

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 626 840**

51 Int. Cl.:

F23J 3/02 (2006.01)

F23M 5/08 (2006.01)

F22B 37/10 (2006.01)

F28F 19/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.01.2014** **E 15002969 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.03.2017** **EP 3018411**

54 Título: **Método y dispositivo para proteger tubos intercambiadores de calor**

30 Prioridad:

14.01.2013 DE 102013000424

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

26.07.2017

73 Titular/es:

**MARTIN GMBH FÜR UMWELT- UND
ENERGIETECHNIK (100.0%)
Leopoldstrasse 248
80807 München, DE**

72 Inventor/es:

**WEBER, TORALF y
MARTIN, JOHANNES**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 626 840 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

Método y dispositivo para proteger tubos intercambiadores de calor

5 La invención se refiere a un método para proteger tubos intercambiadores de calor en sistemas de calderas con al menos un tubo intercambiador de calor rodeado de un componente cerámico, al cual se le aplica una corriente de gas de combustión por al menos dos lados opuestos, en donde se suministra gas a un espacio adyacente al tubo intercambiador de calor y al componente. Además, la invención se refiere a un dispositivo con un tubo intercambiador de calor, cuya superficie periférica está rodeada de al menos un componente cerámico, y con un suministro de gas a un espacio adyacente al tubo intercambiador de calor y al componente. En los sistemas de calderas, los tubos intercambiadores de calor sirven, en parte, para evaporar el agua y, en parte, para sobrecalentar el agua evaporada. Las temperaturas en los tubos intercambiadores de calor de los sistemas de calderas más grandes con una turbina aguas abajo deben ser lo más altas posible, puesto que la eficacia de la turbina aguas abajo aumenta a medida que asciende la temperatura.

15 Particularmente, en los hornos de combustión para quemar combustibles sólidos, como por ejemplo, los sistemas de combustión de residuos y biomasa, existe el problema de que los tubos intercambiadores de calor se corroan. Numerosas investigaciones han demostrado que esta corrosión es provocada por capas adheridas de cenizas y sales. Los compuestos gaseosos en el gas de combustión, como por ejemplo, el HCl y el SO₂, influyen en la formación de estas capas, pero no provocan directamente la corrosión en estos componentes.

En los sistemas de combustión de residuos y biomasa se observan tasas de corrosión de hasta un milímetro por 1000 horas.

20 Como medida de protección frente a la corrosión se emplean revestimientos cerámicos y recubrimientos metálicos que se aplican mediante deposición directa con láser, o bien mediante proyección térmica.

DE 699 07 604 T2 describe un método en el que se instalan componentes cerámicos como protección frente a la corrosión en tubos con sobrecalentamiento.

25 DE 38 23 439 C2 describe un elemento de protección cerámico acabado sinterizado formado por semicáscaras encajadas entre sí. En la práctica, no se ha demostrado que estas cáscaras, preferentemente hechas de carburo de silicio, sean útiles, puesto que el material necesario se tendría que hacer relativamente grueso y pesado para resistir el esfuerzo. El elemento de protección se rellena de mortero. Puesto que el encaje no permitía ninguna dilatación térmica, a las altas temperaturas de funcionamiento se produjo una fisuración hasta llegar a un desprendimiento de las cáscaras.

30 DE 20 2008 006 044 U1 describe otra cubierta de protección cerámica de semicáscaras solapadas de carburo de silicio.

35 Los revestimientos cerámicos en las paredes, como se describen, por ejemplo, en DE 198 16 059 A1 y en EP 0 981 015 A1, han demostrado que son útiles en las paredes de las cámaras de combustión. Por el contrario, el uso de cáscaras de protección cerámicas para tubos intercambiadores de calor a los que se aplica gas de combustión por todos los lados no es factible, particularmente, en el área de sobrecalentamiento. Junto con la carga estática de la construcción de acero, los tubos intercambiadores de calor están sujetos a cargas mecánicas durante la limpieza en el área de sobrecalentamiento.

40 Los dispositivos de golpeo, que actúan de forma mecánica sobre los tubos en el área de sobrecalentamiento para eliminar las capas, están muy extendidos. También se intentan eliminar las capas con eyectores de agua y de vapor. Con ello se producen cargas químicas adicionales. Estas cargas limitan en gran medida las posibilidades de uso de los revestimientos cerámicos como medida de protección frente a la corrosión en el área de sobrecalentamiento.

En los canales de tiro de radiación, las deposiciones directas con láser han demostrado ser útiles como protección eficaz frente a la corrosión. Como material de deposición se ha impuesto el material 2.4858 (Inconel 625).

45 No obstante, las temperaturas de material por encima de los 400 °C, como se producen en el margen de sobrecalentamiento y en el margen de evaporación a altas presiones de funcionamiento, limitan significativamente la protección frente a la corrosión de este material. El uso de otros materiales de aporte para la soldadura, como por ejemplo, el 2.4606 (Inconel 686), tampoco ofrece mejoras significativas respecto a los otros materiales de aporte para la soldadura.

- 5 Cada vez se usan con mayor frecuencia los métodos de proyección térmica como medida para la protección frente a la corrosión. Los experimentos con distintas composiciones de material como capa de protección frente a la corrosión en distintos componentes de calderas han demostrado que las capas de protección de este tipo pueden fallar en poco tiempo de forma impredecible. Por ello, con las capas de protección con proyección térmica de este tipo tampoco es posible una protección frente a la corrosión a largo plazo y operativamente fiable.
- 10 La protección frente a la corrosión influye en la eficacia del generador de vapor. La mayoría de los sistemas de combustión de residuos y biogás se ponen en funcionamiento solo con temperaturas de vapor de 400 °C a 40 bar para limitar la corrosión. Aumentar los parámetros de vapor conlleva un claro aumento de las tasas de corrosión en los tubos de la caldera y, con ello, una reducción de la disponibilidad del sistema. Las medidas de protección frente a la corrosión conocidas no han podido ofrecer mejoras satisfactorias en este ámbito.
- 15 GB 2 263 330 A describe un método de este tipo en el que se dispone otro tubo de metal alrededor de un tubo intercambiador de calor en un área del sobrecalentador especialmente sometida a esfuerzos, que se destruye durante el funcionamiento del sistema y, con ello, protege el tubo situado debajo durante un tiempo determinado. La destrucción de este tubo de cubierta provoca una protección temporal muy limitada, y la fijación del tubo de cubierta al tubo intercambiador de calor provoca un debilitamiento del tubo intercambiador de calor, que tiende especialmente a corroerse precisamente en el área de estos puntos de fijación.
- 20 Por ello, la invención se basa en la tarea de reducir notablemente la corrosión en tubos intercambiadores de calor en sistemas de calderas de vapor incluso a temperaturas muy por encima de los 400 °C.
- Esta tarea se resuelve con un método genérico para proteger tubos intercambiadores de calor en sistemas de calderas según la reivindicación 1, en donde el gas se suministra mediante un tubo de gas incorporado en el componente cerámico. Así pues, en el marco de la invención, se debe entender por gas un fluido en forma gaseosa, un fluido líquido y cualquier fluido en un estado de agregación situado entre los mismos, así como distintos tipos de vapor.
- 25 La invención se basa en el descubrimiento de que también se pueden proteger de forma eficaz los tubos intercambiadores de calor situados libremente en la cámara de combustión y, preferentemente, colgados del techo de la cámara de combustión con componentes cerámicos si se suministra un gas entre el tubo intercambiador de calor y el elemento cerámico.
- 30 Los tubos intercambiadores de calor que cuelgan libremente en el canal de tiro de gas de combustión solo son accesibles por un extremo. Cuando se suministra un gas a un área entre el tubo intercambiador de calor y el elemento cerámico, existe el peligro de que este gas llegue inmediatamente a la cámara de combustión a través de los primeros intersticios entre los elementos cerámicos y, en consecuencia, no ejerza una protección eficaz de todos los tubos intercambiadores de calor. Por ello, solo se aplica el suministro de gas a los tubos intercambiadores de calor en paredes de membrana de los sistemas de calderas, puesto que, en ellas, el gas se puede transportar de forma sencilla a todas las áreas de los tubos intercambiadores de calor y, particularmente, a las áreas especialmente sometidas a cargas térmicas.
- 35 Las áreas especialmente sometidas a cargas térmicas de los tubos intercambiadores de calor dispuestos dentro de una caldera están muy separadas de las paredes de membrana y, por ello, son difíciles de alcanzar por el gas suministrado. Además, si hay demasiado gas suministrado en la cámara de combustión o en los canales de tiro del gas de combustión se afecta a la eficacia del sistema.
- 40 No obstante, se ha demostrado que, a una presión adecuada y con una configuración adecuada de los elementos cerámicos, se puede transportar a las áreas sometidas a mayores cargas térmicas de los tubos intercambiadores de calor un gas que ejerza una protección dentro de un intersticio entre el tubo intercambiador de calor y el elemento cerámico del tubo intercambiador de calor haciendo que una sobrepresión más baja en el gas fluido impida una entrada de gases de combustión a los tubos intercambiadores de calor mediante el componente cerámico.
- 45 El espacio puede estar formado por distintos componentes. Preferentemente, solo está formado por el tubo intercambiador de calor y el componente cerámico.
- 50 Resulta especialmente ventajoso que el gas se suministre en el punto más caliente entre el tubo intercambiador de calor y el elemento cerámico. Ello provoca que la mayor presión del gas se encuentre en el lugar en el que el tubo intercambiador de calor esté especialmente sometido a cargas térmicas. Según la construcción del sistema de caldera, también puede resultar ventajoso suministrar el gas en el punto con la mayor presión del gas de combustión, es decir, con la mayor contrapresión en el elemento cerámico.
- El componente cerámico se podría configurar de forma que el gas suministrado se guíe en el componente cerámico. No obstante, puesto que el componente cerámico suele estar compuesto de varios elementos cerámicos, existe el

peligro de que el gas suministrado se escape antes de tiempo entre los elementos cerámicos y, por ello, no se pueda aplicar el gas a todas las áreas del tubo intercambiador de calor. Colocar un mortero, preferentemente entre los elementos cerámicos uniéndolos, tampoco suele poder impedir un escape del gas.

5 Por ello, el gas se introduce a través de un tubo incorporado en el componente cerámico. Este tubo puede ser de cerámica y, por ejemplo, también estar formado por varios elementos de tubo. No obstante, este tubo es preferentemente un tubo metálico. Puesto que este tubo se incorpora en el componente cerámico y el interior del tubo se enfría mediante el gas suministrado, el gas se puede transportar al punto sometido a la mayor carga térmica de un tubo intercambiador de calor en un tubo metálico. Desde allí, se puede distribuir el gas, y el gas también actúa en ese caso como protección para los tubos intercambiadores de calor cuando el componente cerámico forma una cubierta gruesa. Preferentemente, este tubo se dispone entre los tubos intercambiadores de calor. Preferentemente, se sitúa en un punto medio entre un tubo intercambiador de calor de suministro y uno de evacuación.

15 El gas suministrado en el punto de la mayor contrapresión al área entre el tubo intercambiador de calor y el elemento cerámico puede fluir por los intersticios entre el tubo intercambiador de calor y el componente cerámico a lo largo de los tubos intercambiadores de calor para evitar una entrada de gas de combustión al tubo intercambiador de calor a lo largo de toda la longitud de los tubos intercambiadores de calor.

20 Particularmente en el caso de tubos intercambiadores de calor largos, puede resultar ventajoso suministrar el gas en varios puntos. Por ello, se propone que el gas se suministre a través de varios orificios distanciados a lo largo del tubo intercambiador de calor y dispuestos en un tubo de gas. De esta forma, la distribución del gas que sirve como aire de purgado puede hacerse a través de la altura del sobrecalentador de radiación mediante varios suministros. Esta se puede hacer a través de orificios o perforaciones entre un canal de suministro de aire intermedio y los tubos de sobrecalentamiento dentro del componente cerámico, que puede estar configurado en forma de paquete de ladrillos moldeados. En caso de que haya un defecto en los componentes cerámicos, se provocaría un abastecimiento seguro de aire de purgado incluso por encima del punto dañado.

25 La tarea en la que se basa la invención también se resuelve con un dispositivo con un tubo intercambiador de calor según la reivindicación 9, cuya superficie periférica está rodeada de al menos un componente cerámico y un suministro de gas a un espacio adyacente al tubo intercambiador de calor y al componente cerámico, en donde el suministro de gas presenta un tubo de gas incorporado en un componente cerámico.

30 La invención se refiere a tubos intercambiadores de calor que no solo están protegidos con un componente cerámico por un lado, sino cuya superficie periférica está rodeada de al menos un componente cerámico. De esta forma, el tubo intercambiador de calor está rodeado y protegido por el componente cerámico en toda la superficie periférica, mientras que el suministro de gas hace que ningún gas de combustión pueda alcanzar el tubo intercambiador de calor a través de los intersticios del componente cerámico.

35 Puesto que la superficie periférica del tubo intercambiador de calor está rodeada del componente cerámico, se propone que el suministro de gas se produzca primero en la dirección de los tubos intercambiadores de calor en el componente cerámico antes de que el gas vuelva a fluir en la dirección longitudinal de los tubos intercambiadores de calor y, de esta forma, forme una presión de gas en los intersticios del componente cerámico que impida una entrada de gas de combustión.

40 Por ello, el suministro de gas debería ser un ventilador. Este ventilador permite ajustar la presión del gas de forma que no llegue demasiado gas a la cámara de combustión a través del componente cerámico y, por otro lado, que se forme una contrapresión a lo largo de toda la longitud de los tubos intercambiadores de calor suficiente para evitar la entrada de gases de combustión a los tubos intercambiadores de calor.

Para evitar esto de forma sencilla, el suministro de gas presenta un tubo de gas incorporado en el componente cerámico. La incorporación en el componente cerámico sujeta el tubo de gas y permite soportar el tubo de gas mediante la cerámica del componente cerámico.

45 En muchas aplicaciones, los tubos intercambiadores de calor colgados en la cámara de combustión están arqueados en forma de U para incorporar el agua o el vapor a la cámara de combustión y, después, evacuarlos de la cámara de combustión. En una configuración de este tipo, se propone que el suministro de gas finalice en el área del arco. Ello permite, particularmente, enfriar el área del arco especialmente sometida a esfuerzos con gas recién suministrado y/o, preferiblemente, formar en este punto sometido a esfuerzos una contrapresión que impida una entrada de gases de combustión al tubo intercambiador de calor.

50 Para garantizar un abastecimiento suficiente de aire de purgado, particularmente incluso ante un defecto en el componente cerámico, se propone que el tubo de gas presente varios orificios distanciados a lo largo del tubo intercambiador de calor. Preferentemente, estos orificios están distribuidos a lo largo de la altura del sobrecalentador de radiación o a lo largo del tubo intercambiador de calor.

Normalmente, el gas suministrado es aire. No obstante, también se puede utilizar un gas que favorezca la combustión, como el oxígeno, o un gas que influya en la combustión. Así, también se puede suministrar como gas, por ejemplo, el gas de combustión recirculado desde un dispositivo de limpieza de gases residuales.

5 Resulta ventajoso que el componente cerámico presente al menos dos elementos cerámicos en forma de paralelepípedo con, preferentemente, más de un 85 % de carburo de silicio, los cuales presenten ondulaciones en forma de arco en su sección y se fijen el uno al otro con concavidades de ondulación alineadas entre sí, de forma que se puedan disponer dos porciones de tubo intercambiador de calor en dos concavidades de ondulación opuestas y se pueda disponer una porción de tubo de suministro de gas en dos concavidades de ondulación opuestas entre estas concavidades de ondulación.

10 Un componente cerámico de este tipo permite proteger de forma especial porciones de tubos intercambiadores de calor, suministrar un gas y formar una presión de gas entre elementos cerámicos que impida que fluyan gases de combustión a las porciones de los tubos intercambiadores de calor. Así pues, el componente cerámico se construye preferentemente de manera que se evite un contacto entre el tubo intercambiador de calor y el elemento cerámico.

15 Se representan el método y una forma de realización ventajosa, así como un elemento cerámico en el dibujo y se describen a continuación. En este muestran

- la Figura 1, el primer canal de tiro de un sistema de caldera con serpentines de sobrecalentamiento que cuelgan del techo,
- la Figura 2, una sección a través del canal de tiro en la Figura 1 a lo largo de la línea AA,
- 20 la Figura 3, una representación esquemática aumentada de los tubos intercambiadores de calor con elementos cerámicos,
- la Figura 4, una sección a través de un elemento cerámico para un tubo arqueado y
- la Figura 5, una sección a través de un elemento cerámico para tubos rectos.

25 El sistema de caldera 1 mostrado en la Figura 1 está formado por una rejilla 2, una cámara de combustión 3 y un serpentín de sobrecalentamiento 5 colgado en el techo 4. El serpentín de sobrecalentamiento 5 está rodeado de un componente cerámico 6 formado por varios elementos cerámicos 7 que se unen entre sí mediante un mortero. El componente cerámico 6 se une a un ventilador 9 mediante un conducto 8, y los tubos intercambiadores de calor 10 del serpentín de sobrecalentamiento 5 se unen a un sistema de caldera 11.

30 Ello permite suministrar, a través de los canales 12, aire desde el ventilador 9 y los tubos de gas 13 entre los tubos intercambiadores de calor 10 y el componente cerámico 6. Puesto que el componente cerámico 6 está formado por varios elementos cerámicos 7 que se adaptan entre sí de forma separada y, a menudo, el mortero entre los mismos no supone ningún sellado fijo, en caso de fuga, el aire puede fluir al canal de tiro de gas de combustión 14 a través del componente cerámico 6 y, de esa forma, evitar que el gas de combustión alcance los tubos intercambiadores de calor 10 desde el canal de tiro de gas de combustión 14.

35 La Figura 2 muestra el techo 4 del canal de tiro de gas de combustión 14 con el sistema de caldera 11. Preferentemente, el techo 4 se configura de manera que, abriendo fácilmente el techo 4 sobre una línea, se pueden incorporar en el canal de tiro de gas de combustión 14 no solo los tubos intercambiadores de calor 10, sino también los tubos de gas 13. En este aspecto, resulta ventajoso que un elemento cerámico 7 del componente cerámico 6 se extienda a través del techo 4 para garantizar un cubrimiento completo de los tubos intercambiadores de calor 10 dentro del canal de tiro de gas de combustión 14 también en el caso de que se produzcan variaciones en la longitud

40 en el área de los tubos intercambiadores de calor 10 y de los elementos cerámicos 7.

El extremo inferior de una parte del serpentín de sobrecalentamiento 5 mostrado en la Figura 3 muestra dos placas en arco 20, 21 y una placa en forma de paralelepípedo 22. Todas las placas están formadas, respectivamente, por dos elementos cerámicos 23, 24, 25, 26 y 27, 28. Las placas en forma de arco 20, 21 están formadas por dos elementos 23, 24 y 25, 26, respectivamente, que se fijan entre sí, respectivamente, mediante una unión atornillada 29, 30 y 31, 32, de manera que los elementos cerámicos forman, respectivamente, dos caras opuestas del componente cerámico 6, a las cuales se les puede aplicar una corriente de gas de combustión.

45

La placa en forma de paralelepípedo 22 formada por dos elementos cerámicos 27, 28 paralelepípedos se representa en una posición abierta que muestra ondulaciones 34 en el interior de los elementos cerámicos 27, 28, las cuales, alineadas entre sí, forman, respectivamente, un espacio en forma de círculo 48, 49 para la entrada y la salida del tubo intercambiador de calor 10 en forma de U y forman un espacio 50 para el tubo de gas 13 entre las mismas. Se señala con una línea de puntos el arco en forma de U del tubo intercambiador de calor 10 y el recorrido del tubo de gas 13. Ello muestra que el tubo de gas 13 del suministro de gas 12 termina con un orificio 36 en el área del arco 35.

50

ES 2 626 840 T3

La Figura 4 muestra una sección a través de la placa en arco 20 con las uniones atornilladas 29 y 30. El interior de los elementos 23 y 24 tiene, respectivamente, dos concavidades de ondulación 38, 39, para alojar el tubo intercambiador de calor 10 y, entre ellas, dos concavidades de ondulación 40, 41 para alojar el tubo de gas 13.

- 5 En una construcción correspondiente, como se muestra en la Figura 5, la placa en forma de paralelepípedo 22 está formada por dos elementos cerámicos 27, 28 unidos entre sí mediante una unión positiva y que presentan en su interior concavidades de ondulación 42 a 45 para un tubo de gas de combustión 10 y concavidades de ondulación 46 para un tubo de gas 13.
- 10 El tubo de gas 13 puede presentar perforaciones 51, 52, 53 distribuidas a lo largo de su longitud para garantizar que, en el caso de un defecto en el componente cerámico, las áreas de los tubos intercambiadores de calor que se sitúan sobre el mismo se sigan limpiando con el gas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para proteger tubos intercambiadores de calor (10) en sistemas de calderas (1) con al menos un tubo intercambiador de calor (10) rodeado de un componente cerámico (6) al que se le aplica una corriente de gas de combustión por al menos dos lados opuestos, en donde se suministra gas a un espacio (48, 49, 50) adyacente al tubo intercambiador de calor (10) y al componente, en donde el gas se suministra mediante un tubo de gas (13) incorporado en el componente cerámico (6).
2. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que el gas se suministra con un ventilador (9).
3. Método según la reivindicación 2, caracterizado por que el componente cerámico (6) está formado por varios elementos cerámicos y el gas suministrado se incorpora en el componente cerámico.
- 10 4. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se ajusta la presión del gas suministrado mediante un ventilador (9) de manera que no llegue a la cámara de combustión (3) demasiado gas a través del componente cerámico (6) y, por otro lado, por que se forma una contrapresión a lo largo de toda la longitud de los tubos intercambiadores de calor (10) suficiente para evitar la entrada de gases de combustión a los tubos intercambiadores de calor (10).
- 15 5. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el gas suministrado se transporta hasta las áreas de los tubos intercambiadores de calor sujetas a las mayores cargas térmicas.
6. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el gas se suministra a través del tubo de gas que termina en el área de un arco de un tubo intercambiador de calor arqueado en forma de U colgado en una cámara de combustión del sistema de caldera.
- 20 7. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el gas se suministra en varios puntos.
8. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el gas se suministra a través de varios orificios (51, 52, 53) distanciados a lo largo del tubo intercambiador de calor (10) y dispuestos en el tubo de gas (13).
- 25 9. Dispositivo con un tubo intercambiador de calor cuya superficie periférica está rodeada de al menos un componente cerámico (6) y un suministro de gas (12) a un espacio (48, 49, 50) adyacente al tubo intercambiador de calor (10) y al componente (6), en donde el suministro de gas (12) presenta un tubo de gas (13) incorporado en el componente cerámico (6).
10. Dispositivo según la reivindicación 9, caracterizado por que el suministro de gas (12) presenta un ventilador (9).
- 30 11. Dispositivo según la reivindicación 9 o 10, caracterizado por que el componente cerámico está formado por varios elementos cerámicos.
12. Dispositivo según una de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizado por que el tubo intercambiador de calor está arqueado en forma de U y el suministro de gas termina en el área del arco.
13. Dispositivo según una de las reivindicaciones 9 a 12, caracterizado por que el tubo de gas (13) presenta varios orificios (51, 52, 53) distanciados a lo largo del tubo intercambiador de calor (10).
- 35 14. Dispositivo según una de las reivindicaciones 9 a 13, caracterizado por que el componente cerámico (6) presenta al menos dos elementos cerámicos (7) en forma de paralelepípedo que presentan ondulaciones en forma de arco en su sección y que se fijan entre sí con concavidades de ondulación alineadas entre sí, de forma que se pueden disponer dos porciones de tubo intercambiador de calor en dos concavidades de ondulación (38, 39) opuestas y se puede disponer una porción de tubo de suministro de gas en dos concavidades de ondulación opuestas (40, 41)
- 40 entre estas concavidades de ondulación.

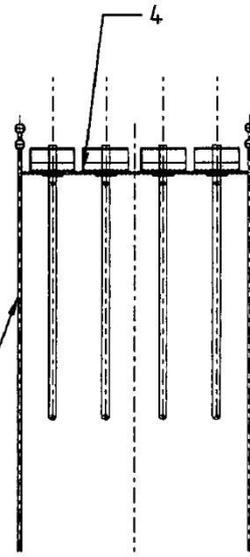
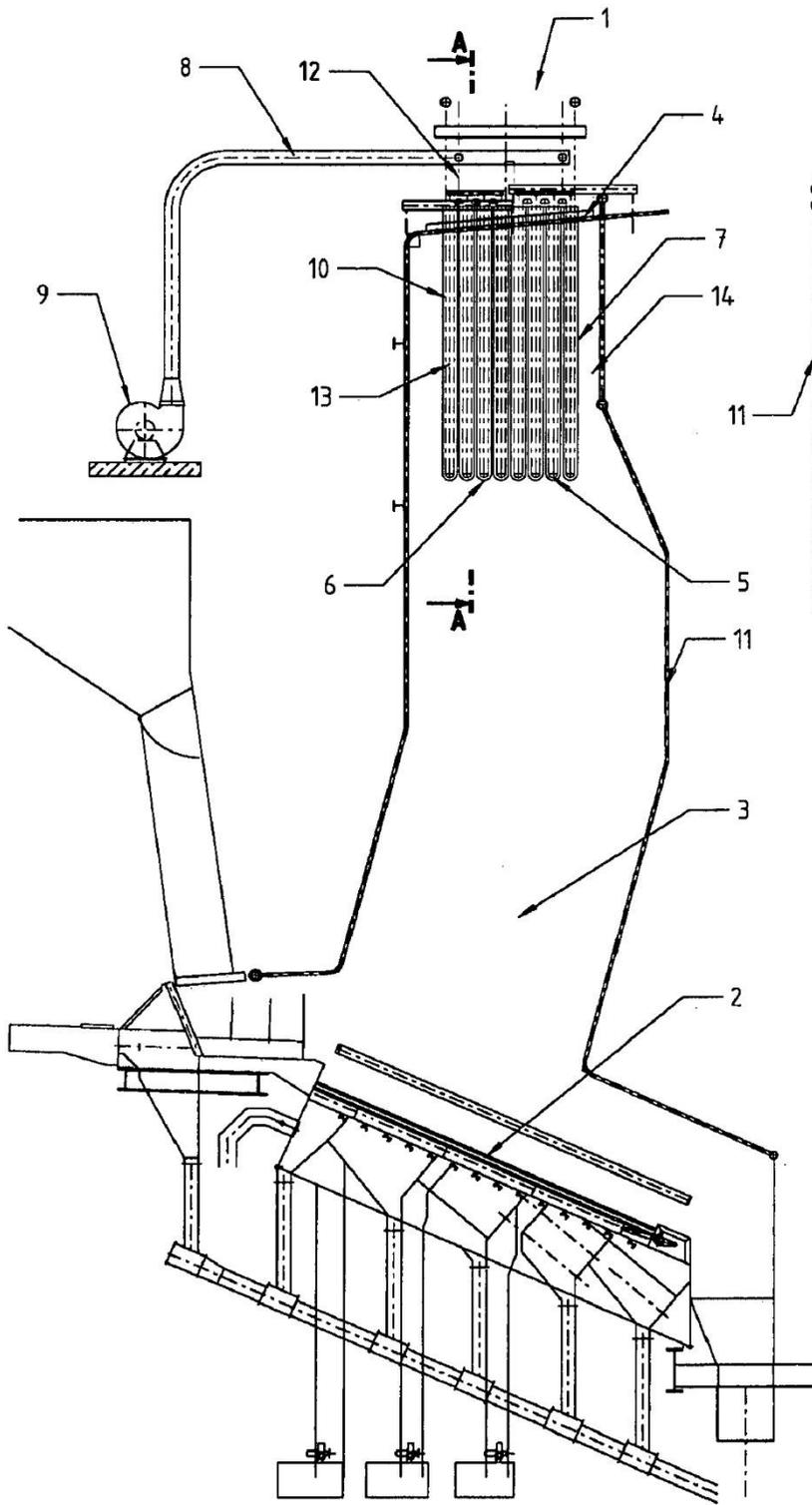


Fig. 3

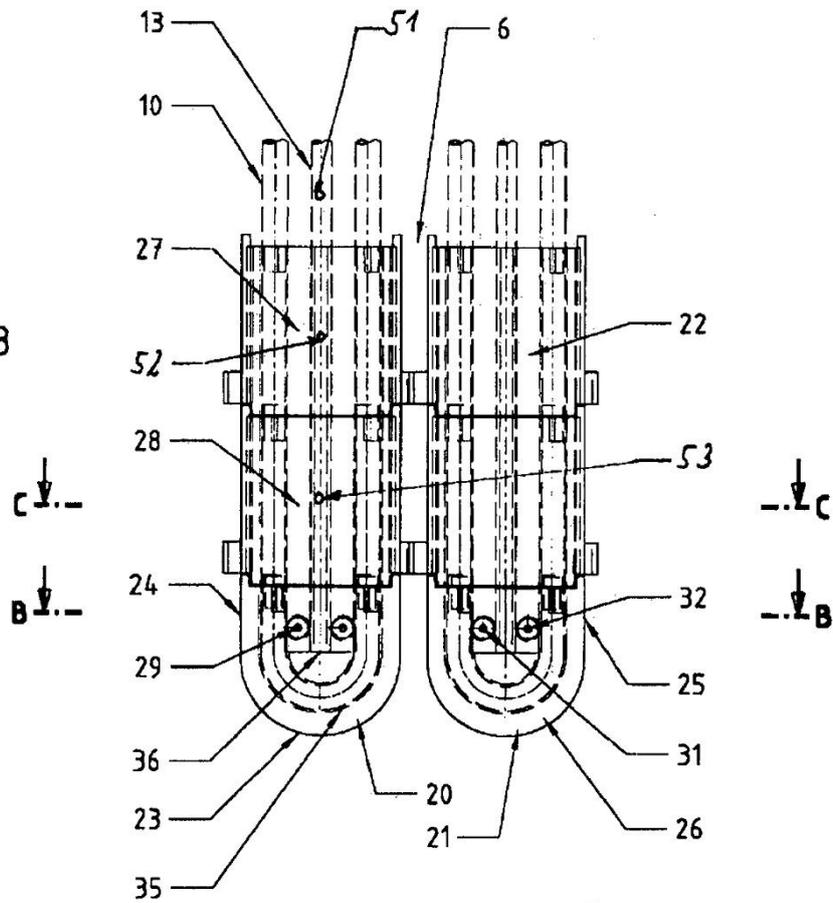


Fig. 4

Sección B - B

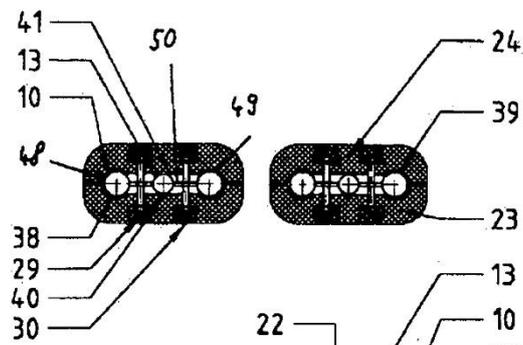


Fig. 5

Sección C - C

