 1200 desde la temperatura ambiente (en este caso 300 K) hasta la temperatura de funcionamiento. Temperatura de funcionamiento significa en este caso que la pared interior de la capa aislante de alta temperatura 18 hecha de Zircar ZYFB-3 está a 1800 K y la pared exterior del material aislante de alto rendimiento de la capa 19 está rodeada de aire a temperatura ambiente, es decir, 300 K.

El eje horizontal muestra el grosor de la capa 19 formada por el material aislante de alto rendimiento, en este caso, como se menciona, Microtherm 1000R o Microtherm 1200.

La curva 31 muestra la inercia térmica para Microtherm 1000R y de nuevo se rompe necesariamente en el punto 32 con un grosor de capa de 30 mm. La curva 33 muestra la inercia térmica para Microtherm 1000R y de nuevo se rompe necesariamente en el punto 34 con un grosor de capa de 60 mm. Cabe señalar que la inercia térmica aumenta inicialmente al aumentar el grosor de capa del aislamiento de alto rendimiento porque la temperatura de funcionamiento en la capa densa del aislamiento de alta temperatura aumenta debido a la mejora del aislamiento térmico. La inercia sólo volvería a disminuir con un nuevo aumento del grosor de capa del aislamiento de alto rendimiento, pero esto no es admisible debido a la temperatura de funcionamiento máxima.

La figura 2a muestra esquemáticamente una sección transversal a través de una sección cilíndrica 40 aislada de acuerdo con la invención con las dimensiones y la temperatura de funcionamiento de la sección 10 de la figura 1b. Se puede ver la zona de aislamiento 41, que presenta una capa interior 42 hecha de un material aislante de alta temperatura y una capa exterior hecha de un material aislante de alto rendimiento, por lo que en la forma de realización mostrada las capas a su vez están compuestas de Zircar ZYFB-3 o Microtherm 1000R.

Entre las capas 41,42 se encuentra un conducto de refrigeración 44, por el que circula un medio refrigerante durante el funcionamiento del receptor, que se calienta mediante la capa aislante interior 42, por lo que el conducto de refrigeración 44 queda a su vez aislado del entorno por la capa exterior 43. El conducto de refrigeración 44, el medio refrigerante y sus parámetros de funcionamiento, como velocidad de flujo, etc., se diseñan o seleccionan de tal manera que, durante el funcionamiento del receptor 4 (figura 1a), la capa aislante exterior 43 no se caliente por encima de su temperatura de funcionamiento, en el caso de Microtherm 1000R a 1000 °C. El experto puede determinar los materiales y parámetros de funcionamiento adecuados en cada caso concreto.

El medio refrigerante calentado de este modo puede ser conducido a continuación a un consumidor, donde libera de nuevo su calor, de modo que se aprovecha el calor procedente de la zona de aislamiento 41, lo que a su vez aumenta

la eficiencia del receptor 4 o de la unidad de proceso correspondiente.

Según los casos, esto permite ampliar la capa exterior 43 y/o reducir la capa interior 41, lo que reduce la inercia térmica del aislamiento.

5 En general, la recuperación del calor disipado por el aislamiento no reduce la eficiencia de la unidad de proceso, o sólo ligeramente [PG3], sino que mejora la inercia térmica, lo que aumenta la eficiencia global de la unidad de proceso. En una disposición de acuerdo con las figuras 3a y 3b, se da incluso el caso de que, además de la reducción deseada de la inercia térmica, la eficiencia de la unidad de proceso aumenta considerablemente: el diagrama de la figura 2b muestra la pérdida de calor a través del aislamiento de acuerdo con la invención mediante la curva 51, que es inferior a la pérdida de calor mostrada por la curva 21 en el caso de un aislamiento convencional. Véase la descripción de las figuras 2b a 3b a continuación.

15 El resultado es un procedimiento para aislar una unidad de proceso provista de una zona de aislamiento para contener un flujo de calor desde un lado caliente a un lado frío de la zona de aislamiento, en donde la zona de aislamiento se enfría en un lugar con una temperatura más baja que la del lado caliente, el calor absorbido por un medio refrigerante se retira de la zona de aislamiento y se alimenta de nuevo a un consumidor de calor como calor recuperado del funcionamiento en curso. Una unidad de proceso con una zona de aislamiento para la realización de este procedimiento presenta una disposición de refrigeración que está configurada de tal manera que disipa el calor de la zona de aislamiento durante el funcionamiento normal de la unidad de proceso.

20 Cabe señalar en este punto que el aislamiento de acuerdo con la invención difiere de cualquier sistema de refrigeración de emergencia, por ejemplo, en que disipa el calor de la zona de aislamiento, que se genera continuamente durante el funcionamiento normal.

25 En la invención, la zona de aislamiento está configurada con múltiples capas, en donde se prevén dos capas adyacentes, de las cuales la que está situada aguas arriba del flujo de calor presenta un coeficiente de conductividad térmica más alto y la que está situada aguas abajo del flujo de calor presenta un coeficiente de conductividad térmica más bajo, y en donde el medio refrigerante absorbe y disipa calor entre estas capas. En otras palabras, la zona de aislamiento está configurada preferentemente, al menos parcialmente, con varias capas, estando previstas dos capas adyacentes, de las cuales la que está situada aguas arriba del flujo de calor presenta una temperatura de funcionamiento máxima más alta y la situada aguas abajo del flujo de calor tiene una temperatura de funcionamiento máxima más baja, y en donde el medio refrigerante absorbe y disipa calor entre estas capas. El conducto de refrigeración 44 representa un intercambiador de calor que absorbe el calor de la capa aislante interior 42 y lo transfiere al medio refrigerante. En casos específicos, el experto puede configurar el intercambiador de calor adecuadamente y proporcionar una disposición distinta del conducto anular mostrado en la figura 2a, por ejemplo, un haz de tubos anular. En la invención, la unidad de proceso presenta así una disposición de enfriamiento que está provisto de un cambiador de calor dispuesto operativamente entre las capas sucesivas de una manera tal que este absorba calor de la zona de transición entre las capas durante el funcionamiento. También es preferible que la disposición de refrigeración esté configurada de tal manera que la capa (43,84) dispuesta junto a ella aguas abajo en el flujo de calor se encuentre a su temperatura de funcionamiento durante el funcionamiento.

45 Un conducto de refrigeración formado por tubos tiene la ventaja de que, con una velocidad de flujo del medio refrigerante adaptada correspondientemente, se configura un flujo esencialmente laminar en los tubos, lo que a su vez conduce a un enfriamiento convectivo de las capas aislantes adyacentes y a un coeficiente de transferencia de calor del conducto de refrigeración que es correspondientemente independiente de la velocidad de flujo del medio refrigerante (siempre que se mantenga el flujo laminar o que la velocidad de flujo no supere un límite correspondiente). En el caso de un gas absorbente (véase la descripción más adelante), se presenta un coeficiente de transferencia de calor independiente de la velocidad del flujo, incluso sin flujo laminar, si la relación entre el calor absorbido por el medio refrigerante en el conducto de refrigeración por absorción y el calor total absorbido en el conducto de refrigeración por absorción y convección es igual o superior a 0,5 o, preferentemente, igual o superior a 0,7, de manera particularmente preferida igual o superior a 0,8.

50 Esto permite una regulación simplificada de la refrigeración durante el funcionamiento.

55 - muestra un diagrama 50 con respecto a las condiciones térmicas en una unidad de proceso aislada de acuerdo con la invención, que está configurada como un receptor de acuerdo con la figura 2a.

60 En el eje vertical se representa el flujo de calor en kW/m, en el eje horizontal el grosor de una capa exterior 43 (Figura 2a) en este caso hecha de Microtherm 1000R. Se supone una anchura del conducto de refrigeración 44 (figura 2a) de 20 mm y un medio refrigerante de vapor de agua a 800 K.

65 El diagrama 50 muestra la curva 21 de la figura 1c, que muestra el flujo de calor que sale de la zona aislada 17, es decir, la pérdida de calor con un aislamiento convencional. Como se ha mencionado anteriormente, el punto 22 muestra el espesor máximo posible de la capa exterior 18 hecha de Microtherm 1000R.

A modo de comparación, la curva 51 muestra la pérdida de calor en el exterior de la capa exterior 43 hecha de Microtherm 1000R. La pérdida de calor mínima con el aislamiento de acuerdo con la invención se muestra en el punto 52 y es de aproximadamente el 10 % de la pérdida de calor del aislamiento convencional, véase el punto 22.

- 5 La curva 53 muestra el calor absorbido por el medio refrigerante en el conducto 44 - que no se pierde, sino que se suministra a un consumidor, véase también la descripción de la figura 3.

La curva 54 muestra el flujo de calor a través de la capa aislante interior 42.

- 10 La figura 2c muestra un diagrama 60, en el que la inercia térmica, es decir, la cantidad de calor necesaria se representa en kWh/m para calentar el aislamiento en el eje vertical, y el grosor de la capa exterior 43 se representa en el eje horizontal (figura 2a).

- 15 La curva 61 muestra la energía necesaria para calentar hasta la temperatura de funcionamiento en el caso de un aislamiento convencional, de acuerdo con la figura 1b, mientras que la curva 62 muestra la energía necesaria en el caso de un aislamiento de acuerdo con la invención, como se muestra en la figura 2a, que es significativamente inferior.

- 20 La figura 3a muestra esquemáticamente una unidad de proceso configurada como receptor 70, tal como se utiliza en una central eléctrica de torre solar de acuerdo con la figura 1a y puede utilizarse de acuerdo con la figura 3b para recuperar el calor procedente del aislamiento configurado de acuerdo con la invención.

- 25 El receptor 70 presenta una zona de calentamiento 71 con una abertura óptica 72, por ejemplo una ventana de cuarzo, y un absorbedor 73, estando previsto un espacio de absorción 74 entre la ventana de cuarzo 72 y el absorbedor 73, a través del cual fluye el medio caloportador de derecha a izquierda, es decir, hacia el absorbedor 73, según las flechas mostradas. Para ello, el equipo de transporte 75 dispone de toberas de entrada 76 dispuestas alrededor de la ventana de cuarzo 72 (conectada a la línea 8, véase la figura 1a) para el medio caloportador con la temperatura T_{en} , que desembocan en la cámara de absorción 74, y de una tobera de salida central 77 dispuesta detrás del absorbedor 73 para el medio caloportador con la temperatura T_o (que desemboca en la línea 6, véase la figura 1a).

- 30 El absorbedor 73 también puede estar configurado como un elemento reactor, mediante el cual la disposición mostrada se transforma de un receptor en un reactor receptor, es decir, una disposición en la que la radiación solar concentrada, por ejemplo de una central eléctrica de torre solar, se utiliza para permitir que tenga lugar una reacción química, en este caso preferentemente la producción de gas de síntesis.

- 35 Para ello, el absorbedor 73 configurado como reactor presenta, por ejemplo, un material reducible y oxidable para un proceso de reducción y otro de oxidación, preferentemente CeO_2 , que puede reducirse a una temperatura elevada u oxidarse en presencia de un gas oxidante. El experto puede especificar otros materiales para el caso concreto, por ejemplo dióxido de cerio (CeO_2), CeO_2 dopado o perovskita.

- 40 Además, el absorbedor 73 está configurado como una disposición de radiación de cuerpo negro, es decir, tiene una superficie 73' dispuesta en la trayectoria de la radiación solar incidente 78 y que absorbe esta radiación, la cual está configurada de tal manera que el absorbedor 73 se calienta operativamente debido a la radiación solar 78 incidente en su superficie 73' y, a continuación, emite la correspondiente radiación de cuerpo negro 3' (esencialmente radiación infrarroja) en el espacio de absorción 74 a través de su superficie 73'. El término radiación de cuerpo negro se utiliza en este caso para describir la radiación propia emitida por el absorbedor 73 debido a su temperatura, a diferencia de, por ejemplo, la luz solar 78 reflejada por él. La temperatura del absorbedor 73 aumenta en gran medida por la absorción de la luz solar 78 y puede estar en un intervalo de, por ejemplo, 1000 K a más de 2000 K, dependiendo del diseño del receptor 73 en el caso concreto, y dependiendo de los materiales utilizados. En principio, sin embargo, el rango de temperaturas de funcionamiento del receptor no está limitado al alza, sino que depende de las temperaturas deseadas y de los materiales disponibles.

- 55 De este modo, el absorbedor 73 emite su potencia calorífica en forma de radiación de cuerpo negro (radiación infrarroja) a la cámara de absorción 74, a menos que ésta se consuma en el caso de un reactor receptor para una reacción endotérmica de la reducción y de la formación de gas de síntesis durante la oxidación. La energía necesaria en correspondencia es suministrada por la radiación solar 78.

- 60 Además, se utiliza gas o mezcla de gases que absorbe la radiación infrarroja como medio caloportador, que absorbe la radiación de cuerpo negro del absorbedor 73 durante su tiempo de permanencia en la zona de calentamiento 71 y se calienta en consecuencia con respecto a T_{salida} . Como gas absorbente de infrarrojos puede utilizarse un gas heteropolar, preferentemente uno o una mezcla de los gases CO_2 , vapor de agua CH_4 , NH_3 , CO , SO_2 , SO_3 , HCl , NO , y NO_2 .

- 65 El uso de tales gases tiene como resultado final un efecto invernadero que puede ser aprovechado o se aprovecha por el receptor-reactor de acuerdo con la invención, ya que estos gases son altamente transparentes a la luz visible, que de este modo llega esencialmente al absorbedor, pero son poco o nada transparentes a la radiación infrarroja del absorbedor, de modo que se calientan por absorción delante del absorbedor hasta T_{salida} . En este caso cabe señalar

que los gases reales no absorben la luz visible o la radiación infrarroja de forma uniforme en todas las frecuencias ni son transparentes a ellas, sino que lo hacen con distinta intensidad, especialmente en bandas de frecuencia específicas de un gas concreto. Adicionalmente, la absorción disminuye con la distancia a la fuente de radiación. Antes en cuanto a la absorción o transparencia de la radiación, se ha hablado de "muy transparente" o "poco o nada transparente".

Un parámetro determinante es, por tanto, la capacidad de absorción α del gas caloportador, que puede medirse mediante ensayos, calcularse a partir de valores de líneas espectrales de bases de datos espectroscópicas moleculares (por ejemplo, HITEMP2010), o también determinarse de forma aproximada a partir de diagramas de emisividad según la regla de Hottel.

Cabe señalar en este punto que, además de la luz visible, que no presenta frecuencias infrarrojas, naturalmente la luz solar presenta tales frecuencias infrarrojas. De acuerdo con la invención, estas se absorben directamente mediante el fluido caloportador en la cámara de absorción, es decir, su energía se aprovecha esencialmente sin pérdidas, ya que la reflexión se absorbe a su vez por el fluido situado aguas abajo.

Por último, además de la utilización de un gas o mezcla de gases absorbentes de infrarrojos, se configura la cámara de absorción 71 y se determina el caudal másico del medio caloportador de tal manera que, preferentemente, toda la radiación de cuerpo negro del absorbedor 73 se absorba en su práctica totalidad por el medio caloportador, es decir, que la reflexión del absorbedor 14 a través de la abertura 72 se absorba en gran medida por el gas.

La reflexión del absorbedor 73 es su radiación de cuerpo negro, que se encuentra en una trayectoria que atraviesa la abertura 72 y, por tanto, si no se absorbe, se irradia al entorno, lo que reduce la eficiencia del reactor receptor. El receptor mostrado, en combinación con el absorbedor configurado como reactor, crea una zona especial, el espacio de absorción 71, para eliminar estas pérdidas de eficiencia dentro del marco de la geometría posible para un receptor o reactor receptor. La trayectoria que atraviesa la abertura no tiene por qué ser rectilínea, sino que también incluye la radiación de cuerpo negro del absorbedor 73 reflejada por las paredes de la cámara de absorción.

Una reflexión del absorbedor 73 absorbida de este modo requiere, por una parte, que el espacio de absorción 71 sea lo suficientemente largo y, por otra, que el flujo másico del fluido caloportador sea suficiente para mantener un perfil de temperatura en el espacio de absorción 71 de tal manera que la temperatura en el lugar de la abertura sea sólo insignificamente superior a T_{en} , lo que dejaría de ser el caso, por ejemplo, si el fluido caloportador se detuviera tras un período de tiempo. Un receptor de este tipo puede presentar una altura y un diámetro de 15,95 m cada uno, por lo que es adecuado para recibir la radiación solar procedente de un conjunto de helióstatos de acuerdo con la figura 1a, en donde el fluido caloportador se calienta esencialmente por absorción.

El uso de un gas absorbente de infrarrojos presenta tres ventajas: En primer lugar, de acuerdo con la invención, las pérdidas de radiación debidas a la reflexión de la radiación de cuerpo negro fuera de la abertura óptica se evitan predominantemente o esencialmente por completo. Esta reflexión reduce notablemente la eficiencia de un receptor convencional (y, por tanto, de un receptor-reactor).

En segundo lugar, el calor de la radiación de cuerpo negro del absorbedor puede utilizarse directamente en el fluido caloportador y está disponible para un uso flexible, véase también la descripción que figura a continuación.

En tercer lugar, el calentamiento del medio que transporta el calor hasta T_{salida} no requiere ningún esfuerzo constructivo, ni hay que aceptar las pérdidas de flujo correspondientes, como ocurre con los receptores convencionales que funcionan predominantemente por convección. Se eliminan los problemas asociados a los receptores volumétricos con absorbedores configurados espacialmente formados de estructura complicada (costes de construcción, pérdidas de caudal). Esto se cumple en particular a la cámara de absorción, ya que las altas temperaturas del absorbedor, pero también de las paredes laterales de la cámara de absorción, son ventajosas para una radiación de cuerpo negro lo más intensa posible en la cámara de absorción, de modo que no se requieren allí refrigerantes de todo tipo, en particular conductos de refrigeración, como es el caso de los receptores según el estado de la técnica - ya sean conductos de refrigeración en las paredes o conductos de refrigeración en el absorbedor que garantizan la máxima convección. La longitud y el diámetro de la cámara de absorción 74 son de 15,96 metros cada uno. Esto proporciona una longitud suficiente de la cámara de absorción para una absorción casi completa de la radiación de cuerpo negro del absorbedor. El absorbedor puede entonces configurarse como una simple placa, por ejemplo, de modo que el reactor receptor pueda fabricarse fácilmente como una solución constructiva de bajo coste. En este caso, la superficie del absorbedor que irradia a la cámara de absorción presenta preferentemente un material reducible/oxidable.

El diámetro de la abertura óptica 72 es de 11,28 m, por lo que es adecuado para absorber la radiación del campo de los helióstatos 2 (figura 1a), pero con una superficie de 100 m² sólo es la mitad de grande que el absorbedor 14 con 200 m² de modo que la reflexión del fluido caloportador con la temperatura T_{en} también se reduce en consecuencia.

El absorbedor 73 está compuesto de CeO₂ el peso del reactor receptor es de 144 t. El flujo de radiación a través de la abertura óptica 72 es de 1'200kW/m² y en la superficie absorbente de 14' 600 kW/m² (que presenta el doble de superficie que la abertura 72).

5 El fluido caloportador y absorbente de infrarrojos utilizado es vapor de agua, siendo su temperatura T_{en} de 1000 K. Esta temperatura es un ejemplo para un proceso industrial asociado al reactor receptor, que funciona a 900 K, por ejemplo, véase el consumidor 7 de la figura 1a. La temperatura T_{salida} del vapor de agua en el absorbedor es de 1800 K, que también es suficiente para la producción de gas de síntesis, por ejemplo.

10 La figura 3b muestra esquemáticamente una sección de una central eléctrica de torre solar 1 (figura 1a) con un receptor 80 que está aislado de acuerdo con la invención, es decir, que presenta una capa aislante 81 con un conducto de refrigeración 82, que a su vez está situado entre una capa aislante de alta temperatura 83 interior y una capa aislante de alto rendimiento 84 exterior. Esta disposición corresponde a la de la figura 2a. Una disposición de transporte para el fluido caloportador, en este caso a través del conducto 6 para fluido caloportador calentado, el consumidor 7 y el conducto 8 para fluido caloportador frío corresponde en general a la disposición de acuerdo con la figura 1a.

15 El conducto de refrigeración 82 tiene una tobera de entrada 85 aguas arriba y una tobera de salida 86 aguas abajo. En el presente caso, el fluido caloportador se utiliza como refrigerante, y el fluido caloportador frío fluye hacia la tobera de entrada a través de la línea 87, a través del aislamiento a lo largo de la zona de calentamiento 71 del receptor, donde se calienta, hasta la tobera de salida 86, donde entra en una línea 88, que a su vez desemboca hacia la cámara de absorción 74 a través de una entrada 88 prevista en el receptor 80.

20 El fluido frío caloportador que fluye desde la abertura óptica 72 del receptor 80 hacia el absorbedor 73 se calienta por absorción de forma continua desde T_{en} en la abertura óptica 72 hasta T_o , en el lugar del absorbedor 73, véase la descripción de las figuras 1a y 3a. En consecuencia, hay un lugar en la zona de calentamiento 71 donde la temperatura del fluido que fluye a través y se calienta continuamente corresponde a la temperatura del fluido extraído de la tobera de salida 86. En este lugar está prevista la entrada 88. En un caso concreto, el experto puede prever varias entradas para diferentes cargas de funcionamiento del receptor 80. Como alternativa, también se puede prever un circuito de refrigeración separado para el aislamiento, que presenta su propio consumidor.

30 El resultado es un procedimiento en el que, preferentemente, se utiliza como medio refrigerante un fluido caloportador que va a calentarse mediante el receptor y que, preferentemente, se introduce en el receptor una vez calentado en la zona de aislamiento. Para ello, una disposición de acuerdo con la invención prevé preferentemente que el receptor presente una disposición de transporte para un fluido caloportador, que esté configurada de tal manera que el fluido caloportador se caliente en el funcionamiento del receptor mediante este, y en donde la disposición de transporte esté configurada además de tal manera que transporte el fluido caloportador frío a través de la unidad de refrigeración y lo guíe hacia el interior del receptor.

35 Como resultado, mediante una disposición como la que se muestra a modo de ejemplo en la figura 3b puede reducirse significativamente la pérdida de calor en comparación con un aislamiento convencional, véase el punto 52 opuesto al punto 22 en el diagrama 50 de la figura 2b, ya que el calor extraído del aislamiento se recupera al mismo tiempo, lo que se consigue esencialmente en su totalidad en el caso de la disposición mostrada en la figura 3b. Adicionalmente, la inercia térmica se reduce significativamente, lo que también aumenta la eficiencia de la disposición aislada de acuerdo con la invención.

45 A tal fin, la unidad de proceso se configura preferentemente como receptor cuya temperatura de funcionamiento es igual o superior a 1000 K, preferentemente 1500 K, de manera particularmente preferida 1800 K, de manera muy preferida 2000 K. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, la unidad de proceso puede diseñarse de otra manera, por ejemplo como una línea de alta temperatura cuya temperatura de funcionamiento sea igual o superior a 1000 K, preferentemente 1500 K, de manera particularmente preferida 1800 K, de manera muy preferida 2000 K, y que sea además preferentemente una línea para un fluido caloportador calentado por un receptor.

50 La figura 3c muestra esquemáticamente un fragmento de una forma de realización similar a la de la figura 3b, aunque se ha modificado la guía de la línea 8 para el fluido caloportador. La línea 8 desemboca directamente en la tobera de entrada 85, y el conducto de refrigeración 82 en la cámara de absorción 74. El fluido caloportador sólo se calienta ligeramente debido a su gran flujo másico en el aislamiento, por lo que sólo se calienta de forma insignificante por encima de T_{en} , lo que significa que la reflexión en teoría ligeramente aumentada a través de la abertura óptica 72 no es significativa para la eficiencia.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el aislamiento de una unidad de proceso que está provista de una zona de aislamiento (17,41) para contener un flujo de calor desde un lado caliente a un lado frío de la zona de aislamiento (17,41), en donde la zona de aislamiento se enfría en un lugar con una temperatura que es más baja que la del lado caliente, el calor absorbido por un medio refrigerante se retira de la zona de aislamiento y se alimenta de nuevo a un consumidor de calor como calor recuperado del funcionamiento en curso, y en donde la zona de aislamiento (17,41) se configura con varias capas y se prevén dos capas contiguas (18,19,42,43), **caracterizado por que** de las capas, la situada aguas arriba del flujo de calor presenta un coeficiente de conductividad térmica λ mayor y la situada aguas abajo del flujo de calor presenta un coeficiente de conductividad térmica λ menor, y en donde el medio refrigerante absorbe y disipa calor entre dichas capas (18,19,42,43).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en donde de las capas, la situada aguas arriba del flujo de calor presenta una temperatura de funcionamiento máxima más alta y la situada aguas abajo del flujo de calor presenta una temperatura de funcionamiento máxima más baja.
3. Procedimiento según la reivindicación 1, en donde la unidad de proceso está configurada como receptor (70,80), cuya temperatura de funcionamiento es igual o superior a 1000 K, preferentemente 1500 K, de manera particularmente preferida 1800 K, de manera muy preferida 2000 K.
4. Procedimiento según la reivindicación 1, en donde la unidad de proceso se configura como una línea de alta temperatura cuya temperatura de funcionamiento es igual o superior a 1000 K, preferentemente 1500 K, de manera particularmente preferida 1800 K, de manera muy preferida 2000 K, y preferentemente como una línea para un fluido caloportador calentado por un receptor (70,80).
5. Procedimiento según la reivindicación 1, en donde se utiliza como medio refrigerante un gas heteropolar que absorbe la radiación infrarroja, preferentemente uno o una mezcla de los gases CO₂, vapor de agua, CH₄, NH₃, CO, SO₂, SO₃, HCl, NO y NO₂.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, en donde se utiliza una mezcla con vapor de agua y CO₂.
7. Procedimiento según la reivindicación 1, en donde la relación entre el calor absorbido por el medio refrigerante en un conducto de refrigeración por absorción y el calor total absorbido en el conducto de refrigeración por absorción y convección es igual o superior a 0,5 o preferentemente igual o superior a 0,7, de manera particularmente preferida igual o superior a 0,8.
8. Procedimiento según la reivindicación 1, en donde como medio refrigerante se utiliza un fluido caloportador que va a calentarse mediante el receptor (70,80), que preferentemente se introduce en el receptor (70,80) tras su calentamiento en la zona de aislamiento (17,41).
9. Unidad de proceso con una zona de aislamiento (17,41) para la realización del procedimiento según la reivindicación 1, en donde presenta una disposición de refrigeración que está configurada de tal manera que disipa calor de la zona de aislamiento (17,41) durante el funcionamiento normal de la unidad de proceso, y en donde la zona de aislamiento (17,41) tiene una estructura multicapa y en al menos dos capas sucesivas (42,43,83,84) en la dirección del flujo de calor previsto en el funcionamiento normal presenta un material aislante con un coeficiente de conductividad térmica λ diferente, **caracterizada por que** la capa dispuesta aguas arriba en el flujo de calor presenta el coeficiente de conductividad térmica λ más alto y en donde la disposición de refrigeración está provista de un intercambiador de calor dispuesto operativamente entre las capas sucesivas (42,43,83,84) de tal manera que este absorbe calor de la zona de transición entre las capas durante el funcionamiento.
10. Unidad de proceso según la reivindicación 9, en donde las al menos dos capas (42,43,83,84) sucesivas en la dirección del flujo de calor previsto en el funcionamiento normal presentan el material aislante con una temperatura de funcionamiento máxima diferente, en donde la capa (42,83) dispuesta aguas arriba en el flujo de calor tiene la temperatura de funcionamiento más alta.
11. Unidad de proceso según la reivindicación 9, en donde la disposición de refrigeración está configurada de tal manera que, durante el funcionamiento, la capa (43,84) dispuesta aguas abajo en el flujo de calor junto a ella presenta su temperatura de funcionamiento.
12. Unidad de proceso según la reivindicación 9, en donde esta está configurada como receptor (70,80).
13. Unidad de proceso según la reivindicación 12, en donde el receptor (70,80) presenta una disposición de transporte para un fluido caloportador, que está configurada de tal manera que el fluido caloportador se calienta en el funcionamiento del receptor (70,80) mediante este, y en donde la disposición de transporte está configurada adicionalmente de tal manera que transporta fluido caloportador frío a través de la unidad de refrigeración y lo guía hacia el interior del receptor (70,80).

14. Unidad de proceso según la reivindicación 9, en donde esta está configurada para una temperatura de funcionamiento de 1000 K o más, preferentemente 1500 K o más, de manera particularmente preferida 1800 K o más, de manera muy preferida 2000 K o más.

5

15. Unidad de proceso según la reivindicación 9, en donde esta está configurada como línea con una temperatura de funcionamiento de 1000 K o más, preferentemente 1500 K o más, de manera particularmente preferida 1800 K o más, de manera muy preferida 2000 K o más.

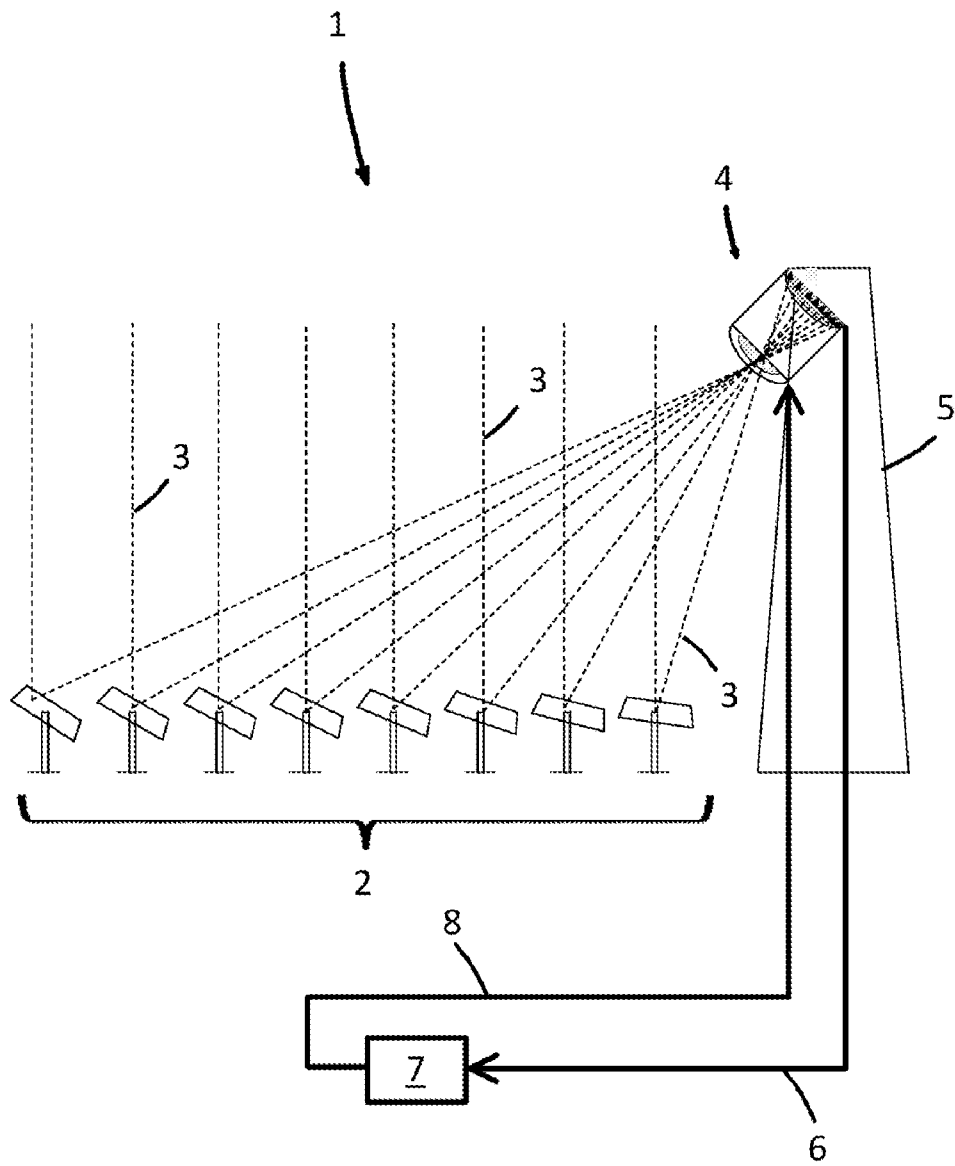


Fig. 1a

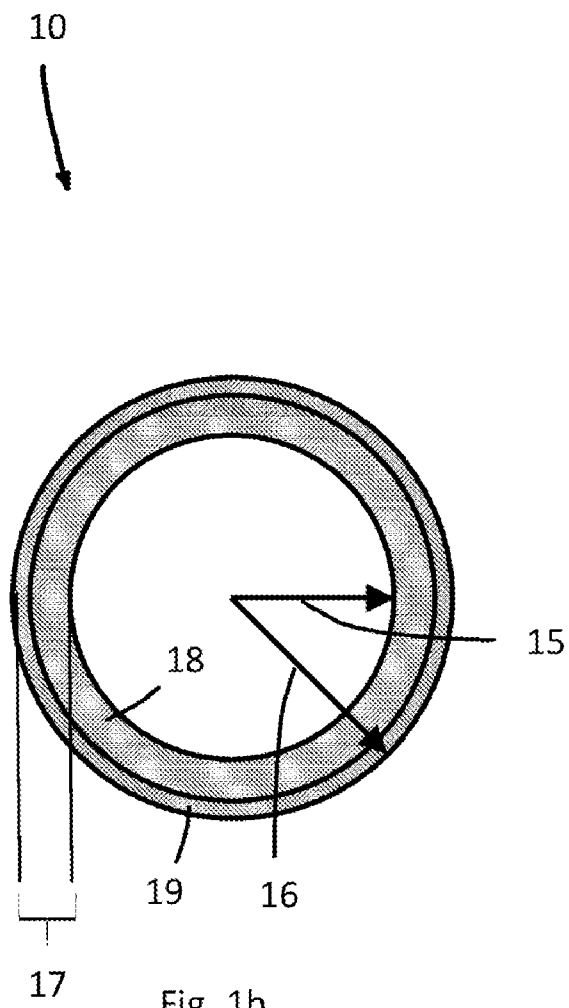


Fig. 1b

20

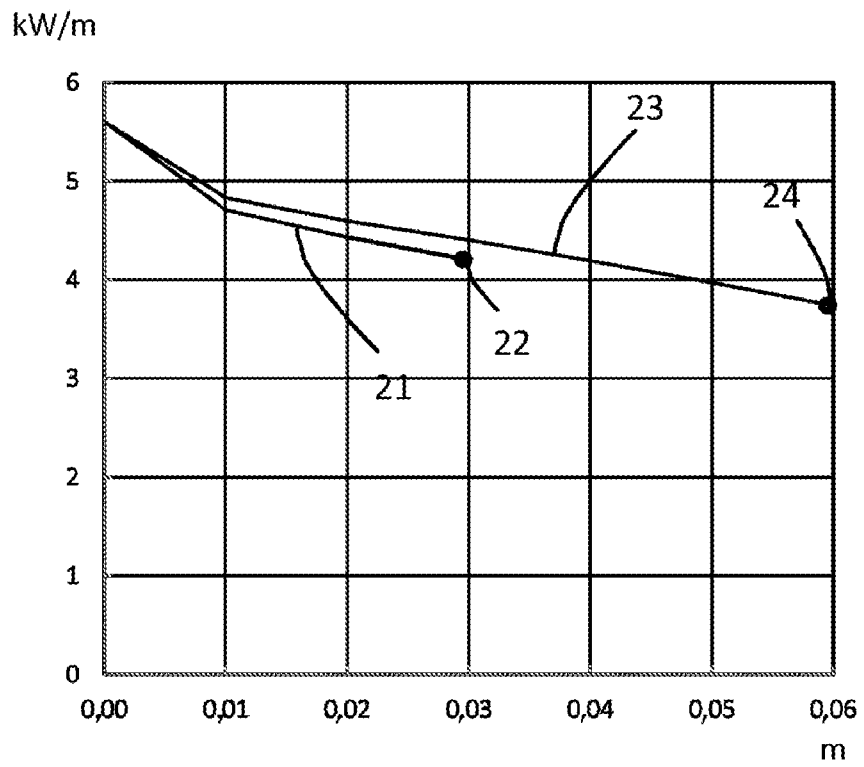


Fig. 1c

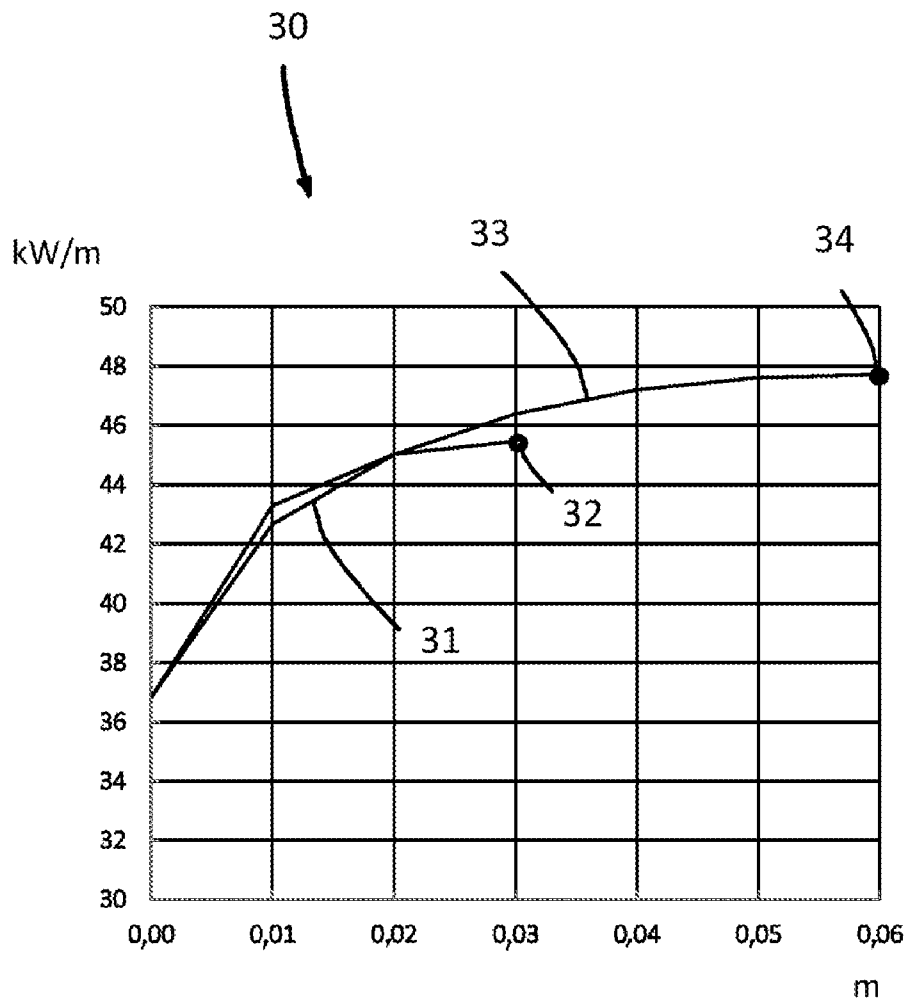


Fig. 1d

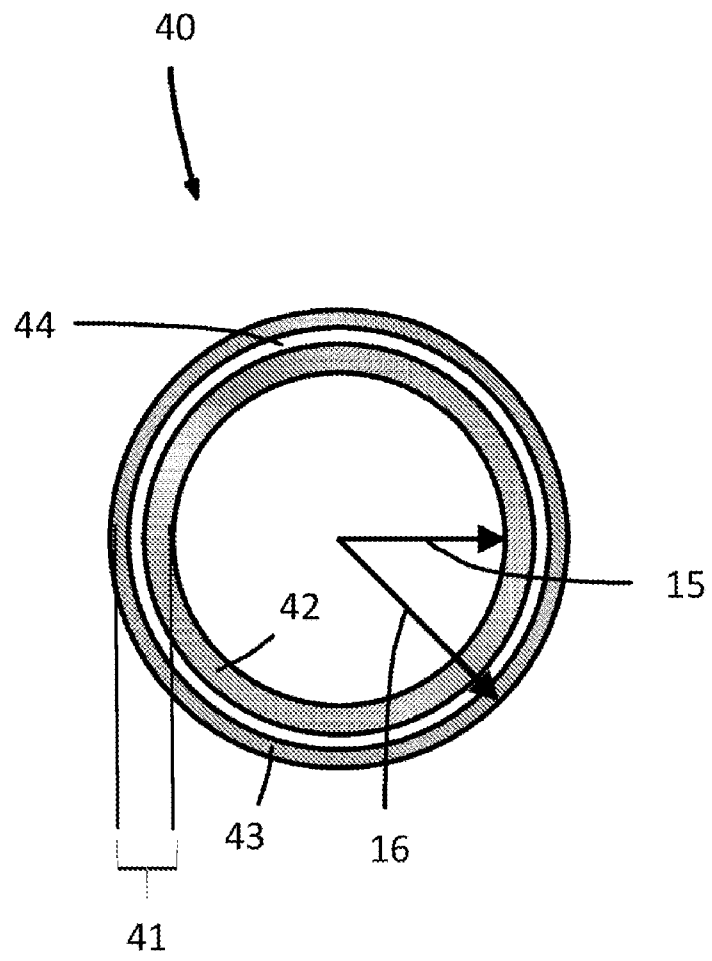


Fig. 2a

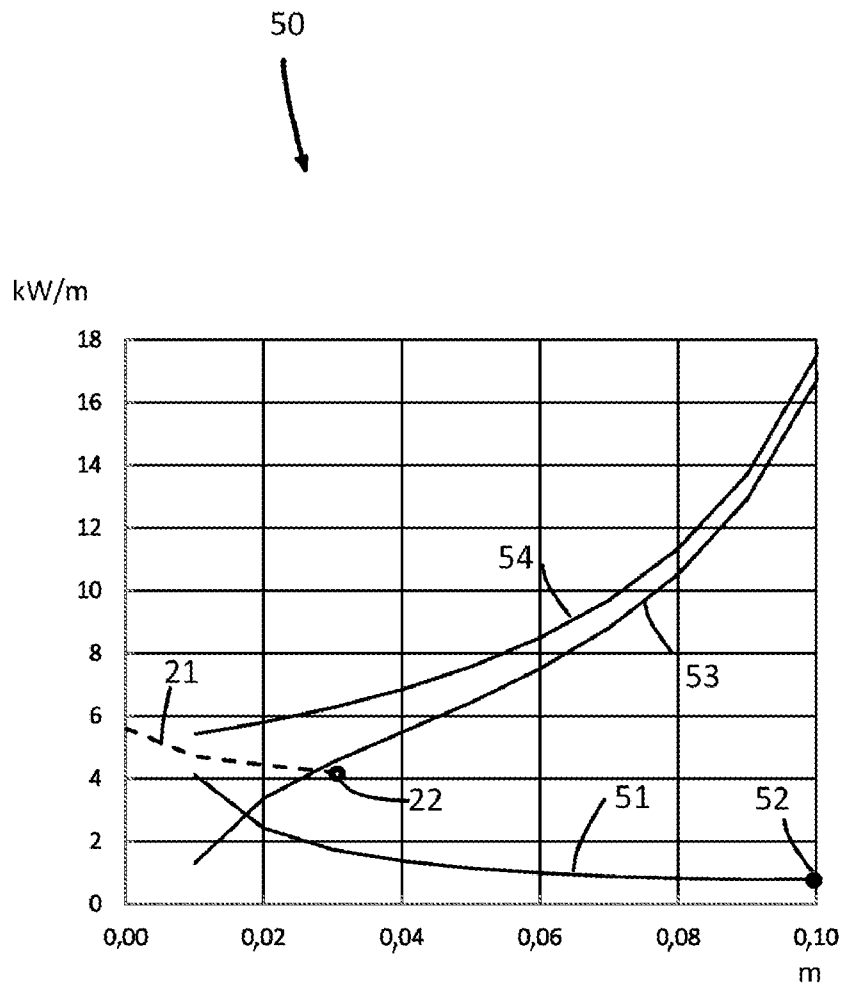


Fig. 2b

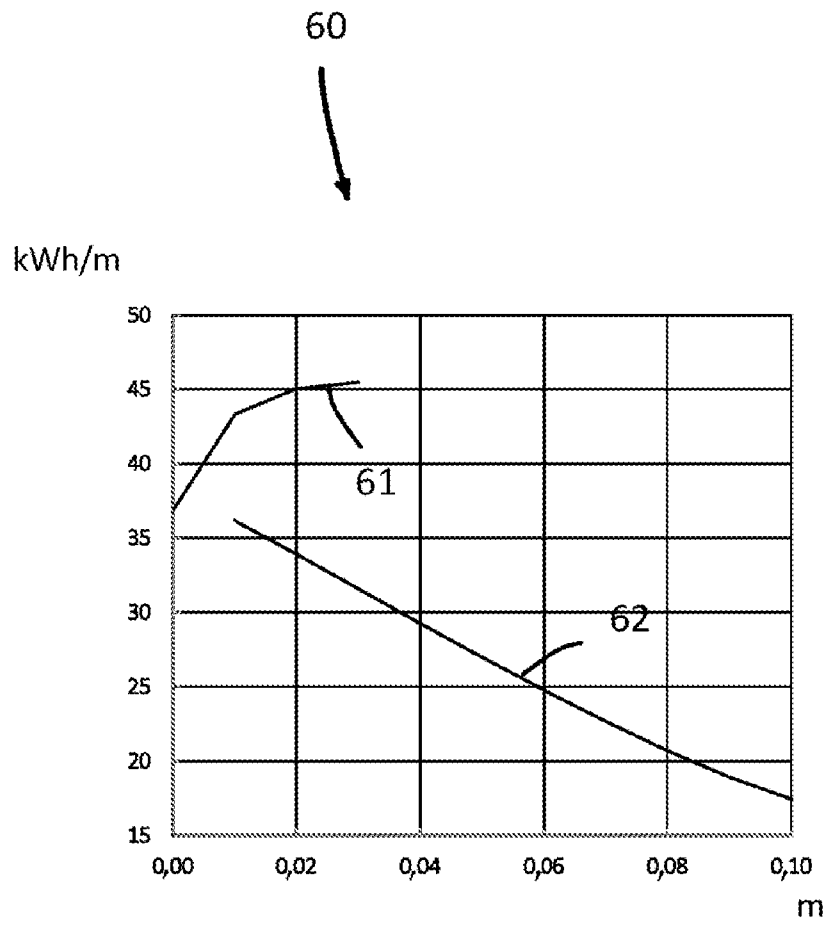


Fig. 2c

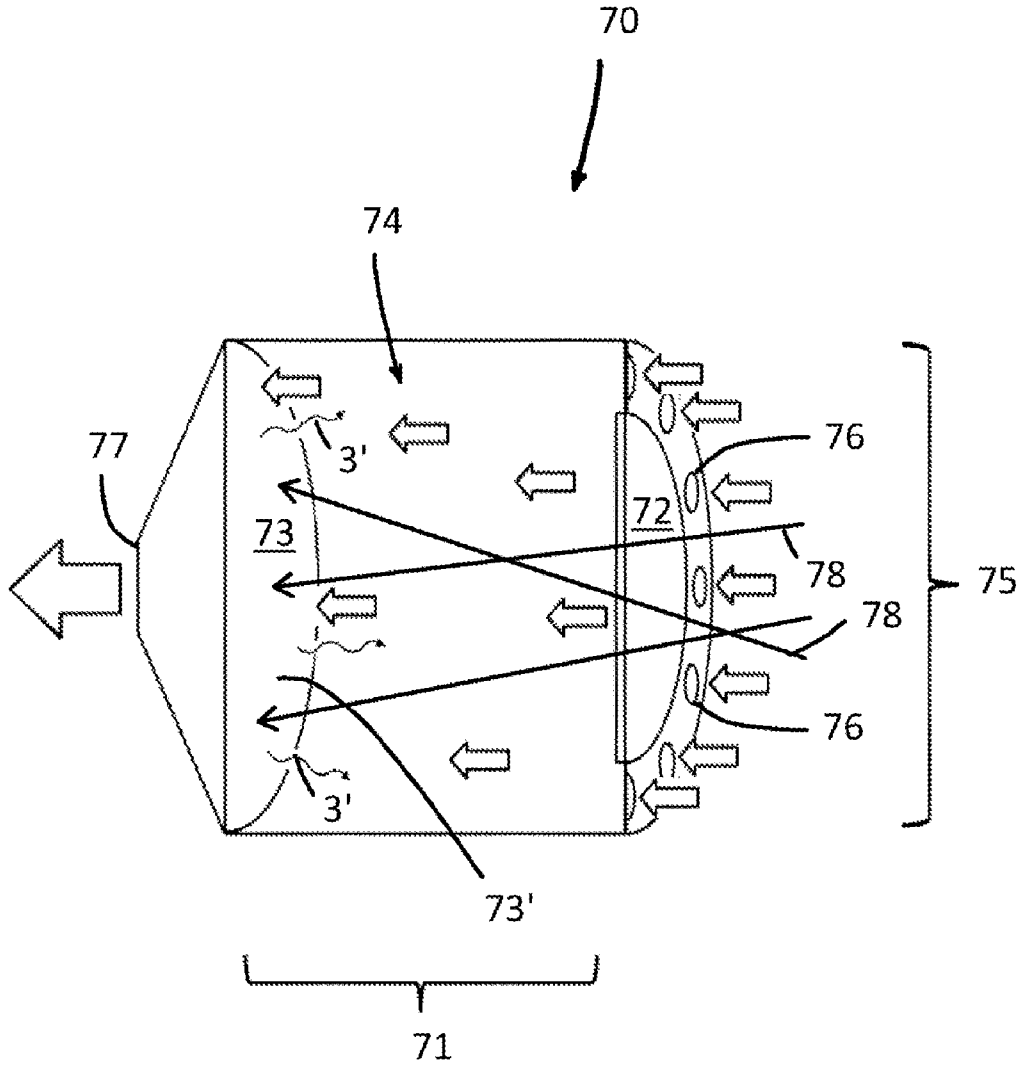


Fig. 3a

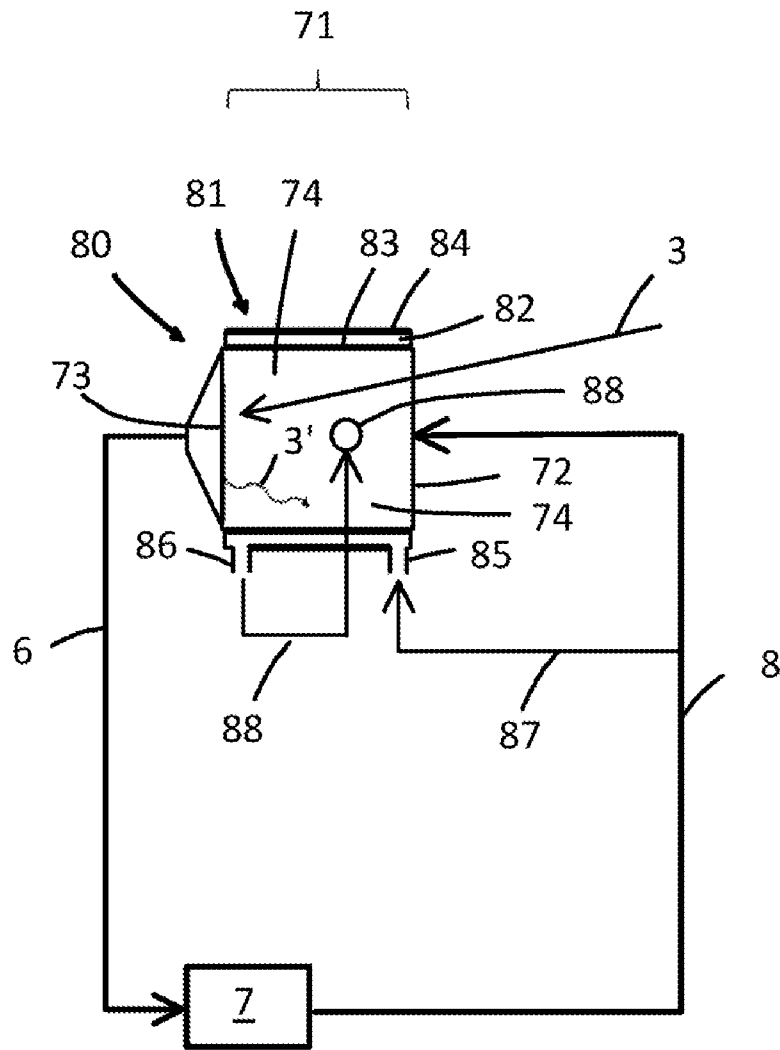


Fig. 3b

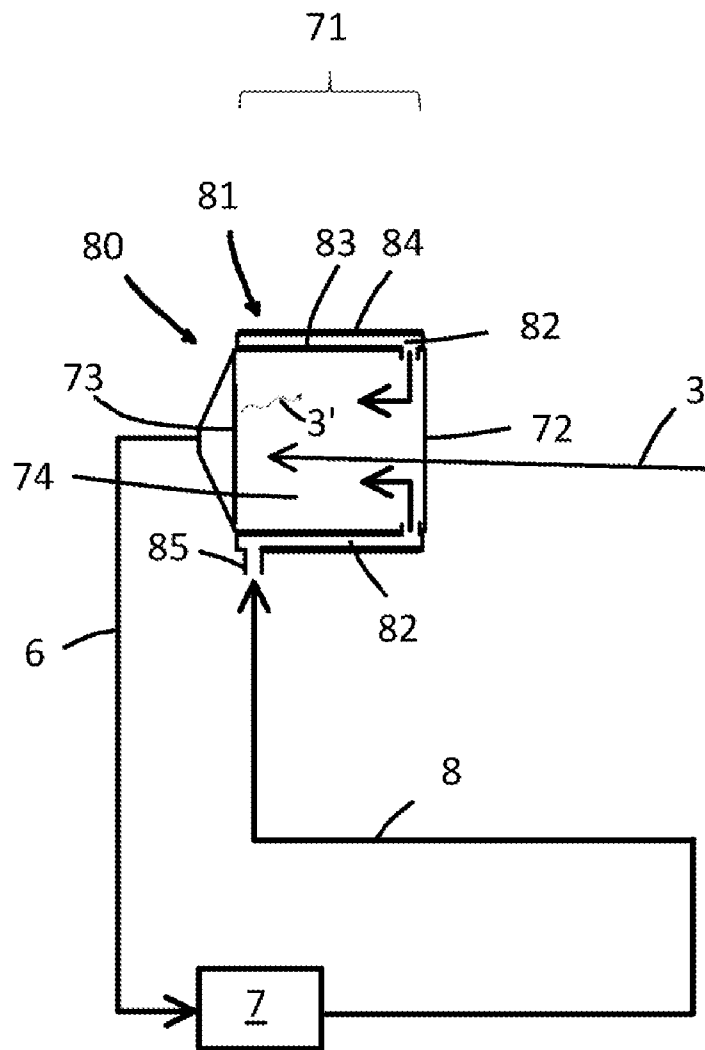


Fig. 3c