

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 951 421**

51 Int. Cl.:

F28F 13/18	(2006.01)
F28D 7/16	(2006.01)
F24S 80/20	(2008.01)
F24B 5/02	(2006.01)
F24S 10/30	(2008.01)
F24S 20/20	(2008.01)
F24S 60/00	(2008.01)
F24S 90/00	(2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.06.2018 PCT/CH2018/050020**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **10.01.2019 WO19006565**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.06.2018 E 18739721 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2023 EP 3649420**

54 Título: **Procedimiento para transferir el calor contenido en un gas e intercambiador de calor para este fin**

30 Prioridad:

07.07.2017 CH 8862017
24.01.2018 CH 822018

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.10.2023

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 2 951 421 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 transferir el calor contenido en un gas e intercambiador de calor para este fin

5 La presente invención se refiere a un procedimiento según el preámbulo de la reivindicación 1, a un intercambiador de calor según el preámbulo de la reivindicación 10 y a un procedimiento para el funcionamiento de un horno según el preámbulo de la reivindicación 16.

10 Las plantas de energía solar, como las plantas de energía solar de torre, funcionan a escala industrial, como por ejemplo la planta de energía solar Ivanpah en California, que tiene una capacidad nominal de 392 MW y genera directamente vapor en el intervalo de temperaturas superiores a 750 °K a 170 bar, siendo dirigida la radiación solar concentrada sobre los tubos de un intercambiador de calor dispuesto en la torre, en los que se genera así el vapor. Unos acumuladores de calor de sal permiten usar el vapor más allá de las fases de una buena irradiación solar. Para una mayor eficiencia, se prevé cada vez más plantas de energía solar de torre, que calientan mediante un receptor volumétrico aire a más de 1000 °K, hasta aproximadamente 1500 °K y, actualmente a modo de ensayo hasta 15 aproximadamente 2000 °K y más. A continuación, el aire calentado se usa mediante intercambiadores de calor para generar vapor o calor de proceso. Además, es previsible que se diseñen por ejemplo las plantas de energía solar de torre de este tipo también para un rango de potencia similar al de Ivanpah.

20 Por otro lado, se sabe que con pequeñas disposiciones locales independientes con un receptor de plato (que también pueden combinarse formando clústeres), también pueden alcanzarse temperaturas superiores a 1000 °K, incluso más de 2500 °K, con una potencia en el rango de kilovatios-hora. También es interesante el uso de las fuentes de calor de este tipo. Por su propia naturaleza, el calor radiante que se produce en el receptor de plantas solares se evacúa a 25 temperaturas superiores a 1000 °K en forma de aire caliente del receptor. El uso del calor transportado de esta manera requiere a su vez el uso de intercambiadores de calor dispuestos a continuación. La buena transferencia de calor al medio a calentar, que es fundamental para un intercambiador de calor, requiere un esfuerzo de construcción considerable, generalmente asociado con una considerable resistencia al flujo en el medio a calentar.

30 Correspondientemente, el objetivo de la presente invención es crear un procedimiento mejorado para transferir el calor contenido en un gas y un intercambiador de calor mejorado.

El documento WO2015181594 A1 representa el estado de la técnica más cercano al objeto de la reivindicación 1. El documento US 3 604 400 A representa el estado de la técnica más cercano para los objetos de las reivindicaciones 10 y 17.

35 Este objetivo se consigue mediante un procedimiento según las características de la reivindicación 1, mediante un intercambiador de calor con las características de la reivindicación 10 y mediante un procedimiento operativo con las características de la reivindicación 16.

40 Puesto que se usa un gas que emite radiación infrarroja y se alimenta a un espacio de absorción de un intercambiador de calor, el calor de este puede transferirse por radiación, es decir, mediante su radiación infrarroja, con suficiente potencia a una superficie absorbente del intercambiador de calor. Gracias a ello se suprimen las etapas del procedimiento y las disposiciones para la transferencia de calor optimizada por convección, que debido a la relación lo más grande posible de superficies convectivas al volumen del gas que emite calor conllevan unos gastos de 45 fabricación importantes y generan una resistencia al flujo considerable.

Puesto que un gas que emite calor mediante radiación infrarroja se conduce a un espacio de absorción de un intercambiador de calor, la transferencia de calor pretendida puede tener lugar sobre todo por absorción, lo que permite configurar el intercambiador de calor de manera correspondientemente sencilla. Puesto que un horno está provisto de un conducto de alimentación para gas calentado indirectamente, que emite radiación en el rango infrarrojo, este puede 50 hacerse funcionar en lugar de con productos de combustión que emiten calor mediante radiación (gases y en particular hollín, que también emite radiación en el rango de frecuencias visible y hace así que la llama sea visible) con el gas calentado indirectamente, lo que permite hacer funcionar un horno que se ha reequipado con poco esfuerzo sin sustancias contaminantes o suprimir el funcionamiento de instalaciones para la eliminación de sustancias 55 contaminantes y seguir usando la infraestructura existente con pocas modificaciones.

Si, con respecto a la superficie absorbente, la relación ψ del flujo de calor por absorción al flujo de calor total que fluye por la misma es $\geq 0,6$, las ventajas anteriormente indicadas son particularmente evidentes.

60 Los gases que emiten radiación infrarroja pueden ser calentados en particular por un receptor según la solicitud de patente CH 00627/17 aún no publicada, que, a diferencia de los receptores volumétricos conocidos, calienta un gas por absorción. Los gases de este tipo, que pueden calentarse por radiación a modo de radiación de cuerpo negro, emiten a su vez radiación en el rango infrarrojo y, además de los gases que emiten una radiación infrarroja calentados convencionalmente, están disponibles idealmente para su uso de acuerdo con la invención.

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

A continuación, la invención se explica con más detalle con ayuda de las figuras.

Muestra:

- 5 la figura 1a esquemáticamente un intercambiador de calor de acuerdo con la invención en corte transversal,
 la figura 1b esquemáticamente una vista desde el exterior del espacio de absorción de un intercambiador de calor del tipo que se muestra en la figura 1a,
 10 la figura 1c esquemáticamente una forma de realización modificada del intercambiador de calor de las figuras 1a y b en la vista de la figura 1b,
 la figura 2a el esquema de una instalación con un acumulador de calor y un intercambiador de calor de acuerdo con la invención,
 15 la figura 2b las etapas del procedimiento de acuerdo con la invención para transferir el calor contenido en un gas,
 la figura 3a esquemáticamente una vista del espacio de absorción de un reformador convencional que se hace funcionar de acuerdo con la invención,
 20 la figura 3b las etapas del procedimiento operativo de acuerdo con la invención, y
 la figura 4 un receptor para generar gas calentado indirectamente, que emite radiación infrarroja.

25 La figura 1a muestra esquemáticamente una vista en corte transversal de una forma de realización de un intercambiador de calor 1 según la presente invención. Un gas calentado indirectamente, que emite calor (véase más adelante) llega a través de un conducto de alimentación 2 según la dirección de la flecha mostrada a una cámara de absorción 3, fluye por la misma hacia un conducto de salida 4, a través del cual el gas vuelve a salir del intercambiador de calor 1, formando en la forma de realización mostrada, el conducto de alimentación 2, la cámara de absorción 3 y el conducto de salida 4 una disposición para transportar gas por el intercambiador de calor 1.

30 Un gas calentado indirectamente de acuerdo con la presente invención se ha calentado antes de llegar al intercambiador de calor 1, no procediendo el calor a intercambiar en el espacio de absorción de su propia combustión, a diferencia de un gas de humo generado en el espacio de absorción, es decir, un producto de combustión, cuyo calor a intercambiar se ha generado mediante un proceso de combustión que actúa en el espacio de absorción.

40 Entre el conducto de alimentación 2 y la cámara de absorción 3 hay un distribuidor 5 para el gas que fluye por la cámara de absorción 3 de tal manera que fluye a través de la cámara de absorción 3 en todo su diámetro. Un colector 6 para el gas conduce este detrás de la cámara de absorción 3 al conducto de salida 4. En este caso, el distribuidor 5 y el colector 6 también forman parte de la disposición para transportar gas por el intercambiador de calor 1. En el caso concreto, el distribuidor 5 y el colector 6 pueden ser diseñados adecuadamente por un experto.

45 En la forma de realización mostrada, la cámara de absorción 3 está configurada de manera cilíndrica y el gas conducido es gas o una mezcla de gases que emite radiación en el rango infrarrojo, que presenta gases que emiten radiación en el rango infrarrojo.

50 En la cámara de absorción 3 están dispuestos conductos que discurren axialmente con respecto a la misma, configurados en este caso como tubos 7, que a su vez son alimentados por un distribuidor 8 para fluidos a calentar y desembocan en un colector 9 para los fluidos calentados. A su vez, en el caso concreto el distribuidor 8 y el colector 9 pueden ser diseñados adecuadamente por el experto. Las superficies de los tubos 7 forman superficies que absorben radiación infrarroja. En caso de estar previsto solo un tubo 7, está presente al menos una superficie absorbente, de lo contrario, varias, en particular en el caso aquí mostrado un haz de tubos 7 (véanse las figuras 1b y 1c).

55 El gas caliente, que emite radiación en el rango infrarrojo, que fluye por el intercambiador de calor 1 y, por lo tanto, el espacio de absorción 3, emite correspondientemente radiación hacia las superficies de los tubos 7 y las calienta, de modo que se produce un intercambio de calor entre el gas de radiación infrarroja y las superficies absorbentes de los tubos 7, que a su vez calientan el fluido que fluye por ellos. Los tubos forman por lo tanto una superficie prevista para el intercambio de calor por radiación infrarroja - por ejemplo, a diferencia de la superficie de la pared 10 de la cámara de absorción 3 que, a pesar del aislamiento, provoca una pérdida de calor no deseada del gas, que no sirve para el fin previsto del intercambio de calor, y están diseñados para absorber la radiación infrarroja, es decir, tienen una superficie que no está configurada como reflector

65 Gases que emiten radiación en el rango infrarrojo son, por ejemplo, CO₂, vapor de agua, CH₄, NH₃, CO, SO₂, HCl, NO y NO₂.

Generalmente, los gases emiten radiación electromagnética en las bandas de frecuencia características para ellos, dependiendo la intensidad de radiación o la potencia de la radiación por superficie en W/m^2 de la temperatura.

5 Para cuerpos sólidos se aplica el modelo del cuerpo negro radiante (ideal) ("radiación de cuerpo negro"), cuya intensidad de radiación en W/m^2 depende en todo el espectro de frecuencias de su temperatura, desplazándose el máximo de intensidad hacia frecuencias más altas a medida que aumenta la temperatura del cuerpo negro y aumentando al mismo tiempo con la cuarta potencia de la temperatura.

10 Incluso el cuerpo sólido real presenta caídas en la radiación en su espectro de frecuencias en comparación con el espectro de frecuencias del cuerpo negro (ideal); para un cuerpo sólido real determinado, la intensidad de la radiación cae en parte considerablemente en las frecuencias que son características de este cuerpo.

15 Los gases que solo emiten radiación en bandas de frecuencia determinadas, que pueden estar en el rango ultravioleta, en el rango visible o en el rango infrarrojo, tienen propiedades más extremas en este sentido. Si un gas emite por ejemplo radiación en el rango ultravioleta a una temperatura comparativamente baja, su intensidad de radiación, es decir, la potencia radiada, es baja, si emite radiación en el rango infrarrojo a la misma temperatura, su intensidad de radiación es alta. De acuerdo con la invención, esta propiedad de los gases se aprovecha para que, en los rangos de temperatura que en la actualidad son técnicamente manejables, de hasta $2500\text{ }^{\circ}K$ o superiores (en los próximos años, estos rangos de temperatura aumentarán) se usan gases que emiten radiación en el rango infrarrojo, siendo en este caso la intensidad de radiación de los mismos considerable y, por lo tanto, pudiendo aprovecharse eficientemente para el intercambio de calor.

25 Gracias a ello, además de las ventajas que se indican a continuación, puede configurarse un intercambiador de calor muy sencillo pero a pesar de ello eficiente, que transfiere el calor de un gas que emite radiación en el rango infrarrojo a otro medio. Entre otras cosas (véase al respecto más adelante) se suprime el esfuerzo de construcción habitual para la transferencia de calor por convección, que tiene lugar por contacto y que requiere correspondientemente una superficie de intercambio de calor grande en relación con el volumen del gas que emite calor.

30 La solicitante ha descubierto que las ventajas constructivas del intercambio de calor por emisión/absorción se manifiestan sobre todo cuando la relación ψ del flujo de calor intercambiado por absorción al flujo de calor total intercambiado (por absorción y convección) es $\geq 0,6$, es decir, la parte de la absorción es superior a la parte de la convección. A este respecto, un intercambio de calor por convección es inevitable, incluso en la realización más simple del intercambiador de calor y, en el sentido de intercambio de calor, también es muy bienvenido. No obstante, cuanto menor sea la parte de la convección, mayor será la simplificación desde el punto de vista constructivo o y menor el coste de fabricación y en todo caso de mantenimiento del intercambiador de calor propiamente dicho. En un caso concreto, el experto en la materia puede diseñar adecuadamente los parámetros determinantes (el gas o la mezcla de gases que emiten radiación infrarroja, su temperatura, presión y velocidad de flujo, la geometría del espacio de absorción y de la al menos una superficie absorbente, etc.), para ajustar la relación $\psi \geq 0,6$ y realizar las ventajas de acuerdo con la invención.

40 En este punto debe señalarse que la forma de realización mostrada con cinco tubos 7 en el diámetro de la cámara de absorción 3 cilíndrica ha de entenderse únicamente a modo de ejemplo para explicar las relaciones. Por ejemplo, es posible prever cualquier número de conductos que pasan por el espacio de absorción en cualquier configuración y cualquier curso (es decir, no solo discurren axialmente), siempre que siga predominando la parte de la recepción de calor por absorción, es decir, esté realizada la relación $\psi \geq 0,6$.

50 De acuerdo con la invención, en este caso resulta un procedimiento para el intercambio de calor de un calor contenido en un fluido, usándose como fluido un gas calentado indirectamente que emite radiación infrarroja, que se conduce mediante un conducto de alimentación (2) al intercambiador de calor (1) y es conducido en este por un espacio de absorción (3), estando prevista en el espacio de absorción (3) al menos una superficie que absorbe la radiación infrarroja del gas para aprovechar el calor del mismo, y ajustándose el caudal másico y la temperatura del gas de tal modo que la al menos una superficie absorbente para el intercambio de calor esté configurada de tal manera que durante el funcionamiento la relación ψ del flujo de calor que fluye por la misma al flujo de calor total que pasa por la misma es $\geq 0,6$.

55 Un intercambiador de calor para la realización de este procedimiento tiene una disposición para el transporte de gas que emite calor en el intercambiador de calor mediante radiación infrarroja, que presenta un espacio de absorción con al menos una superficie prevista para el intercambio de calor mediante radiación infrarroja, estando configurado el intercambiador de calor con un conducto de alimentación para gas calentado indirectamente que emite calor y estando configurados el espacio de absorción y la al menos una superficie absorbente de tal manera que durante el funcionamiento, con un caudal másico predeterminado y una temperatura predeterminada del gas que emite calor en la superficie absorbente la relación ψ del flujo de calor que fluye por la misma por absorción al flujo de calor total que fluye por la misma es $\geq 0,6$. A este respecto, el intercambiador de calor está configurado preferentemente con una disposición para el transporte de gas que emite calor en el intercambiador de calor mediante radiación infrarroja, que presenta un espacio de absorción (3) con al menos una superficie prevista para el intercambio de calor mediante radiación infrarroja, y un gas calentado indirectamente que emite calor mediante radiación infrarroja que fluye por la

disposición, estando configurado el intercambiador de calor con un conducto de alimentación para gas calentado indirectamente que emite calor y estando configurados el espacio de absorción y la al menos una superficie absorbente de tal manera y estando ajustados el caudal másico y la temperatura del gas que emite calor de tal manera que en la superficie absorbente la relación ψ del flujo de calor que fluye por la misma por absorción al flujo de calor total que fluye por la misma es $\geq 0,6$.

Para este fin, el intercambiador de calor puede estar provisto, por ejemplo, de un control correspondiente, que controla el caudal másico que pasa por el espacio de absorción, estando previsto preferentemente un sensor de temperatura para la temperatura del gas que emite calor que fluye hacia el intercambiador de calor, que genera una señal de temperatura correspondiente para el control, que ajusta o regula a continuación el caudal másico. El control no está necesariamente integrado en el intercambiador de calor, pudiendo estar dispuesto, por el contrario, en un lugar adecuado en la instalación en la que se usa el intercambiador de calor. El experto en la materia puede diseñar el control adecuadamente para el caso concreto, incluidos los sensores para los datos que han de ser procesados por el control, de manera que se presente la relación $\psi \geq 0,6$.

La figura 1b muestra una vista desde el exterior de la cámara de absorción 3 del intercambiador de calor 1 de la figura 1a. Puede verse la pared cilíndrica 10 de la cámara de absorción 3, así como los tubos 7, que están dispuestos en un haz espacial, discurriendo uno al lado del otro y que llenan así aproximadamente de manera uniforme el espacio de absorción 3 cilíndrico en la forma de realización mostrada. Por razones relacionados con la técnica del procedimiento, también puede estar prevista otra disposición. En el funcionamiento del intercambiador de calor 1 (figura 1a), los tubos 7 son calentados esencialmente por absorción a lo largo de su longitud por el gas que emite radiación infrarroja (por ejemplo, vapor de agua) que fluye por ellos en la dirección axial y que está simbolizado por las flechas 15. En la misma dirección indicada por las flechas 15, en los tubos propiamente dichos fluyen en este caso por ejemplo, componentes para la producción (catalítica) de gas sintético u otras sustancias que reaccionan químicamente, o simplemente un fluido que puede conducir el calor intercambiado por ejemplo en el sentido de un circuito secundario a un lugar adecuado, como puede ser el caso, por ejemplo, cuando se produce calor de proceso.

En el caso de la producción de gas sintético, la disposición mostrada en las figuras 1a y 1b representa un reformador con intercambio de calor realizado de acuerdo con la invención. La producción de gas sintético requiere altas temperaturas, como una temperatura media del tubo de 1200 °K. En este caso, se supone al respecto en el sentido de un ejemplo de realización sencillo que hay un diámetro de tubo exterior de 130 mm, un diámetro de tubo interior de 100 mm y una longitud de tubo de 12 m (es decir, una altura de la cámara de absorción 3 de 12 m), debiendo ser el flujo de calor q que entra en un tubo 7 de 100 kW/m² de la superficie del tubo (lo que depende, por supuesto, del respectivo proceso que tenga lugar en el tubo). Se supone además que la distancia entre los tubos de centro a centro es seis veces el diámetro exterior de los tubos, es decir, 780 mm, y la distancia de un tubo más exterior a la pared 10 de la cámara de absorción 3 es la mitad, es decir 390 mm. Gracias a ello, el espacio de absorción 3 tiene un diámetro de 3,9 m. La presión parcial del gas que emite radiación infrarroja es de 1 bar, presentando el vapor de agua que en el ejemplo supuesto fluye por el mismo la presión ambiente de 1 bar (por lo tanto, no se han añadido gases que no emitan radiación).

De un cálculo aproximado realizado por la solicitante, basado en las suposiciones anteriores, resultan los valores indicados en la siguiente tabla para la relación ψ con ayuda de dos ejemplos con diferentes temperaturas del gas calentado indirectamente disponible:

T_{in}	(temperatura de entrada del gas)	1700 °K	1580 °K
T_{out}	(temperatura de salida del gas)	1340 °K	1460 °K
v	(velocidad de flujo)	7,1 m/s	21,1 m/s
ψ	(relación absorción / absorción + convección)	0,97	0,94
T_{gas}	Temperatura media del gas para el cálculo aproximado	1520 °K	1520 °K

Por lo tanto, puede realizarse el intercambio de calor de acuerdo con la invención mediante el intercambiador de calor 1 representado (figura 1a). Cabe señalar que en el cálculo aproximado se supusieron condiciones uniformes en el espacio de absorción 3, es decir, se pasaron por alto los efectos en la pared 10, así como el perfil de temperatura real desde la entrada hasta la salida de los tubos 7 (es decir, a lo largo del eje del espacio de absorción 3 cilíndrico). No obstante, esto no cambia que en principio sea viable.

Según la reacción (como se ha mencionado anteriormente: por ejemplo una reacción de gas sintético) o según las necesidades del fluido que absorbe calor, en los conductos (tubos 7) hay una sobrepresión de, por ejemplo, 40 bar, pudiendo ser deseable también una sobrepresión mayor de, por ejemplo, 100 bar. En este caso, los espesores de pared de los conductos (tubos 7) que deben configurarse con una resistencia a la presión correspondiente, aumentan correspondientemente, lo que es a su vez poco favorable para el flujo de calor que entra en el conducto, de modo que debe aumentarse, por ejemplo, la temperatura del gas que emite radiación infrarroja para mantener el flujo de calor deseado (en el presente ejemplo, 100 kW/m²).

Según el concepto de acuerdo con la invención del espacio de absorción 3 (o del intercambiador de calor 1, figura 1a), los conductos 7 que pasan por el espacio de absorción 3, pueden agruparse de forma compacta, por ejemplo de tal manera que el espacio de absorción 3 queda delimitado por una pared tubular 10. Esto permite a su vez diseñar el espacio de absorción 3 de manera comparativamente sencilla para presiones más altas o altas, puesto que en este caso se producen tensiones tangenciales en una zona de pared tubular debido a la presión que son esencialmente más fáciles de dominar desde el punto de vista constructivo. Si hay sobrepresión en el espacio de absorción 3, la diferencia de presión con la presión interior de los conductos (tubos 7) disminuye. Correspondientemente, pueden reducirse los espesores de pared de los conductos y, por lo tanto, puede mejorarse el flujo de calor al interior de los conductos.

El resultado es un intercambiador de calor de acuerdo con la invención con una disposición para el transporte de gas que emite calor en el intercambiador de calor mediante radiación infrarroja, que presenta un espacio de absorción con al menos una superficie prevista para el intercambio de calor mediante radiación infrarroja, caracterizado por que el intercambiador de calor está configurado con un conducto de alimentación para gas calentado indirectamente que emite calor y el espacio de absorción y la al menos una superficie absorbente están configurados de tal manera que durante el funcionamiento, con un caudal másico predeterminado y una temperatura predeterminada del gas que emite calor en la superficie absorbente la relación ψ del flujo de calor que fluye por la misma por absorción al flujo de calor total que fluye por la misma es $\geq 0,6$.

Además, resulta que la al menos una superficie absorbente está formada preferentemente por una serie de conductos, preferentemente tubos, y estando dispuestos los conductos como un haz que se extiende por el espacio de absorción y estando previsto entre los conductos un espacio para que fluya de manera operativa un gas que emite radiación infrarroja.

También resulta que el espacio de absorción está configurado preferentemente de manera resistente a la presión, para una presión del gas que emite calor de ≥ 5 bar, preferentemente de ≥ 10 bar, de forma especialmente preferida de ≥ 20 bar y de manera aún más preferida de ≥ 50 bar.

De un cálculo aproximado con las suposiciones anteriormente indicadas para las dimensiones de los tubos 7 y del flujo de calor de 100 kW/m^2 resulta una presión de funcionamiento de 10 bar en el espacio de absorción 3 si se usa vapor de agua como gas que emite radiación infrarroja:

T_{in}	(temperatura de entrada del gas)	1620 °K
T_{out}	(temperatura de salida del gas)	1340 °K
v	(velocidad de flujo)	3,8 m/s
ψ	(relación absorción / absorción + convección)	0,9
T_{gas}	Temperatura media del gas para el cálculo aproximado	1480 °K

La emisividad ϵ de un gas aumenta con su presión p y el espesor L de la capa de gas que emite la radiación (longitud del recorrido); se cumple $\epsilon = f(p, L)$. La curva de emisividad adimensional muestra la forma de un palo de hockey invertido, con una pendiente pronunciada cuando la longitud de recorrido es reducida (L) y una pendiente reducida a cierta distancia de la pared que recibe la radiación, es decir, cuando la longitud de recorrido es más grande. Al aumentar la presión, pueden reducirse las distancias entre el tubo 7 y el tubo 7, en el presente ejemplo a 390 mm, lo que a una presión de funcionamiento de 10 bar en el espacio de absorción 3 conduce a un diámetro de 1,95 m, es decir, la mitad del diámetro del espacio de absorción 3 en comparación con el caso con una presión de funcionamiento de 1 bar. Estas dimensiones más reducidas favorecen el diseño resistente a la presión del espacio de absorción, lo que facilita a su vez presiones aún más elevadas en el mismo. En un caso concreto, el experto en la materia puede determinar, por ejemplo a partir de la presión interna óptima en los conductos 7 y de su espesor de pared (transporte de calor) una presión de funcionamiento en el espacio de absorción 3, evaluándose los costes para la seguridad en caso de altas presiones y para el transporte de calor al interior de los conductos 7.

Cabe señalar en este punto que en los ejemplos descritos anteriormente desde el punto de vista cuantitativo, la relación ψ está en el rango de 0,9 y más, entre otras cosas también por las altas temperaturas del gas calentado indirectamente de más de 1500 °K. De acuerdo con los hallazgos de la solicitante, la relación de acuerdo con la invención de $\psi \geq 0,6$ también puede conseguirse con temperaturas del gas calentado indirectamente de ≥ 1000 °K, por ejemplo de 1300 °K o, según los ejemplos anteriormente indicados de más de 1500 °K. Resulta que, de acuerdo con la invención, el gas calentado indirectamente presenta preferentemente una temperatura de ≥ 1000 °K, preferentemente de ≥ 1300 °K y de manera especialmente preferida de ≥ 1500 °K.

La figura 1c muestra una vista desde el exterior de la cámara de absorción 3 de otra forma de realización del intercambiador de calor 1 de la figura 1a. Como en la figura 1b, puede verse la pared cilíndrica 20 de la cámara de absorción 21, así como los tubos 7, que están dispuestos en un haz espacial unos al lado de otros y que llenan así el espacio de absorción 21 cilíndrico.

A diferencia de la forma de realización de la figura 1b, están previstas adicionalmente paredes 22, que están dispuestas entre los tubos 7. Durante el funcionamiento, estas paredes 22 o sus superficies 23 son calentadas por el gas que emite radiación infrarroja por la radiación infrarroja del mismo hasta que se ajuste un equilibrio de temperaturas, puesto que las paredes 22 pierden a su vez energía por radiación de cuerpo negro (real). Esta radiación de cuerpo negro calienta en este caso ventajosamente los conductos o aquí las tubos 7. Cabe señalar que ya la pared 20 del espacio de absorción actúa en este sentido, aunque las paredes 22 son paredes adicionales separadas, con superficies 23 adicionales, separadas de la pared del espacio de absorción 20.

Anteriormente se ha mencionado que la curva de la emisividad ϵ presenta una primera zona con una pendiente pronunciada y una segunda zona con una pendiente reducida, en la que la transición por supuesto no es brusca. Esto significa que la energía irradiada en una pared aumenta en primer lugar fuertemente a medida que aumenta el espesor (longitud de recorrido L) de la capa de gas que emite radiación, y que más tarde, según un espesor que depende, entre otras cosas, del gas se vuelve cada vez más débil (aunque en cualquier caso siga aumentando). Esto puede interpretarse de tal manera que el gas se aísla por sí mismo, es decir, una zona de gas más alejada de la pared es menos capaz de emitir mediante su radiación energía a la pared. Si ahora se dispone otra pared en una zona adecuada, que también se calienta y emite a continuación radiación de cuerpo negro (real), esta llegará a la pared a calentar prácticamente sin obstáculos, al menos en los rangos de frecuencia en los que el gas que emite radiación infrarroja no absorbe (para estas frecuencias no hay efecto aislante) y calentará así la misma sin quedar debilitada. Como resultado, aumenta el flujo de calor q que fluye por las superficies absorbentes de los conductos. En un caso concreto, el experto en la materia puede disponer otra pared adicional de este tipo, en este caso a una distancia de las superficies absorbentes (en este caso: la fila de tubos 7), que está en el rango del aumento suave de la emisividad ϵ del gas que emite radiación infrarroja, y además, de modo que la intensidad de la radiación de cuerpo negro de la pared adicional en las superficies absorbentes sea mayor que la intensidad de la capa de gas que emite radiación infrarroja cortada por la pared adicional (intensidad adicional debido a la longitud de recorrido L cortada).

Cabe señalar en este punto que es cierto que los conductos o tubos 7 también emiten radiación de cuerpo negro, aunque a una temperatura comparativamente baja, ya que son disipadores de calor debido al fluido a calentar que fluye por ellos. Las paredes adicionales anteriormente mencionadas alcanzan una temperatura de equilibrio por encima de la temperatura de los conductos 7 o de la al menos una superficie absorbente en el espacio de absorción, de modo que gracias a ellas puede mejorarse la radiación de calor hacia la al menos una superficie absorbente en caso de estar prevista la disposición adecuada mencionada.

En resumen, en el espacio de absorción están dispuestos una serie de conductos distribuidos en el mismo, con respectivamente una superficie absorbente, y está prevista al menos una superficie adicional que puede ser calentada durante el funcionamiento por el gas que emite calor, que irradia las superficies absorbentes durante el funcionamiento por radiación de cuerpo negro, de tal manera que el flujo de calor q se ve incrementado por la absorción por las superficies absorbentes.

La figura 2a muestra esquemáticamente la disposición de una instalación 30 para el aprovechamiento de la energía solar con un intercambiador de calor 1 de acuerdo con la invención, un acumulador de calor 31 y un receptor 32 de radiación solar (concentrada) y un receptor fotovoltaico 37.

En el receptor 32, se calienta un fluido adecuado mediante la radiación solar 33 incidente, por ejemplo a una temperatura superior a 1000 °K, o de hasta superior a 2000 °K, el mismo llega mediante un conducto 34 a un acumulador de calor 35 y mediante un conducto 36 vuelve nuevamente al receptor 32, de modo que el acumulador de calor 35 puede cargarse con calor mediante el circuito correspondiente por medio de los conductos 34, 36. Una instalación fotovoltaica o un receptor fotovoltaico 37 genera corriente gracias a la incidencia de los rayos solares 33 que, mediante líneas eléctricas 37 y un calentador eléctrico 38 proporciona en caso necesario calor de la temperatura deseada en el acumulador de calor 31, y que en particular es capaz de mantener en el acumulador de calor una temperatura elevada uniforme en rangos de, por ejemplo, 2000 °K. A continuación, se calienta mediante el calor del acumulador de calor 31 un gas que emite radiación infrarroja y se hace circular mediante los conductos 39, 40 por el intercambiador de calor 1.

No obstante, preferentemente, ya se calienta mediante el receptor 32 un gas que emite radiación infrarroja, que se circular mediante conductos 41, 42 por el intercambiador de calor 1, es decir, se alimenta opcionalmente directamente a este, en función de si aún debe cargarse o no el acumulador de calor 38.

En el intercambiador de calor 1 se calienta un fluido que fluye por los conductos 43, 44 por este. A este respecto, como se ha mencionado anteriormente, generalmente se trata de un calor de proceso de cualquier tipo, de eductos/productos para una reacción química o de vapor para el accionamiento de una turbina de vapor (corriente). Una ventaja de la instalación 30 mostrada es, por ejemplo, un control simple de la temperatura del gas que emite radiación infrarroja alimentado al intercambiador de calor 1: para enfriar, puede añadirse al circuito (directamente a través del receptor 32 o a través del acumulador de calor 35) un gas de este tipo no calentado; para calentar está disponible el calentador eléctrico 38, que como tal en principio puede generar temperaturas muy altas incluso cuando la intensidad de la radiación del sol está por debajo del umbral que el receptor 32 necesitaría para la temperatura muy elevada deseada. Otra ventaja de la instalación mostrada es que los gases que emiten radiación infrarroja también

pueden conducirse bajo presión en el circuito mostrado con un esfuerzo comparativamente bajo desde el punto de vista constructivo, pudiendo realizarse la transferencia de calor en el intercambiador de calor 1 también con un esfuerzo reducido.

- 5 Por lo tanto, la instalación mostrada puede hacerse funcionar con respectivamente una sola fuente de calor para el gas calentado indirectamente (receptor solar 32 o acumulador de calor 38) o combinándose estas fuentes de calor, si se desea adicionalmente con el calentador 38.

10 Resulta que en la forma de realización mostrada, la disposición para el transporte del gas que emite calor está conectada de manera operativa (por ejemplo, en un circuito) con una fuente de calor que calienta el gas indirectamente, que presenta preferentemente un acumulador de calor. Además, la fuente de calor presenta al menos uno de los medios generadores de calor, como receptor solar, acumulador de calor o un calentador preferentemente eléctrico, de manera especialmente preferida alimentado con corriente fotovoltaica. Para el procedimiento de acuerdo con la invención resulta que el gas que emite preferentemente rayos infrarrojos se conduce preferentemente en un circuito
15 que incluye el intercambiador de calor, en el que el gas se calienta indirectamente, estando previsto además preferentemente en este circuito un acumulador de calor delante del intercambiador de calor. Además, resulta que para el calentamiento indirecto se usa al menos una de las fuentes de calor, receptor, acumulador de calor o calentador, preferentemente un calentador eléctrico, que es alimentado de manera especialmente preferida con corriente fotovoltaica.

20 El receptor 32 puede estar configurado como receptor de una planta de energía solar de torre, véase al respecto la descripción que hace referencia a la figura 4. El acumulador de calor 35 puede estar configurado según el documento WO 2012/027854, pudiendo estar formado el material a granel de Al_2O_3 (los acumuladores de calor de sal habituales hoy día no son adecuados para las temperaturas de acuerdo con la presente invención, puesto que en este caso se descompone la sal). El experto en la materia conoce las instalaciones solares fotovoltaicas.

30 La figura 2b muestra las etapas del procedimiento de acuerdo con la invención para el intercambio de calor. En la etapa 45, se selecciona como gas que emite calor un gas cuyo calor a intercambiar no procede de su combustión y que ha sido calentado delante del intercambiador de calor, es decir, es un gas calentado indirectamente, que emite radiación infrarroja para intercambiar el calor mediante esta radiación. Dichos gases son preferentemente gases heteropolares. Son adecuados CO_2 , vapor de agua, CH_4 , NH_3 , CO , SO_2 , HCl , NO y NO_2 o una mezcla de estos gases. En el caso concreto, pueden añadirse gases que no emiten radiación, cuando esto es indicado por razones relacionados con la técnica del procedimiento, aunque dentro de los límites indicados por la relación ψ .

35 En la etapa 46, se selecciona el gas (o la mezcla de gases) para el caso concreto, se ajustan el caudal másico (velocidad de flujo y presión) y su temperatura mutuamente con la respectiva configuración de las superficies absorbentes en el espacio de absorción de tal manera que la relación ψ del flujo de calor que sirve para el intercambio por absorción al flujo de calor total intercambiado es $\geq 0,6$, es decir, la absorción es superior a la convección. Las superficies de absorción están formadas preferentemente por las superficies de los conductos 7 que pasan por el espacio de absorción 3 (figuras 1a a 1c), estando previsto de forma especialmente preferida un haz (espacial) de conductos, puesto que el gas puede fluir bien alrededor del mismo. El fluido a calentar es conducido en los conductos. La superficie absorbente también puede estar formada por una sección de pared del espacio de absorción, o por uno o más conductos (preferentemente tubos) para un fluido que ha de ser calentado por el intercambio de calor. Cuanto más alta se seleccione la relación ψ , por ejemplo, $\geq 0,7$, preferentemente $\geq 0,8$ y de manera especialmente preferida $\geq 0,9$, más fácilmente podrá configurarse el intercambiador de calor. Si el gas se conduce bajo sobrepresión por el espacio de absorción (preferentemente ≥ 5 bar, preferentemente ≥ 10 bar, de manera especialmente preferida ≥ 20 bar y de manera aún más preferida de ≥ 50 bar), el intercambiador de calor de acuerdo con la invención puede fabricarse de manera especialmente compacta.

50 En la etapa 47, se realiza el intercambio de calor preparado haciéndose pasar el gas o la mezcla de gases seleccionados por el espacio de absorción con las superficies absorbentes configuradas adecuadamente con los parámetros de funcionamiento predeterminados.

55 Resulta que el gas que emite los rayos infrarrojos es conducido preferentemente en un circuito que incluye el intercambiador de calor, calentándose el gas indirectamente en el mismo, y estando previsto preferentemente en este circuito un acumulador de calor delante del intercambiador de calor. En el caso del calentamiento solar del gas, este también puede ponerse a disposición fuera de las horas de intensa radiación solar. Además, para el calentamiento indirecto se usa preferentemente al menos una de las fuentes de calor receptor, acumulador de calor o calentador, preferentemente un calentador eléctrico, que se alimenta de forma especialmente preferida con corriente fotovoltaica, por lo que resulta una independencia ventajosa de la intensidad de la radiación solar respectivamente existente.

60 La figura 3a muestra esquemáticamente la cámara de absorción (o cámara térmica) 50 de un reformador convencional que se hace funcionar de acuerdo con la invención. El reformado se usa para la transformación química en la técnica de procedimientos y se realiza a menudo catalíticamente como un proceso endotérmico. En particular, se conocen "reformadores tubulares", es decir, instalaciones de reformado en las que las sustancias que han de ser procesadas son conducidas en tubos por una cámara térmica, de manera que el calor necesario para el proceso químico puede

alimentarse mediante los tubos a las sustancias. El calor es generado por quemadores, que contienen productos de combustión, a menudo hollín que emite radiación infrarroja y también gases que emiten radiación infrarroja.

5 La cámara térmica, que representa un horno, está configurada de manera rectangular y alargada. Los tubos están dispuestos a lo largo de la línea central de la cámara térmica, en una fila uno detrás del otro, de modo que a los dos lados de los tubos hay una cámara parcial alargada, actuando las llamas generadas por los quemadores hacia el interior de la misma. En caso del principio "Top Fired", las llamas se asoman desde arriba hacia las cámaras parciales, en caso del principio "Terraced Wall", los quemadores están dispuestos en escalones de las paredes exteriores de las cámaras parciales y en caso del principio "Side fired", los quemadores están dispuestos de manera distribuida a lo largo de las paredes exteriores. La desventaja de este principio es que la temperatura a lo largo de los tubos es difícil de controlar (altas temperaturas en el lugar de la llama, a continuación fuerte caída de la temperatura) y que debe haber suficiente espacio para el desarrollo sin perturbaciones de la llama. Finalmente, por este principio también resulta que los tubos están dispuestos en filas en una cámara térmica, para formar una relación eficiente entre la zona de las llamas y la zona de las superficies absorbentes creadas por los tubos.

15 De acuerdo con la invención, ahora un reformador convencional con una cámara térmica 50, en la que los tubos 51 están dispuestos uno detrás del otro, discurriendo en una fila, es provisto de un conducto de alimentación para gas calentado indirectamente que emite radiación en el rango infrarrojo y no se usa la disposición de combustión, es decir, está apagado o desinstalado para el funcionamiento previsto del horno y, por lo tanto, del reformador. El gas fluye según las flechas 52 por las cámaras parciales 53, 54 a ambos lados de la fila de tubos 51 (y por supuesto también entre los tubos) y los calienta por su radiación infrarroja.

25 Para un cálculo aproximado, nuevamente se supone que el gas sintético debe producirse en el reformador, siendo necesario para ello por ejemplo a su vez una temperatura media de tubos de 1200 °K. Como en el caso de la figura 1b, se supone que hay un diámetro de tubo exterior de 130 mm, un diámetro de tubo interior de 100 mm y una longitud de tubo de 12 m en este caso (es decir, una altura de la cámara de absorción 50 de 12 m) debiendo ser el flujo de calor q que entra en un tubo 7 de 100 kW/m² de la superficie del tubo. Se supone que la temperatura de la pared exterior es de 350 °K, el coeficiente de transferencia de calor por convección h es de 10 W / (m²K), lo que hace que a una temperatura ambiente de 300 K haya un flujo de calor total q (por convección y radiación de calor) de 0,89 kW/m² gracias al aislamiento.

35 Si se quema, por ejemplo, en el horno del reformador convencional metano al aire y a presión ambiente ($CH_4 + 2 O_2 + 8 N_2 \rightarrow CO_2 + 2 H_2O + 8 N_2$) y se compara con este funcionamiento convencional el funcionamiento de acuerdo con la invención con gas calentado indirectamente, en este caso vapor de agua a presión ambiente, según un cálculo aproximado de la solicitante se obtiene el siguiente resultado:

Parámetros	horno convencional	gas calentado indirectamente
T _{in} (temperatura de la llama / temperatura de entrada del gas)	2050 °K	1580 °K
T _{out} (temperatura de salida del gas)	1330 °K	1340 °K
v (velocidad de flujo)	3,6 m/s	11,2 m/s
T _{gas} Temperatura media del gas para el cálculo aproximado	1550 °K	1460 °K
p (Presión parcial del gas que emite radiación infrarroja - N ₂ no emite infrarrojos)	0,27 bar	1 bar
ψ (relación absorción / absorción + convección)	0,95	0,97

40 Un reformador convencional, que genera el calor necesario mediante un horno, puede funcionar por lo tanto mediante el procedimiento operativo de acuerdo con la invención con gas calentado indirectamente que emite radiación en el rango infrarrojo. A este respecto es ventajoso que el gas calentado indirectamente pueda circular en un circuito (con o sin acumulador de calor, véase la figura 2a), a diferencia del horno, en el que los gases de combustión no pueden volver a usarse. Además, si el calentamiento indirecto se realiza mediante un receptor solar, la huella relevante para el medio ambiente puede reducirse significativamente, sin que sean necesarias grandes inversiones en el lado del reformador. Finalmente, también en este caso se aplica que en ausencia de una llama necesariamente muy caliente, ha de esperarse una distribución de calor más uniforme y por lo tanto más favorable a lo largo de la longitud de los tubos.

50 La figura 3b muestra las etapas del procedimiento de acuerdo con la invención para el funcionamiento de un horno. En la etapa 55 se selecciona un horno o reformador para hacerlo funcionar con gas calentado indirectamente, que emite radiación en el rango infrarrojo, en lugar de con sustancias a quemar.

En la etapa 56, la disposición de combustión se apaga o se retira y se instala un conducto de alimentación para gas calentado indirectamente que emite radiación infrarroja.

55 En la etapa 57, de forma análoga a la etapa 46 de la figura 2b, se selecciona el gas o la mezcla de gases que emite radiación infrarroja y se definen sus parámetros de funcionamiento para alcanzar una relación de $\psi \geq 0,6$.

En la etapa 58, se inicia el funcionamiento previsto del horno con la conducción del gas. A su vez, se usan preferentemente gases heteropolares. Como se ha mencionado anteriormente son adecuados CO₂, vapor de agua, CH₄, NH₃, CO, SO₂, HCl, NO y NO₂ o una mezcla de estos gases. En un caso concreto, el experto en la materia puede
5 añadir gases que no emiten radiación, cuando esto es indicado por razones relacionados con la técnica del procedimiento, aunque dentro de los límites indicados por la relación ψ .

De acuerdo con la invención, resulta un procedimiento para el funcionamiento de un horno que presenta un recorrido de flujo para los gases a quemar para la generación del calor útil, estando previsto un espacio de absorción en el recorrido de flujo, que presenta al menos una superficie prevista para recibir el intercambio de calor mediante radiación infrarroja, y no usándose la disposición de combustión del horno y siendo provisto este de un conducto de alimentación para gas calentado indirectamente, que emite radiación en el rango infrarrojo, de tal manera que dicho gas puede ser conducido de manera operativa al interior del recorrido de flujo para los gases a quemar y a lo largo del mismo y que se alimenta al horno durante el funcionamiento gas calentado indirectamente que emite radiación en el rango infrarrojo con un caudal másico y una temperatura tal que en la al menos una superficie absorbente la relación ψ del flujo de calor por absorción al flujo de calor total es $\geq 0,6$. A este respecto, el horno se conecta preferentemente con un circuito de gas calentado indirectamente, que incluye preferentemente un acumulador de calor.

En una forma de realización no representada en las figuras, el intercambio de calor en el intercambiador de calor de acuerdo con la invención no tiene lugar mediante conductos que conducen un fluido que absorbe el calor intercambiado, sino directamente en un material presente en el espacio de absorción que se calienta por absorción de la radiación infrarroja, por ejemplo, metales para un tratamiento térmico o para producir un metal fundido o, por ejemplo, también para producir vidrio mediante la producción de una masa fundida formada por los productos de partida. En este caso resulta un procedimiento en el que preferentemente una superficie absorbente está formada por un material a calentar.

La figura 4 muestra esquemáticamente un receptor 60 según la solicitud de patente suiza CH 00627/17 aún no publicada para el calentamiento indirecto de un gas o una mezcla de gases que emite una radiación en el rango infrarrojo. El receptor 60 tiene una zona de calentamiento 61, que tiene una abertura óptica 62, por ejemplo una ventana de cuarzo, y un absorbedor 63, estando previsto un espacio de absorción 65 entre la ventana de cuarzo 64 y el absorbedor 63, por el que fluye el gas a calentar que emite radiación infrarroja según las flechas mostradas correspondientemente de derecha a izquierda, es decir, contra el absorbedor 63. Para ello, el equipo de transporte 66 del receptor 60 presenta tubuladuras de entrada 67 para el medio caloportador que están dispuestas alrededor de la ventana de cuarzo 64 y conducen al espacio de absorción 65, y una conexión de salida 68 central detrás del absorbedor 63.

El absorbedor 63 está configurado como una disposición de radiación de cuerpo negro con convección reducida, es decir, tiene una superficie absorbente 70 dispuesta en la trayectoria de la radiación solar incidente 69 que absorbe esta radiación, que está configurada de tal manera que el mismo se calienta de manera operativa por la radiación solar 69 que incide en la superficie 70 y emite a continuación correspondientemente radiación infrarroja 71 al espacio de absorción 65 mediante su superficie 70.

Gracias a ello, el absorbedor 63 emite una parte esencial de su potencia térmica en forma de radiación infrarroja al espacio de absorción 65, donde el gas que fluye hacia él ya se calienta por absorción antes de llegar al mismo.

Como se ha mencionado anteriormente, la estructura real solo emite aproximadamente una radiación como la emite el cuerpo negro ideal. En el presente caso, se entiende por una "disposición de radiación de cuerpo negro" que la mayor parte posible de la radiación solar 69 incidente es absorbida en la superficie del absorbedor (es decir, en principio penetra solo un poco en el absorbedor, a diferencia de los que ocurre en el caso del absorbedor volumétrico), de modo que esta superficie se calienta mucho y emite, por lo tanto, radiación hacia el espacio de absorción 65 a modo de un cuerpo negro con la temperatura elevada correspondiente. La mayor parte de la radiación emitida al espacio de absorción 65 está a temperaturas del absorbedor 63 de hasta 2000 °K (o superior) en el rango infrarrojo, es decir, en frecuencias inferiores a la de la luz visible.

Por lo tanto, se suprime una estructura absorbidora escalonada en profundidad, prevista en particular para receptores volumétricos, que absorbe la radiación incidente a lo largo de su profundidad correspondientemente también a lo largo de su profundidad, siendo dispersada la misma al menos parcialmente en el interior y siendo absorbida cada vez más después de múltiples reflexiones. Gracias a ello tampoco se presentan los problemas térmicos complejos, que a menudo se producen en las estructuras absorbedoras de este tipo.

A este respecto, el absorbedor 63 está configurado con baja convección, es decir, puede pasar fácilmente un flujo por el mismo, sin que unas mayores propiedades convectivas sean importantes para el intercambio de calor. Gracias a ello también se suprime la configuración de una estructura para una convección maximizada del medio que fluye, es decir, necesaria para un intercambiador de calor que sea lo más eficiente posible, con una superficie grande en comparación con el volumen del medio que realiza el intercambio de calor que fluye, que ha de ser fabricada de manera costosa con alta eficiencia y que en el funcionamiento conduce a una caída considerable de la presión del

medio que fluye.

5 En este punto ha de señalarse que naturalmente es inevitable cierta transferencia de calor por convección en el
absorbedor 63, en particular en la forma de realización mostrada en la figura 4, puesto que allí forma una sección de
pared del espacio de absorción 65. La transferencia de calor por convección correspondiente al gas que transporta el
calor es, por supuesto, deseable en términos de transferencia de calor; no obstante, la temperatura de salida T_{out} del
gas calentado debe basarse en su parte esencial (véase al respecto más adelante) en la absorción y permitir así una
estructura simplificada del receptor 60. Como se ha mencionado anteriormente, la estructura simplificada del
10 absorbedor 63 abre, entre otras cosas, la posibilidad de un funcionamiento más estable, por ejemplo desde un punto
de vista térmico (distribución de temperatura en el absorbedor 63), lo que conduce a una mayor aptitud para la
aplicación industrial del receptor.

15 Resulta un receptor con una zona de calentamiento para calentar un medio caloportador, que tiene una abertura óptica
para la luz solar y presenta un absorbedor que está dispuesto en la trayectoria de la luz solar incidente, con una
disposición de transporte para transportar el medio por la zona de calentamiento, estando configurado el absorbedor
como disposición de radiación de cuerpo negro con convección reducida y la disposición de transporte para el
transporte de un gas como medio caloportador.

20 A este respecto, el absorbedor configurado como disposición de radiación de cuerpo negro con convección reducida
está configurado preferentemente para la conducción del gas caloportador y está dispuesto también preferentemente
enfrente de la abertura óptica 64.

25 También se usa como medio caloportador un gas o una mezcla de gases absorbente de infrarrojos, que absorbe en
las bandas de frecuencia del rango infrarrojo. Dichos gases son, por ejemplo, gases heteropolares, preferentemente
 CO_2 , vapor de agua, CH_4 , NH_3 , CO , SO_2 , HCl , NO y NO_2 . Al usarse gases de este tipo, finalmente resulta un efecto
invernadero que puede ser usado o es usado por el receptor 60, puesto que estos gases son altamente transparentes
para la luz visible, que por lo tanto llega esencialmente al absorbedor 63, pero en cambio son poco o apenas
transparentes para la radiación infrarroja del absorbedor, de modo que se calientan por absorción antes de llegar al
30 absorbedor 63. Cabe señalar en este caso que los gases reales no absorben la luz visible o la radiación infrarroja de
manera uniforme en todas las frecuencias o son transparentes para estas, sino que lo hacen en diferentes grados en
las bandas de frecuencia específicas para un respectivo gas. Adicionalmente, la absorción disminuye con la distancia
de la fuente de radiación. Debido a ello, se habla más arriba con respecto a la absorción o transparencia de la radiación
de "altamente transparente" y "poco o apenas transparente".

35 El absorbedor 63 puede estar realizado como placa perforada, preferentemente como placa perforada doble, o como
estructura de rejilla plana simple. En el caso de la placa perforada, se distribuye un patrón perforado en su extensión,
de modo que el gas caloportador pueda fluir fácilmente, habiendo, no obstante, suficiente superficie de la placa
perforada para la absorción de la radiación solar incidente y la radiación infrarroja reflejada hacia el espacio de
absorción. En un caso concreto, el experto en la materia puede determinar fácilmente de manera óptima el patrón
40 perforado. Lo mismo se aplica al caso de una estructura de rejilla o placa perforada doble con dos placas paralelas
entre sí, estando dispuestos en este caso los orificios de una placa de manera desplazada con respecto a los de la
otra placa, de tal manera que, a pesar del paso del gas que realiza el intercambio de calor con baja convección, hay
una superficie radiante lo más continua posible del absorbedor que está orientada hacia el espacio de absorción. Un
material adecuado para el absorbedor es el carburo de silicio SiC .

45 Puesto que los gases que absorben en el rango infrarrojo también emiten radiación en el rango infrarrojo, los gases
anteriormente mencionados pueden preverse para el calentamiento solar en el receptor (preferentemente, pero no
exclusivamente) de una planta de energía solar de torre y a continuación para el intercambio de calor de acuerdo con
la invención. También es posible que un receptor según la Figura 2 se use en concentradores de plato, puesto que
50 también allí pueden alcanzarse temperaturas de hasta $2000\text{ }^{\circ}K$ y más debido a la concentración bidimensional de la
radiación solar.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el intercambio del calor contenido en un fluido, **caracterizado por que** como fluido se usa un gas calentado indirectamente, que emite radiación infrarroja, que se encuentra en un espacio de absorción (3) de un intercambiador de calor (1), estando prevista en el espacio de absorción (3) al menos una superficie que absorbe la radiación infrarroja del gas para aprovechar el calor del mismo, **caracterizado por que** el fluido es conducido mediante un conducto de alimentación (2) al intercambiador de calor y en este pasando por el espacio de absorción y por que el caudal másico y la temperatura del gas se ajustan de tal manera y la al menos una superficie absorbente para el intercambio de calor está configurada de tal manera que, durante el funcionamiento, la relación ψ del flujo de calor que fluye por la misma por absorción al flujo de calor total que fluye por la misma es $\geq 0,6$.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, siendo la relación $\psi \geq 0,7$, preferentemente $\geq 0,8$ y de forma especialmente preferida $\geq 0,9$.
3. Procedimiento según la reivindicación 1, presentando el gas un gas heteropolar, preferentemente CO₂, vapor de agua, CH₄, NH₃, CO, SO₂, HCl, NO y NO₂ o una mezcla de estos gases.
4. Procedimiento según la reivindicación 1, estando formada la al menos una superficie por conductos para un medio a calentar, preferentemente tubos (7) o por al menos una sección de pared del espacio de absorción.
5. Procedimiento según la reivindicación 1, estando formada una superficie absorbente por un material a calentar.
6. Procedimiento según la reivindicación 1, conduciéndose el gas que emite rayos infrarrojos en un circuito que incluye el intercambiador de calor (1), en el que el gas se calienta indirectamente, estando previsto en este circuito preferentemente un acumulador de calor (31) delante del intercambiador de calor (1).
7. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 6, usándose para el calentamiento indirecto al menos una de las fuentes de calor, como receptor (32), acumulador de calor (35) o calentador, preferentemente un calentador (38) eléctrico, que es alimentado de manera especialmente preferida con corriente fotovoltaica.
8. Procedimiento según la reivindicación 1, usándose como fluido un gas que se calienta indirectamente a una temperatura de ≥ 1000 °K, preferentemente ≥ 1300 °K y de manera especialmente preferida de ≥ 1500 °K.
9. Procedimiento según la reivindicación 1, siendo conducido el gas que emite radiación infrarroja a una presión superior a la presión ambiente por el espacio de absorción (3), preferentemente de ≥ 5 bar, preferentemente de ≥ 10 bar, de forma especialmente preferida de ≥ 20 bar y de manera aún más preferida de ≥ 50 bar.
10. Intercambiador de calor para la realización del procedimiento según la reivindicación 1, con una disposición para transportar gas que emite calor en el intercambiador de calor mediante radiación infrarroja, que presenta un espacio de absorción (3) con al menos una superficie prevista para el intercambio de calor mediante radiación infrarroja, estando configurado el intercambiador de calor (1) con un conducto de alimentación (2) para gas calentado indirectamente que emite calor, **caracterizado por que** el espacio de absorción (3) y la al menos una superficie absorbente están configurados de tal manera que durante el funcionamiento a un caudal másico predeterminado y una temperatura predeterminada del gas que emite calor en la superficie absorbente, la relación ψ del flujo de calor que fluye por la misma por absorción al flujo de calor total que fluye por la misma es $\geq 0,6$, estando formada la al menos una superficie absorbente por una serie de conductos, preferentemente tubos (7), y estando dispuestos los conductos (7) como un haz que se extiende por el espacio de absorción (3) y estando previsto entre los conductos un espacio para que fluya de manera operativa un gas que emite radiación infrarroja.
11. Intercambiador de calor según la reivindicación 10, con una disposición para el transporte de gas que emite calor en el intercambiador de calor mediante radiación infrarroja, que presenta un espacio de absorción (3) con al menos una superficie prevista para el intercambio de calor mediante radiación infrarroja y un gas calentado indirectamente que emite calor mediante radiación infrarroja que fluye por la disposición, estando configurado el intercambiador de calor (1) con un conducto de alimentación (2) para el gas calentado indirectamente que emite calor y estando configurado el espacio de absorción (3) y la al menos una superficie absorbente de tal manera y estando ajustados el caudal másico y la temperatura del gas que emite calor de tal manera que en la superficie absorbente la relación ψ del flujo de calor que fluye por la misma por absorción al flujo de calor total que fluye por la misma es $\geq 0,6$.
12. Intercambiador de calor según las reivindicaciones 10 u 11, estando configurados los conductos como tubos (7).
13. Intercambiador de calor según las reivindicaciones 10 u 11, estando dispuestos en el espacio de absorción (3) una serie de conductos distribuidos en el mismo, cada uno con una superficie absorbente y estando prevista al menos una superficie (23) adicional que puede ser calentada a su vez durante el funcionamiento por el gas que emite calor, que irradia las superficies absorbentes durante el funcionamiento por radiación de cuerpo negro, de tal manera que el flujo de calor se ve incrementado por la absorción por las superficies absorbentes.

14. Intercambiador de calor según las reivindicaciones 10 u 11, estando configurado el espacio de absorción (3) de manera resistente a la presión, para una presión del gas que emite calor de ≥ 5 bar, preferentemente de ≥ 10 bar, de forma especialmente preferida de ≥ 20 bar y de manera aún más preferida de ≥ 50 bar.
- 5 15. Un intercambiador de calor según las reivindicaciones 10 u 11, estando conectada de manera operativa la disposición para el transporte del gas que emite calor con una fuente de calor que calienta el gas indirectamente, que presenta preferentemente un acumulador de calor (31).
- 10 16. Intercambiador de calor según la reivindicación 15, presentando la fuente de calor al menos uno de los medios generadores de calor, como receptor solar (32), acumulador de calor (31) o un calentador (38) preferentemente eléctrico, de manera especialmente preferente alimentado con corriente fotovoltaica.
- 15 17. Procedimiento para el funcionamiento de un horno que presenta un recorrido de flujo para los gases a quemar para la generación del calor útil, estando previsto un espacio de absorción (50) en el recorrido de flujo, que presenta al menos una superficie prevista para recibir el intercambio de calor mediante radiación infrarroja, caracterizado por que no se usa la disposición de combustión del horno y este es provisto de un conducto de alimentación para gas calentado indirectamente, que emite radiación en el rango infrarrojo, de tal manera que dicho gas puede ser conducido de manera operativa al interior del recorrido de flujo para los gases a quemar y a lo largo del mismo,
- 20 y por que se alimenta al horno durante el funcionamiento gas calentado indirectamente que emite radiación en el rango infrarrojo con un caudal másico y una temperatura tales que en la al menos una superficie absorbente la relación ψ del flujo de calor por absorción al flujo de calor total es $\geq 0,6$.
- 25 18. Procedimiento según la reivindicación 17, estando conectado el horno con un circuito de gas calentado indirectamente, que incluye preferentemente un acumulador de calor (31).
19. Procedimiento según la reivindicación 18, presentando el gas calentado indirectamente una temperatura de ≥ 1000 °K, preferentemente de ≥ 1300 °K y de manera especialmente preferida de ≥ 1500 °K.

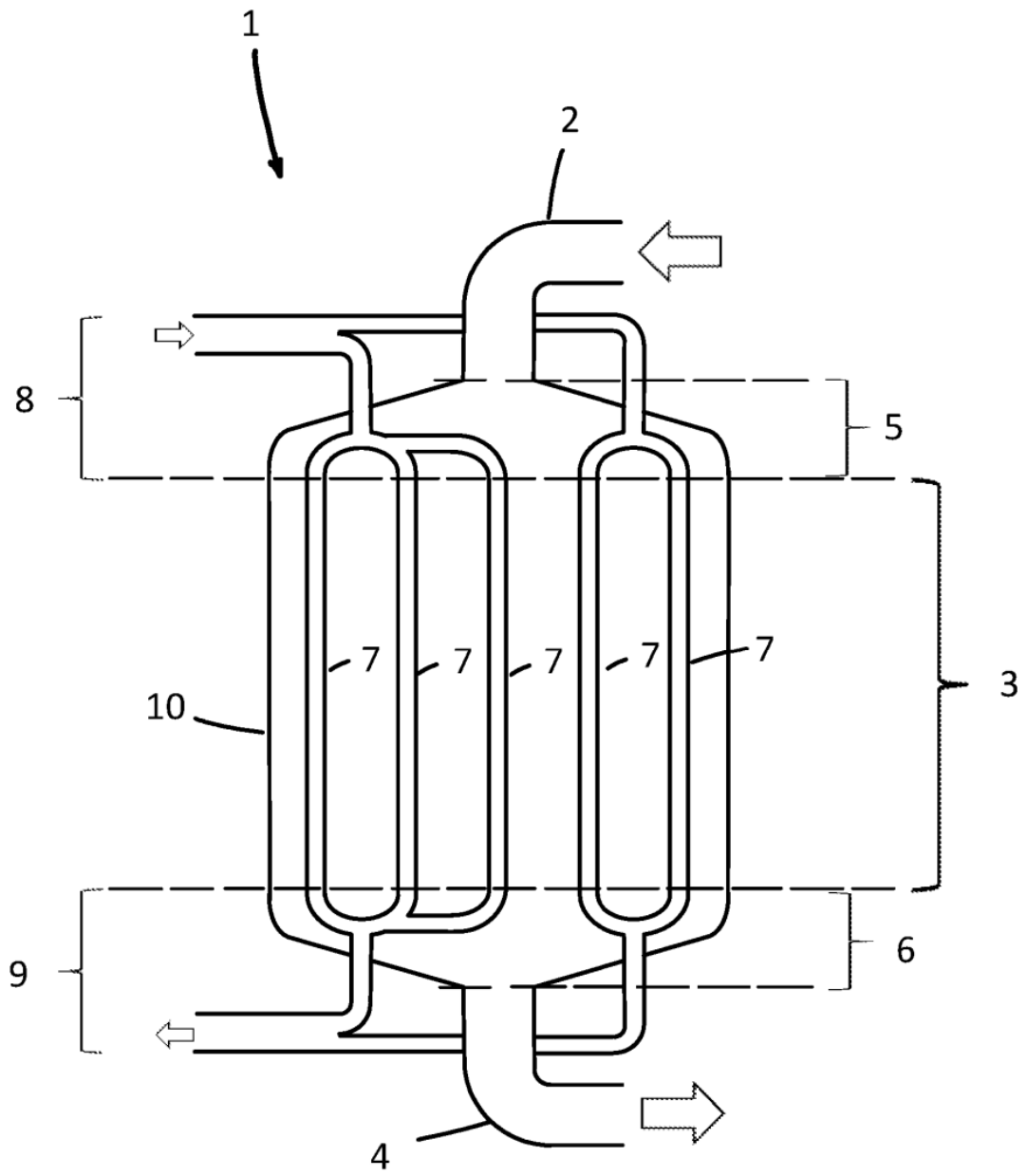


Fig. 1a

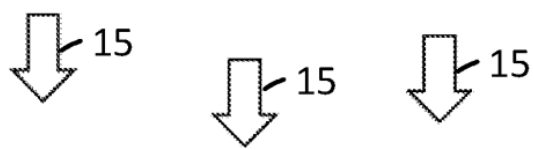
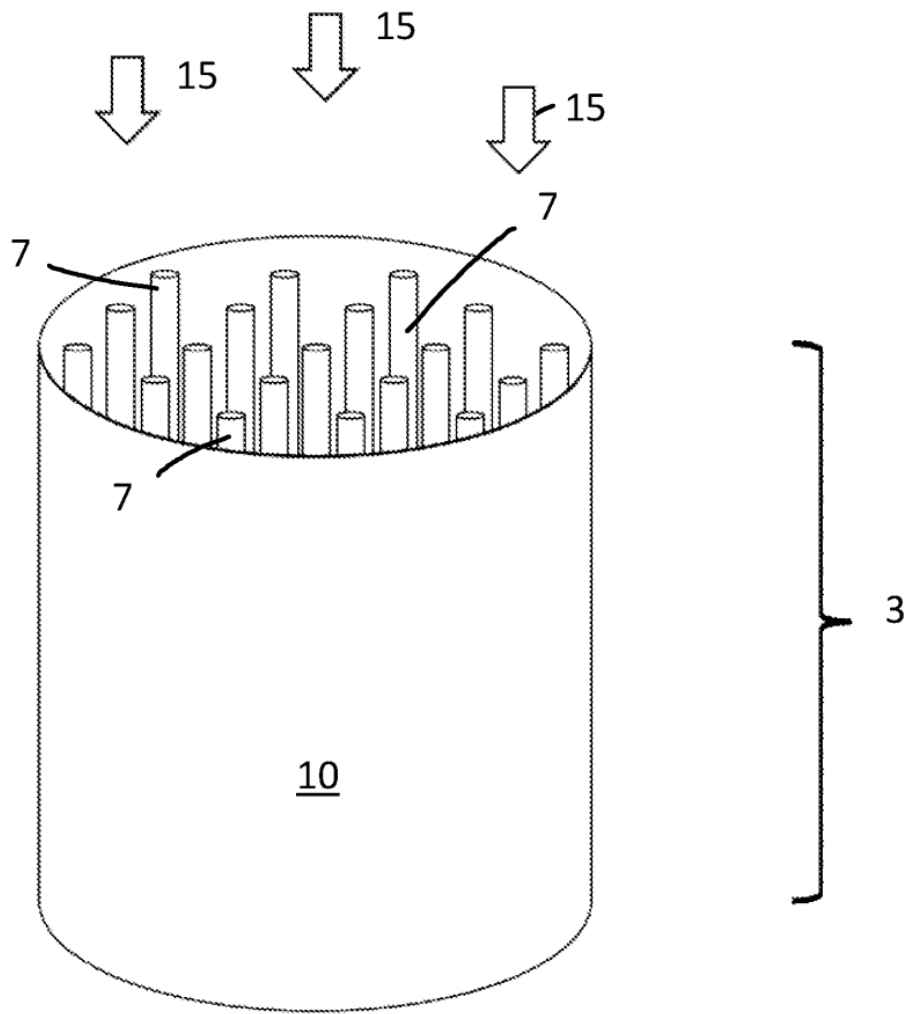


Fig. 1b

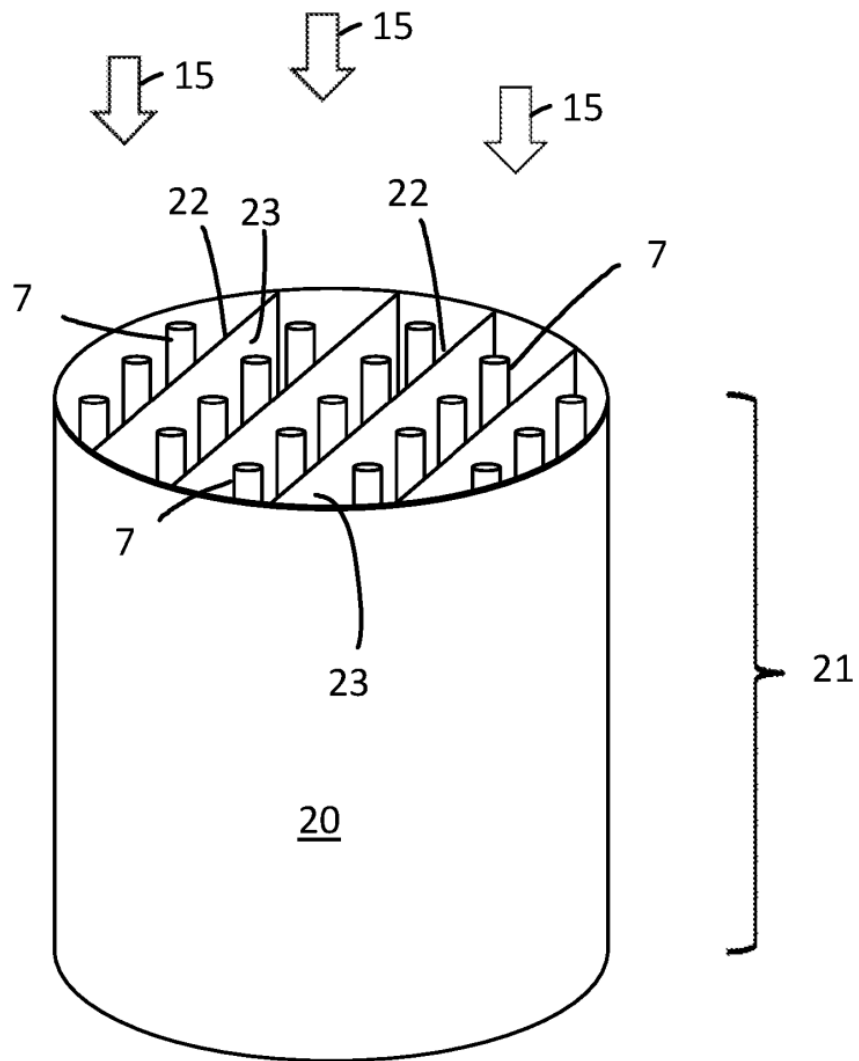


Fig. 1c

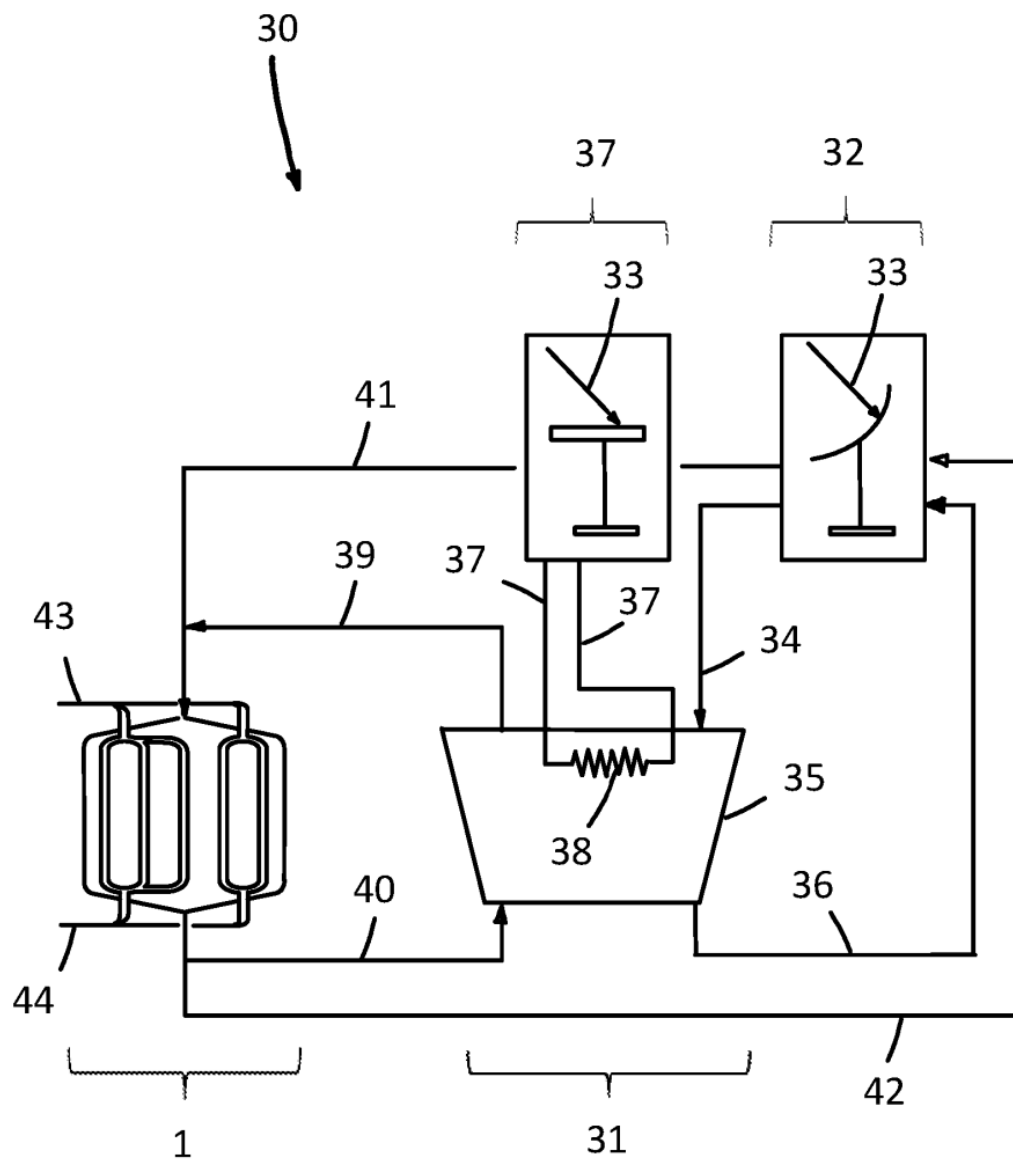


Fig. 2a

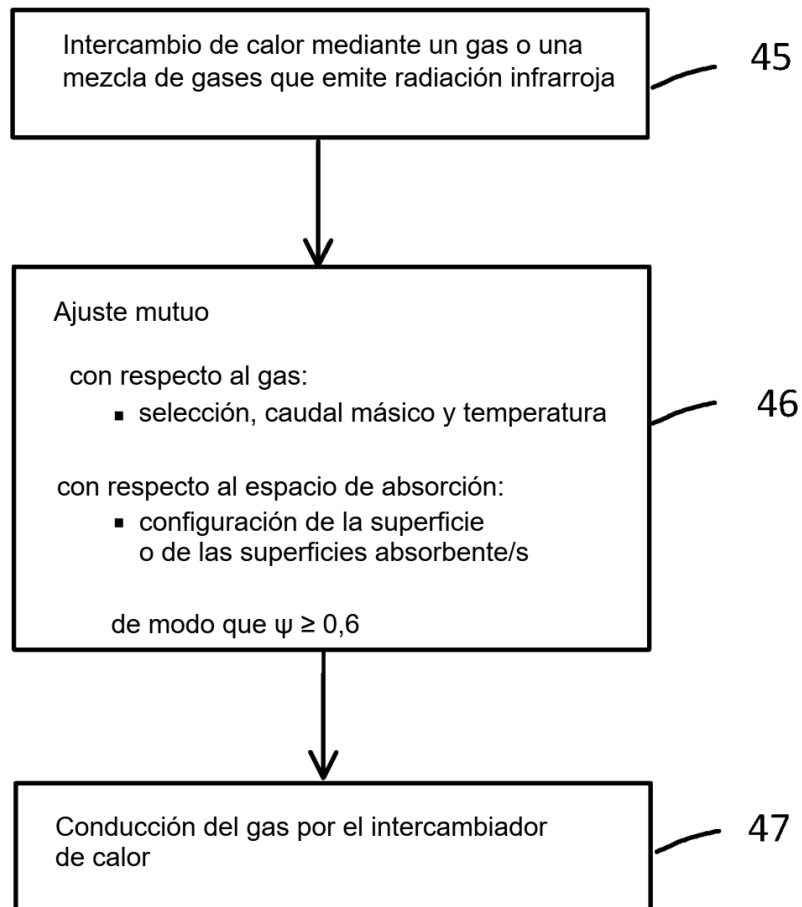


Fig. 2b

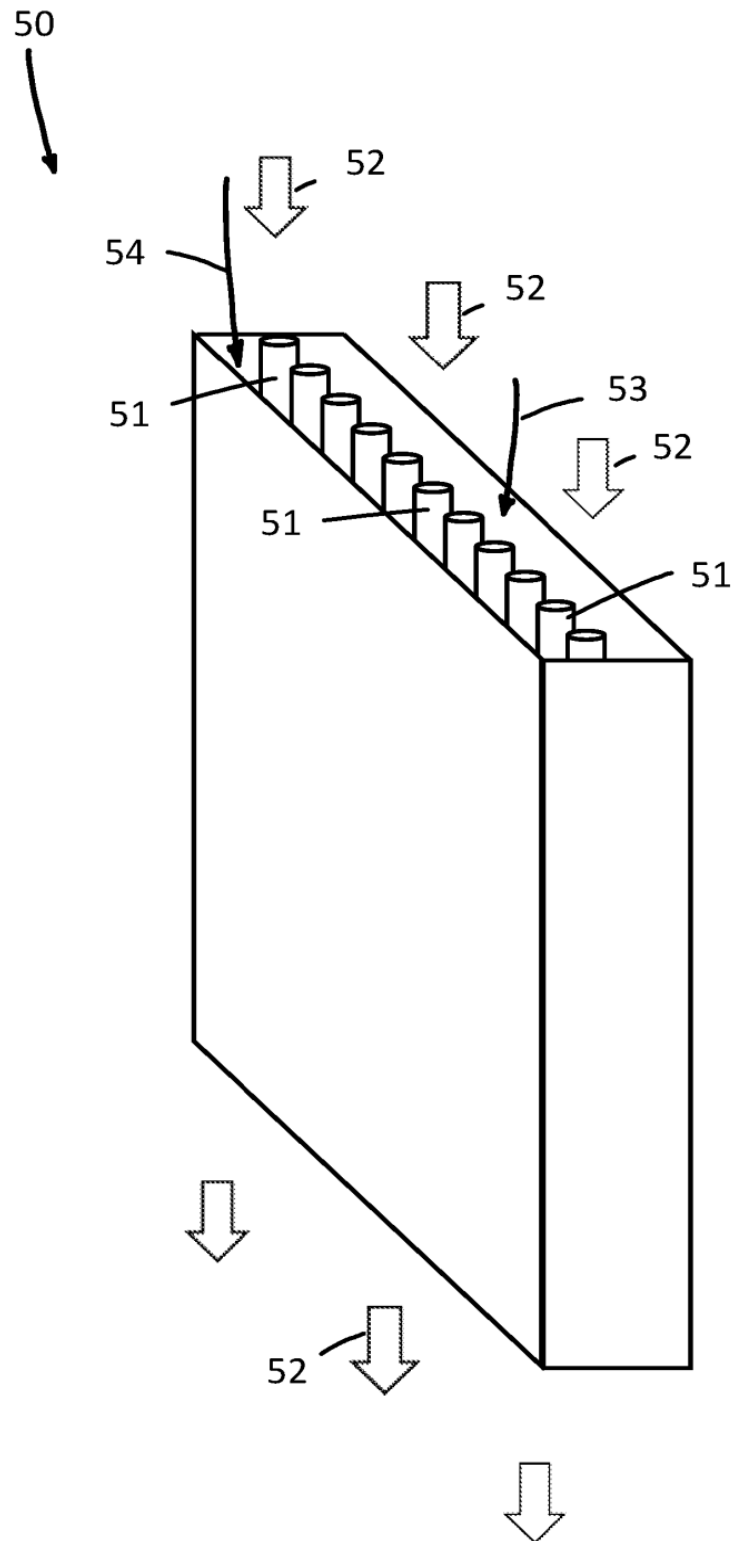


Fig. 3a

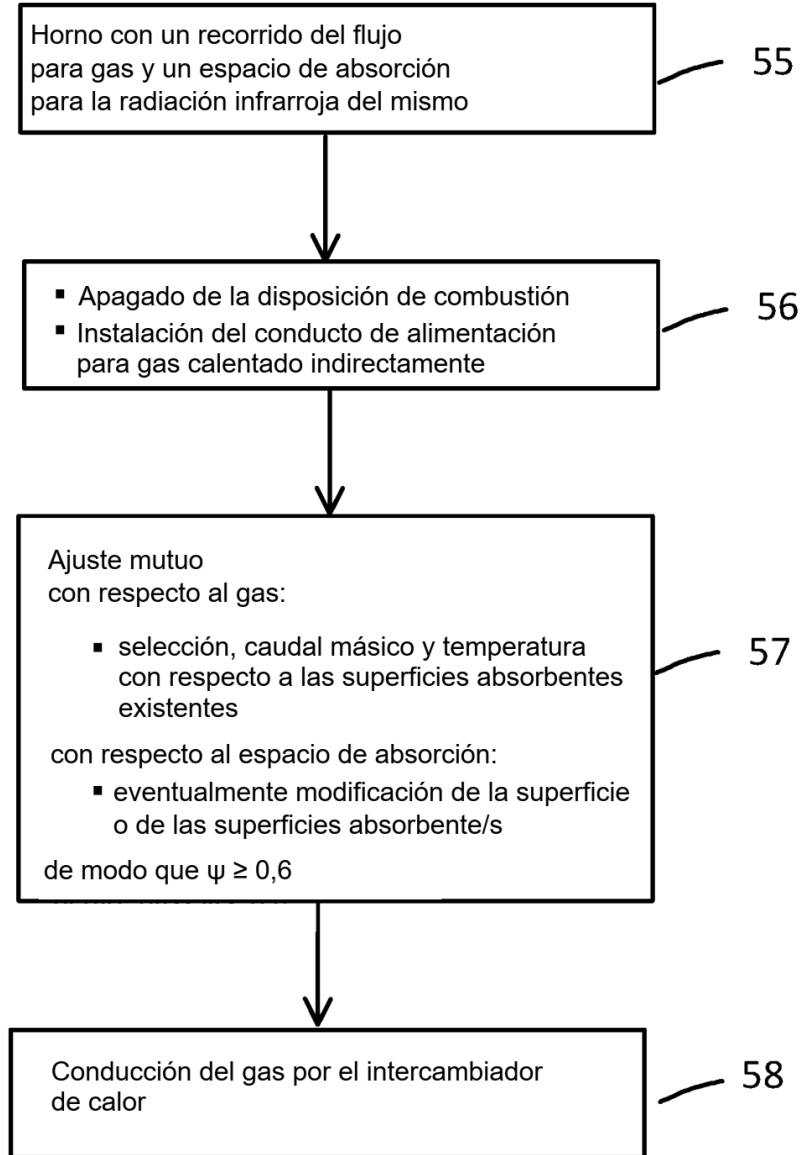


Fig. 3b

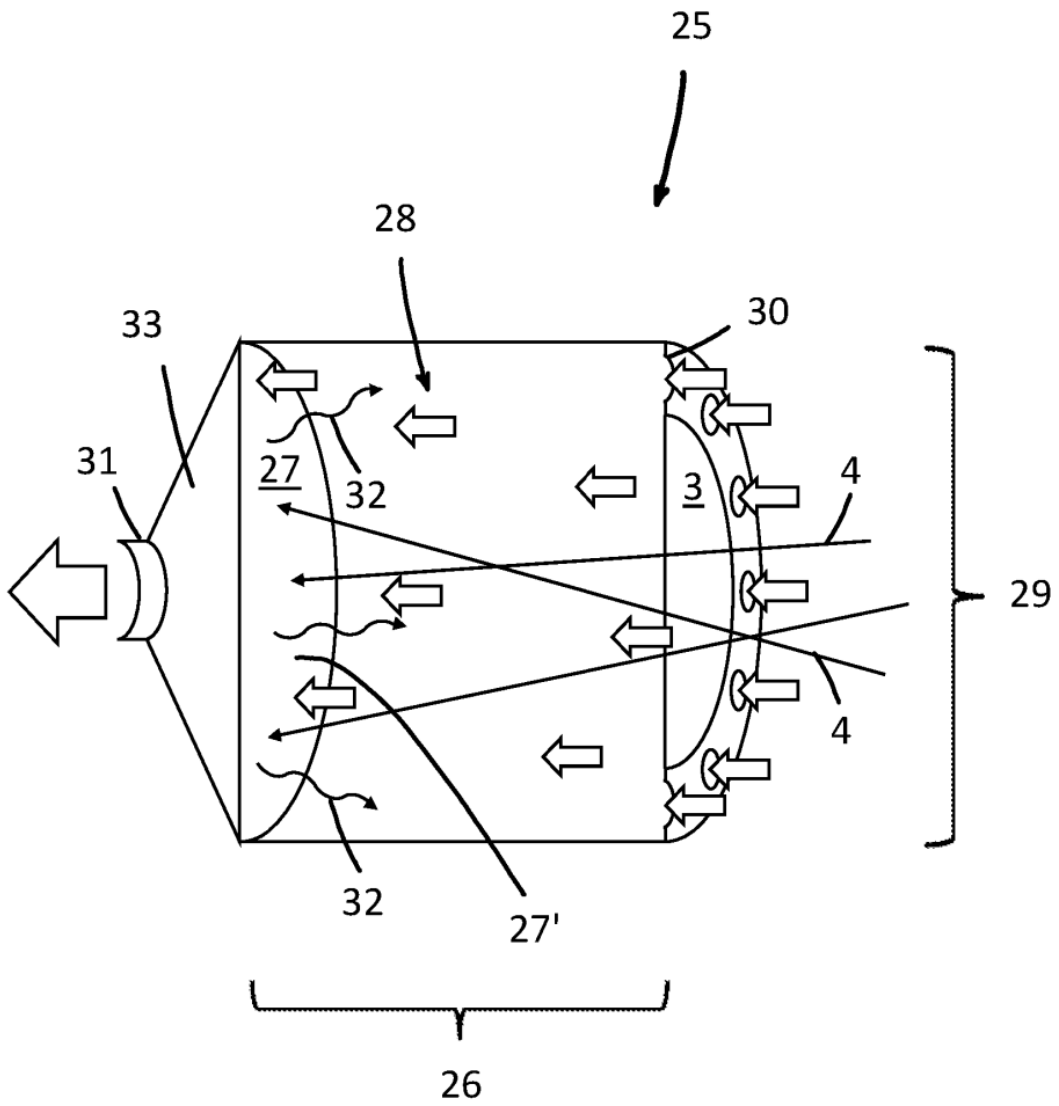


Fig. 4