

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 908 783**

51 Int. Cl.:

**F22B 31/00** (2006.01)

**F22B 37/10** (2006.01)

**F22G 3/00** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.12.2005** **E 17196157 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.12.2021** **EP 3315860**

54 Título: **Una caldera de lecho fluidizado circulante**

30 Prioridad:

**29.12.2004 FI 20045506**

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

**03.05.2022**

73 Titular/es:

**VALMET TECHNOLOGIES OY (100.0%)**

**Keilasatama 5**

**02150 Espoo, FI**

72 Inventor/es:

**PETÄNEN, PERTTI;**

**MÄKELÄ, KARI;**

**KUUKKANEN, KARI y**

**KOKKO, ARI**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 908 783 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

Una caldera de lecho fluidizado circulante

5 Campo de la Invención

La invención se refiere a una caldera de lecho fluidizado circulante de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 adjunta.

10 Antecedentes de la Invención

La invención se refiere a la estructura de un recalentador de una caldera de vapor de agua. Los recalentadores de calderas de vapor de agua están situados típicamente en una corriente de los gases de combustión y, en calderas de lecho fluidizado circulante (calderas CFB), los recalentadores o una parte de los recalentadores pueden estar situados debajo del ciclón en el denominado sellado de circuito (sellado de arena). El incremento de la temperatura de recalentamiento y la relación de calor/energía están por su parte limitados por la corrosión del recalentador. El mecanismo de la corrosión varía, dependiendo de la combustión, estructura y, sobre todo, de la composición química de la ceniza y gases de combustión. A partir del documento EP1310732 A2, se conoce un lecho fluidizado circulante con un recalentador de lecho fluidizado.

En calderas que usan materiales de desecho y biomasa, un contenido elevado de cloro (Cl) combinado con un contenido elevado de álcali [formado principalmente por sodio (Na) y potasio (K)] puede originar un gran ensuciamiento y corrosión de las superficies de intercambio de calor. Los combustibles del tipo de materiales de desecho y biomasa son especialmente problemáticos porque típicamente su contenido de azufre (S) es bajo en relación con su contenido de cloro, en cuyo caso el álcali forma cloruros alcalinos y no sulfatos alcalinos. Los compuestos así formados, a su vez, tienen típicamente una temperatura de fusión relativamente baja. El material fundido así formado se adhiere sobre la superficie del recalentador y se produce corrosión. Otros varios compuestos formados en el proceso de combustión tienen también propiedades correspondientes. Se pretende controlar la corrosión seleccionando materiales que soporten la corrosión mejor en todo el espesor del material o en la capa superficial de la tubería. Además, se puede disminuir la corrosión diseñando la temperatura de la superficie del recalentador por debajo de la temperatura de fusión. Una temperatura baja del vapor de agua recalentado no es ventajosa desde el punto de vista de la economía operativa de la planta industrial (menor producción de electricidad).

La temperatura de la superficie del material de un recalentador típico es, mediante la presente técnica, unas pocas decenas de grados mayor que la temperatura de los contenidos, dependiendo de las condiciones. En la práctica, la temperatura de la superficie y la velocidad de corrosión del material se pueden afectar sustancialmente cambiando sólo la temperatura de los contenidos, esto es, limitando la temperatura de recalentamiento del recalentador.

El material de un recalentador que puede soportar simultáneamente la corrosión, presión elevada y temperatura elevada es típicamente costoso.

40 Un generador de vapor de una planta de energía es conocido a partir del documento DE10131524 A1. El generador de vapor consta de un tubo de transferencia de calor que está protegido por un manguito. Los manguitos protectores se instalan en aquellos tubos por los que el gas de combustión que fluye a través de ellos todavía tiene temperaturas superiores a las temperaturas a las que se ablanda la ceniza.

45 Sumario de la Invención

Se ha inventado ahora una solución de recalentador que permite disminuir la corrosión del recalentador.

Una caldera de lecho fluidizado circulante de acuerdo con la invención se caracteriza principalmente por lo presentado en la reivindicación independiente 1. Las otras reivindicaciones dependientes presentan algunas realizaciones preferidas de la invención.

La idea básica de la invención es fijar la temperatura de la superficie del recalentador tan alta que se evite la formación de una cantidad crítica de material fundido sobre la superficie del recalentador. En soluciones conocidas, la temperatura de la superficie del recalentador se debe mantener por debajo de la temperatura a la que los compuestos se convierten en material fundido en tal extensión que la corrosión empieza a acelerarse. La figura 1 muestra en principio la cantidad de material fundido comprendido en gases de combustión en relación con material en otros estados en función de la temperatura. Como se puede ver en la figura, hay una primera temperatura limitante  $T_0$  después de la cual empieza a formarse el material fundido. A temperaturas mayores, empieza a incrementarse la proporción de material fundido. Además, hay otra temperatura limitante  $T_{k1}$ , después de la cual es crítica la cantidad de material fundido desde el punto de vista de la corrosión. Además, hay una tercera temperatura limitante  $T_{k2}$  (temperatura crítica superior), por encima de la cual la cantidad de material fundido sobre la superficie del recalentador es menor que la cantidad que es crítica desde el punto de vista de la corrosión. Por encima de la temperatura crítica superior  $T_{k2}$  los compuestos están sustancialmente en forma gaseosa. El área de temperaturas entre la segunda temperatura limitante  $T_{k1}$  y la temperatura limitante superior  $T_{k2}$  se denomina en lo sucesivo área de temperaturas críticas  $T_{k1}$ - $T_{k2}$ . Las temperaturas limitantes y la forma del diagrama dependen sustancialmente del compuesto.

A continuación se describe una solución para reducir la corrosión y ensuciamiento del recalentador, en la que la temperatura de la superficie del recalentador es mayor que la temperatura crítica superior  $T_{k2}$ . Como se puede ver en la figura 2, el área de temperaturas de la superficie exterior del recalentador es mayor que la temperatura crítica superior  $T_{k2}$ . La figura 2 muestra también en principio la temperatura del vapor de agua a recalentar permitida por la invención. La presente solución permite también el recalentamiento de vapor de agua a una temperatura mayor con los combustibles problemáticos antes descritos. En soluciones conocidas, lo más frecuentemente la duración de la temperatura y presión evita el aumento de la temperatura por encima de la temperatura crítica superior  $T_{k2}$ .

De acuerdo con una idea básica de la invención, la superficie de la tubería de vapor de agua en el recalentador está separada de los compuestos corrosivos por un revestimiento protector, cuya superficie tiene una temperatura diseñada por encima de la temperatura crítica superior  $T_{k2}$  en la que los compuestos procedentes del combustible están en forma gaseosa. De acuerdo con una realización ventajosa de la invención, el revestimiento protector protege de gases corrosivos a la tubería de vapor de agua. Por lo tanto, los agentes que producen corrosión no están en contacto con la tubería de vapor de agua.

En una realización de la invención, entre el revestimiento protector y la tubería de vapor de agua hay dispuesto un aislante suficiente para controlar la conducción de calor. Por lo tanto, la temperatura de la tubería de vapor es esencialmente menor que la temperatura del revestimiento protector.

En otra realización ventajosa, la conductividad calorífica del revestimiento protector se selecciona de tal manera que no es necesario un aislante particular sobre la superficie de la tubería de vapor de agua del recalentador.

En una realización ventajosa, no se dirige al revestimiento protector presión existente en el vapor de agua. Por lo tanto, es necesario que el revestimiento protector soporte la alta temperatura del entorno.

Fijando la temperatura de la superficie del recalentador mayor que la temperatura crítica superior  $T_{k2}$ , se evita sustancialmente la acumulación de depósitos sobre la superficie del recalentador. Por lo tanto, disminuye la corrosión del recalentador así como su ensuciamiento. Esto origina que el recalentador necesite menos limpieza y mantenimiento.

Las diferentes realizaciones de la invención ofrecen diversas ventajas sobre soluciones de la técnica anterior. Estas pueden ser una o más de las siguientes ventajas en una aplicación, dependiendo de su implementación:

- se puede subir la temperatura de recalentamiento de una caldera y se puede incrementar la producción de electricidad de una central eléctrica, lo cual origina una mejor eficiencia económica,
- se puede usar una selección más amplia de combustibles de demanda uniforme,
- se incrementa utilidad de la caldera,
- el recalentador es de mantenimiento económico porque el elemento que requiere la mayor parte del mantenimiento es el revestimiento protector, que es una estructura no presurizada y no un reactor,
- se puede seleccionar el material del revestimiento protector principalmente sobre la base a soportar la temperatura (es decir, no se requiere soportar la presión),
- igual que en el caso de los materiales del reactor, es posible usar materiales menos costosos que no necesitan soportar la corrosión causada por gases de combustión.

#### Descripción de los dibujos

A continuación se describirá la invención con más detalle haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 muestra la cantidad de material fundido comprendido por un gas de combustión en función de la temperatura.

La figura 2 muestra las áreas de la temperatura operativa de la superficie exterior del recalentador y del vapor de agua que se ha de recalentar.

La figura 3 muestra una caldera de lecho fluidizado circulante.

La figura 4 muestra un recalentador de acuerdo con la invención.

La figura 5 muestra una realización de acuerdo con la invención.

La figura 6 muestra una sección transversal de la realización de acuerdo con la figura 5 en el punto A-A.

La figura 7 muestra otra realización de acuerdo con la invención.

La figura 8 muestra una sección transversal de la realización de acuerdo con la figura 7 en el punto B-B.

La figura 9 muestra una tercera realización de acuerdo con la invención.

La figura 10 muestra una sección transversal de la realización de acuerdo con la figura 9 en el punto C-C.

Por claridad, las figuras muestran sólo los detalles necesarios para comprender la invención. En las figuras se han omitido las estructuras y detalles que no son necesarios para comprender la invención, pero que son obvios a los expertos en la técnica, para recalcar las características de la invención.

Descripción detallada de la Invención

La figura 3 muestra en principio la estructura de una caldera de lecho fluidizado circulante. La caldera comprende un horno 1, canales de gases de combustión 2 y un ciclón 3 donde pueden circular los gases formados en la combustión. Además, la figura 3 muestra el suministro de combustible 4 y el suministro de aire de combustión 5, que están conectados al horno 1, que pueden estar sobre varias capas. En la figura no se muestran sistemas de lavado de los gases de combustión.

Además, la caldera comprende uno o más recalentadores 6a, 6b, 6c. El tipo del recalentador puede ser, por ejemplo, un recalentador de calor radiante 6a en el horno, un recalentador 6b en el canal de los gases de combustión o un recalentador de lecho fluidizado 6c situado después del ciclón. En lo siguiente, se describe la invención que usa, como ejemplo, un recalentador de lecho fluidizado 6c, que se denomina "recalentador". Sin embargo, es posible aplicar también el mismo principio a otros recalentadores 6a, 6b, 6c.

La figura 4 muestra en principio la estructura del recalentador 6c de acuerdo con la invención. El recalentador 6c comprende un sistema de tuberías 7 del recalentador, cuyas partes rectas están en el interior del lecho fluidizado, en cuyo caso están en un espacio G expuesto a los gases de combustión y/o al material del lecho. Las partes curvas del sistema de tuberías 7 del recalentador -así como las conexiones de vapor de agua  $S_{in}$ ,  $S_{out}$  del recalentador- están dispuestas en un espacio separado del material del lecho fluidizado. La figura muestra una manera de implementar el recalentador 6c pero, sin embargo, es posible implementar de varias maneras diferentes manteniendo la idea básica de esta invención.

La figura 5 muestra la sección transversal longitudinal del sistema de tuberías 7 del recalentador protegida contra la corrosión de acuerdo con una realización de la invención. La figura 6, a su vez, muestra una sección transversal del sistema de tuberías 7 del recalentador en el punto A-A de la figura 5. Como se puede ver en las figuras, el sistema de tuberías 7 del recalentador comprende un revestimiento protector 8 y la tubería de vapor de agua 9 dentro de aquella. En el ejemplo de acuerdo con las figuras 5 y 6 hay un canal de aire 10 entre el revestimiento protector 8 y la tubería de vapor de agua 9, que conduce el calor de la manera deseada en el ejemplo desde el revestimiento protector a la tubería de vapor de agua.

Se pretende mantener la temperatura del revestimiento protector 8 por encima del punto de la temperatura crítica superior  $T_{k2}$ . Por encima de la temperatura crítica superior  $T_{k2}$  los compuestos corrosivos presentes en los gases de combustión están sustancialmente en forma gaseosa. Por ejemplo, se ha detectado que en la combustión de los materiales de desecho la temperatura crítica superior  $T_{k2}$  es del orden de 600 a 650°C. Sin embargo, la temperatura crítica superior  $T_{k2}$  depende sustancialmente de la combustión, estructura y, lo más importante, de la composición química de la ceniza y gases de combustión.

Por encima de la temperatura crítica superior  $T_{k2}$  los compuestos corrosivos presentes en los gases de combustión están sustancialmente en forma gaseosa. Cuando la temperatura de la superficie del recalentador 6c es mayor que la temperatura crítica superior  $T_{k2}$ , los compuestos presentes en forma gaseosa no se depositan sobre las superficies del recalentador 6c. Si la temperatura de los gases de combustión presentes en la superficie cae por debajo de la temperatura crítica superior  $T_{k2}$ , se incrementa sustancialmente la cantidad de material fundido. Este material fundido se deposita fácilmente sobre la superficie del recalentador produciendo corrosión y ensuciamiento. Debido a esto, se ventajoso mantener la temperatura del revestimiento protector 8 suficientemente alta en comparación con la temperatura crítica superior  $T_{k2}$ .

El vapor de agua S a recalentar que circula por la tubería de vapor de agua 9 enfría a la tubería de vapor de agua que, a su vez, enfría al revestimiento protector 8. La temperatura del vapor de agua S a recalentar puede variar específicamente de acuerdo con su aplicación. Frecuentemente, la temperatura del vapor de agua S es 450 a 480°C. Cuando la temperatura del vapor de agua S es sustancialmente menor que la temperatura crítica superior  $T_{k2}$ , se puede evitar el enfriamiento excesivo del revestimiento protector 8. En las figuras 5 y 6 el intercambio de calor entre el revestimiento protector 8 y la tubería de vapor de agua 9 es controlado por un canal de aire 10. Usando algún otro aislante además del canal de aire 10, se pueden adaptar las propiedades de intercambio de calor para ajustarse mejor a la aplicación. En las figuras 7 y 8 el intercambio de calor es controlado por el aislamiento 10 situado entre el revestimiento protector 8 y la tubería de vapor de agua 9.

Las figuras 9 y 10 muestran, a su vez, una realización del recalentador 6c de acuerdo con la invención, en la que la conductividad calorífica del revestimiento protector 8 se selecciona de tal manera que no es necesario un aislamiento separado entre la tubería de vapor de agua 9 del recalentador y el revestimiento protector 8. En la solución en cuestión la temperatura del revestimiento protector 8 cae de manera controlada desde la temperatura de la superficie exterior a la temperatura del interior, siendo sustancialmente significativa esta diferencia de temperaturas. La conductividad calorífica puede ser afectada, por ejemplo, por materiales y/o soluciones estructurales. La conductividad calorífica de la estructura se selecciona de tal manera que no es necesario un aislamiento separado entre la tubería de vapor de agua 9 del recalentador 6c y el revestimiento protector.

En la selección del material de diferentes estructuras del recalentador 6c se debe tener en cuenta que el revestimiento protector 8 debe soportar principalmente calor y gases de combustión, es decir, no necesita soportar presión como en

soluciones conocidas. La tubería de vapor de agua 9 debe, a su vez, soportar presión pero no gases de combustión corrosivos. Los materiales en cuestión son sustancialmente menos costosos que los materiales que soportan corrosión y presión usados en estructuras conocidas. El aislante 10 puede ser un gas, como por ejemplo aire, un material sólido o líquido, como por ejemplo un recubrimiento, un material refractario o una estructura distinta.

5 Una realización permite recalentar el vapor de agua S a una temperatura entre las temperaturas limitantes  $T_{k1}$  y  $T_{k2}$ , es decir, en el área de las temperaturas críticas  $T_{k1}$ - $T_{k2}$ , (es decir, en las áreas  $T_{k1}$ - $T_{k2}$  de las figuras 1 y 2) sin que los compuestos se depositen significativamente sobre la superficie del sistema de tuberías 7 del recalentador. No se forman depósitos significativos desde el punto de vista de la corrosión porque la tubería de vapor de agua 9 en el  
10 citado área de temperaturas críticas  $T_{k1}$ - $T_{k2}$  está aislada de los gases de combustión y/o de material fluidizado y la temperatura del revestimiento protector 8 es mayor que la temperatura crítica superior  $T_{k2}$ . Esto permite dichas temperaturas de recalentamiento que, en soluciones conocidas, no serían económicas debido, *inter alia*, a corrosión y ensuciamiento.

15 La tubería de vapor de agua 9 del recalentador 6c y el revestimiento protector 8 y, en algunas realizaciones, también el aislante 10, pueden tener propiedades diferentes de dilatación térmica. Parece que esto se debe las temperaturas diferentes de partes diferentes y parcialmente a los materiales diferentes. En una realización, la tubería de vapor de agua 9 está dispuesta dentro del revestimiento protector 8 sin estar fijada rígidamente a éste. En otra realización, la tubería de vapor de agua 9, a su vez, está fijada rígidamente a un solo punto del revestimiento protector 8 como, por  
20 ejemplo, al otro extremo del revestimiento protector. Por lo tanto, la tubería de vapor de agua 9 y el revestimiento protector 8 se dilatan independiente una del otro.

El uso de la estructura antes presentada del sistema de tuberías 7 del recalentador es muy favorable porque sus procedimientos de mantenimiento son fáciles de realizar. Especialmente en el recalentador de lecho fluidizado 6c el  
25 revestimiento protector 8 se deteriora por su uso de tal manera que debe ser renovado de vez en cuando. En la presente solución usualmente es suficiente el cambio del revestimiento protector 8, que puede ser realizado mediante métodos convencionales. Por ejemplo, se puede cortar y separar el revestimiento protector 8 viejo. En una realización, el revestimiento protector 8 cambiado puede estar formado por dos mitades de tubería que se conectan entre sí después de haber sido fijadas alrededor de la tubería de vapor de agua 9. Como el efecto de la presión no se dirige al  
30 revestimiento protector 8 en uso, su soldeo no tiene los mismos requisitos que el soldeo de tuberías que soportan presión de un recalentador convencional 6.

## REIVINDICACIONES

1. Una caldera de lecho fluidizado circulante que comprende

- 5           - un ciclón (3),
- un recalentador de lecho fluidizado (6c) colocado después del ciclón (3), y
- un sistema de tuberías (7) de recalentador de lecho fluidizado (6c), el sistema de tuberías (7) de recalentador comprendiendo una tubería de vapor de agua (9), a la que se puede dirigir el vapor de agua (S) que ha de ser recalentado, en el que el sistema de tuberías (7) de recalentador comprende partes rectas y
- 10           partes curvas, **caracterizado por que**
- el sistema de tuberías (7) de recalentador comprende un revestimiento protector (8), que rodea la tubería de vapor de agua (9), y **por que**
- las partes rectas del sistema de tuberías (7) de recalentamiento se encuentran dentro de un lecho fluidizado, en cuyo caso se encuentran en un espacio (G) expuesto al material del lecho y
- 15           - las partes curvas de la tubería de sobrecalentamiento (7) están dispuestas en un espacio separado del material del lecho fluidizado.

2. La caldera de lecho fluidizado circulante de acuerdo con la reivindicación 1, en la que

- 20           - el recalentador de lecho fluidizado (6c) comprende conexiones de vapor ( $S_{in}$ ,  $S_{out}$ ), y
- las conexiones de vapor ( $S_{in}$ ,  $S_{out}$ ) del recalentador de lecho fluidizado (6c) están dispuestas en el espacio separado del material del lecho fluidizado.

3. La caldera de lecho fluidizado circulante según la reivindicación 1 ó 2, que comprende

- 25           - un canal de aire (10) entre el revestimiento protector (8) y la tubería de vapor de agua (9).

4. La caldera de lecho fluidizado circulante de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende

- 30           - un aislamiento (10) entre el revestimiento protector (8) y la tubería de vapor de agua (9).

5. La caldera de lecho fluidizado circulante de acuerdo con la reivindicación 4, en la que

- 35           - el aislamiento es de material líquido o sólido.

6. La caldera de lecho fluidizado circulante de acuerdo con la reivindicación 5, en la que

- el aislamiento es un revestimiento, un refractario o una estructura separada.

40           7. La caldera de lecho fluidizado circulante de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que

- no se proporciona un aislamiento entre el revestimiento protector (8) y la tubería de vapor de agua (9) y
- se selecciona una conductividad térmica del revestimiento protector (8) de tal manera que la temperatura del revestimiento protector (8) descienda de manera controlada desde la temperatura de la superficie exterior a la
- 45           temperatura del interior, cuya diferencia de temperaturas es sustancialmente significativa.

8. La caldera de lecho fluidizado circulante según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que

- 50           - la tubería de vapor de agua (9) del recalentador de lecho fluidizado (6c) y el revestimiento protector (8) tienen diferentes propiedades de expansión térmica.

9. La caldera de lecho fluidizado circulante según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que

- 55           - la tubería de vapor de agua (9) está dispuesta dentro del revestimiento protector (8) sin que esté rígidamente fijado al revestimiento protector (8), por lo que la tubería de vapor de agua (9) y el revestimiento protector (8) pueden expandirse independientemente uno del otro.

10. La caldera de lecho fluidizado circulante según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que

- 60           - la tubería de vapor de agua (9) está fijada rígidamente a un solo punto del revestimiento protector (8), por lo que la tubería de vapor de agua (9) y el revestimiento protector (8) pueden expandirse independientemente uno del otro.

11. La caldera de lecho fluidizado circulante de acuerdo con la reivindicación 10, en la que

- 65           - la tubería de vapor de agua (9) está fijada rígidamente a un extremo de el revestimiento protector (8).

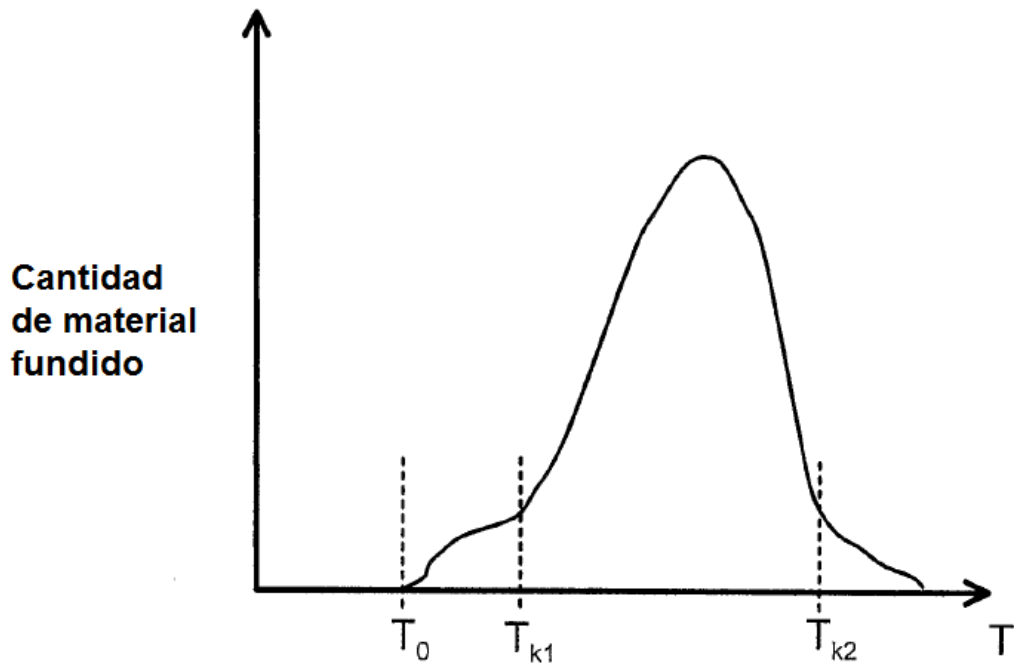


Fig. 1

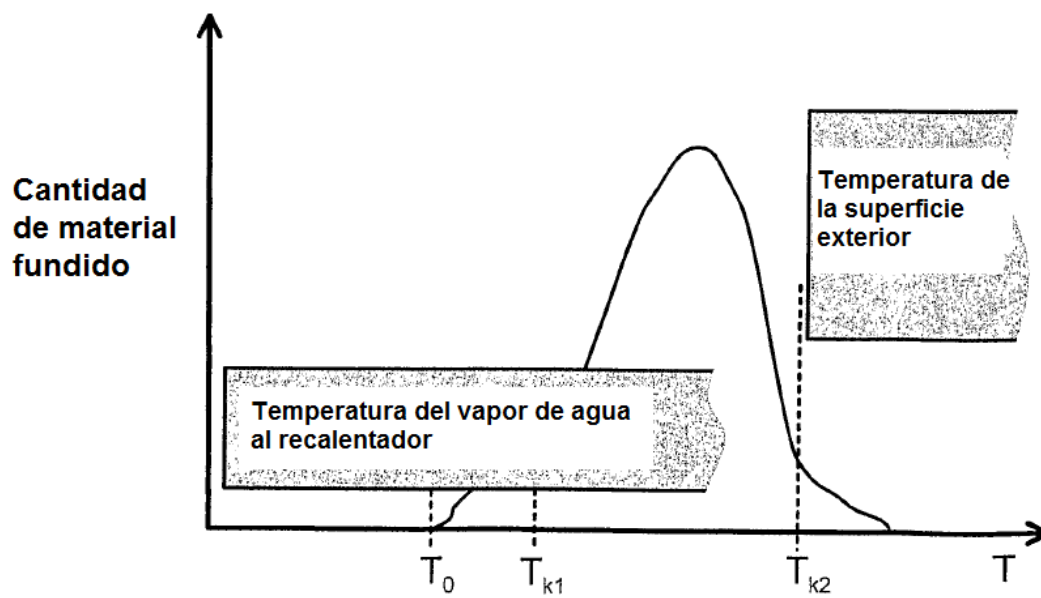


Fig. 2

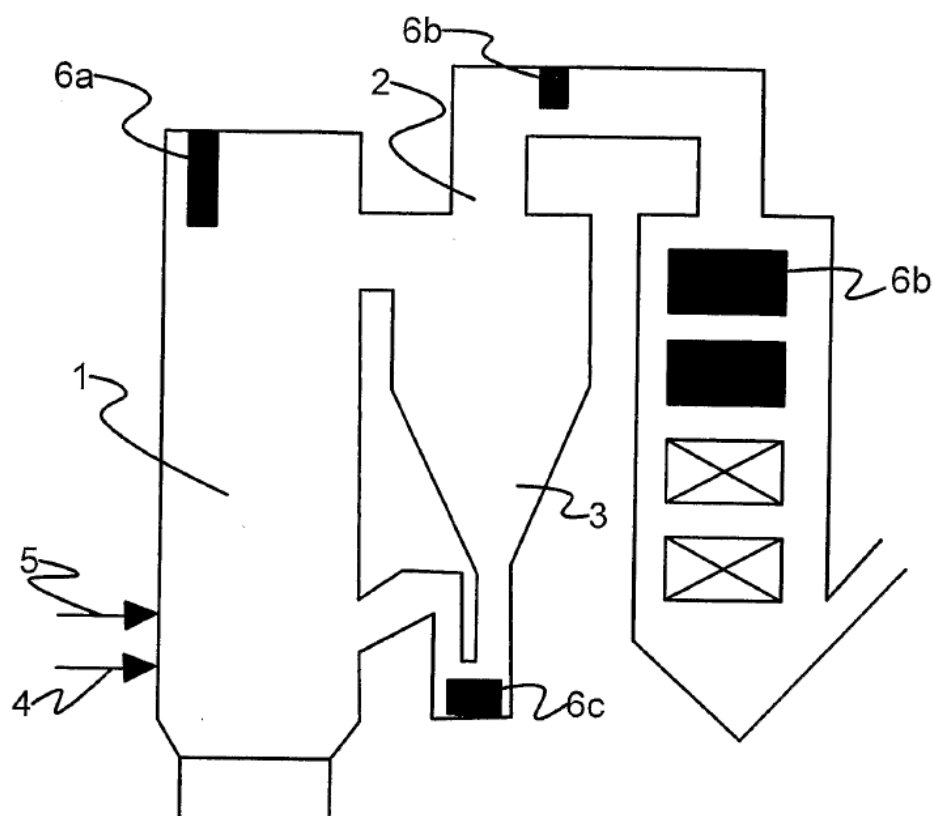


Fig. 3

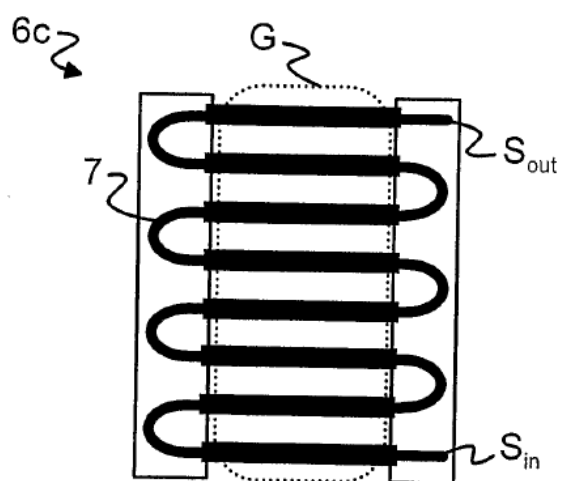


Fig. 4

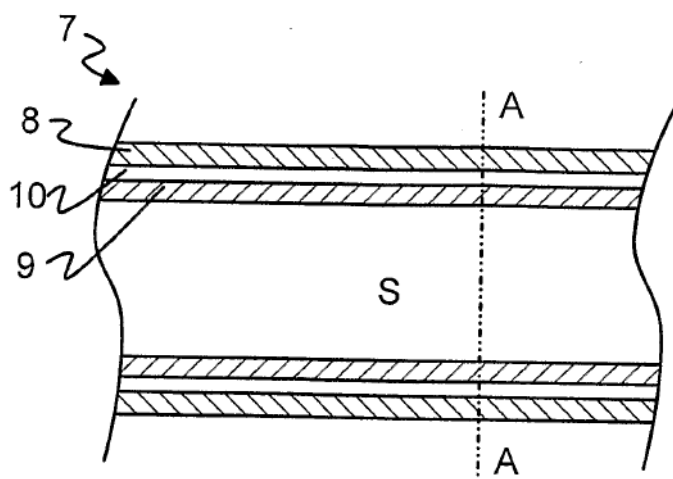


Fig. 5

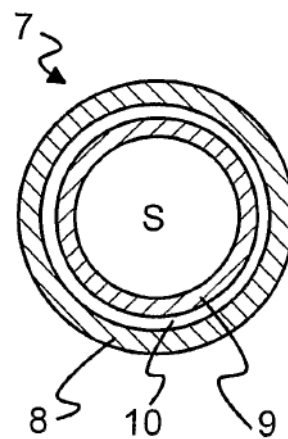


Fig. 6

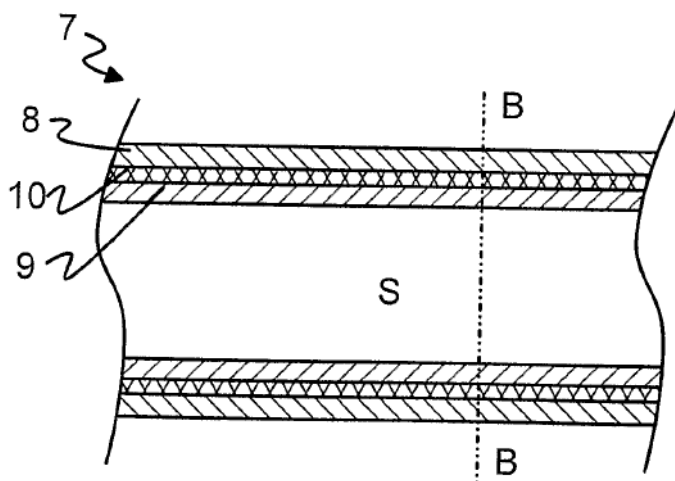


Fig. 7

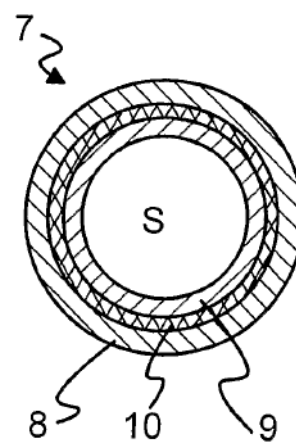


Fig. 8

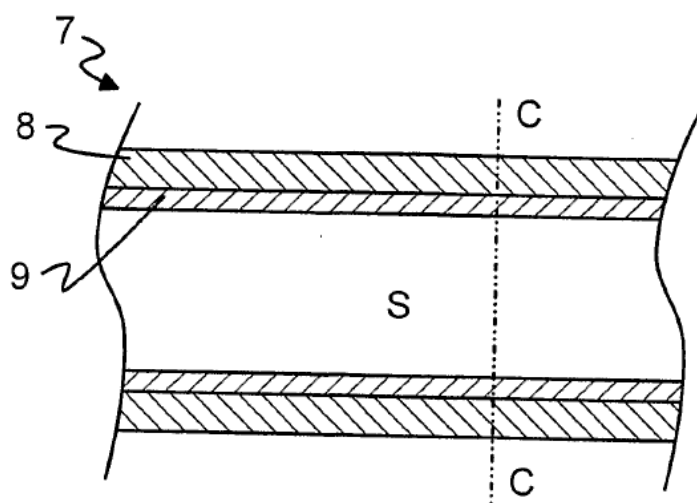


Fig. 9

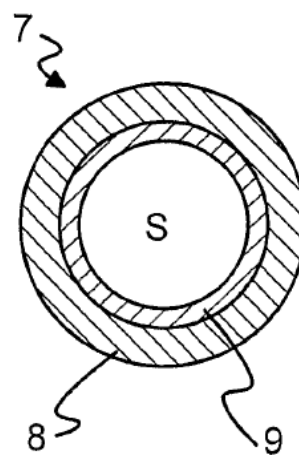


Fig. 10