



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 363 740**

51 Int. Cl.:  
**F24J 2/07** (2006.01)  
**F22B 1/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09153046 .9**  
96 Fecha de presentación : **17.02.2009**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2218978**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **18.08.2010**

54 Título: **Intercambiador de calor en bandera.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**12.08.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**12.08.2011**

73 Titular/es:  
**COCKERILL MAINTENANCE & INGÉNIÉRIE**  
**avenue Grenier, 1**  
**4100 Seraing, BE**  
**ABENGOA SOLAR NEW TECHNOLOGIES, S.A.**

72 Inventor/es: **Dethier, Alfred y**  
**García Ramirez, Elena**

74 Agente: **Curell Aguilá, Marcelino**

ES 2 363 740 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

Intercambiador de calor en bandera.

5 **Objeto de la invención**

La presente invención se refiere a un intercambiador de calor especialmente adaptado para un generador de vapor incorporado en una central de energía solar. En particular, la invención se refiere a un intercambiador de calor asociado a un sobrecalentador de vapor.

10

**Antecedentes tecnológicos y estado de la técnica**

En el marco del actual interés por las fuentes de energía renovable que permiten una importante reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, se han desarrollado, fundamentalmente, centrales solares de concentración termodinámica. En este tipo de centrales, la radiación solar se refleja mediante una serie de espejos que la concentran en una zona reducida definida, con el fin de calentar un fluido caloportador. En particular, en esta zona se instala una caldera que produce vapor a alta presión y a alta temperatura. Este vapor está destinado a alimentar una turbina de vapor, con el fin de producir electricidad.

15

Se conocen varios tipos de centrales solares de concentración: las centrales de torre, las centrales con sensores cilindro-parabólicos y las centrales con sensores parabólicos.

20

En particular, las centrales de torre existentes o en desarrollo permiten obtener potencias importantes (entre 10 y 500 MW). Están compuestas por un campo de sensores solares denominados helióstatos que permiten calentar aire u otro fluido caloportador a temperaturas superiores a 1.200°C.

25

Unos ejemplos de estas centrales solares se pueden encontrar, en particular, en los siguientes documentos: DE 102 46 721 A, DE 102 48 068 B, EP-A-106 687, EP-A-106 688, FR-A-2 438 804, WO-A-2008/12390, etc.

30 *Breve descripción de una caldera*

En el contexto de la central solar de concentración, la caldera comprende unos evaporadores que transforman el agua en vapor saturado y unos sobrecalentadores que llevan la temperatura de vapor al nivel deseado. Los evaporadores trabajan en circulación natural, con un matraz que permite la separación agua/vapor. Todos los intercambiadores de calor captan la energía solar mediante radiación pura. Por lo tanto, no existe ningún intercambio convectivo.

35

El flujo de radiación incidente sobre los intercambiadores (expresado en kW/m<sup>2</sup>) es el elemento determinante para calcular los intercambiadores y su tamaño, teniendo en cuenta la potencia total deseada.

40

El cálculo del flujo térmico máximo admisible se basa en la temperatura de metal admisible y en el cálculo de intercambio técnico a través del tubo hacia el fluido caloportador.

De este modo, en el caso de los evaporadores, interviene un concepto de flujo interno de un fluido bifásico en la limitación del flujo térmico máximo admisible (flujo de calor crítico caracterizado por la finalización del límite de ebullición nucleada o DNB, por *Departure from Nucleated Boiling*, desaparición del líquido o *Dryout*).

45

*Efectos de dilatación diferencial*

Teniendo en cuenta las altas presiones de fluido encontradas (por ejemplo, 120 bares), los intercambiadores están constituidos obligatoriamente por tubos, únicos capaces de soportar esta presión. Los tubos expuestos de cara a la radiación solar concentrada se calientan por un único lado mientras que su parte posterior no recibe ningún flujo térmico. De ello se deriva una diferencia de temperatura entre la cara anterior del tubo expuesto a la radiación y su cara posterior, que no recibe radiación.

50

En el caso de un evaporador (que contiene por lo tanto un fluido bifásico), el excelente coeficiente de intercambio interno de los tubos entre la mezcla bifásica y el metal del tubo contribuye a uniformizar las temperaturas de las caras anterior y posterior.

En cambio, en el caso de un sobrecalentador (que contiene por lo tanto vapor seco), el coeficiente de intercambio interno entre el vapor y el metal es mucho menor y la diferencia de temperatura entre la cara anterior y la cara posterior del tubo puede alcanzar valores muy importantes. De ello resulta un efecto "bilamina" que obligará al tubo a adoptar forma de arco.

60

Si el tubo se mantiene recto mediante unos medios mecánicos, la curvatura natural impedida por este hecho se transforma en tensión en el metal: la parte anterior del tubo se comprimirá mientras que su parte posterior se tensará.

65

Este fenómeno limita mucho el flujo térmico admisible en el caso de una construcción bridada.

5 El documento EP-A-0 106 687 describe un panel que incorpora unos tubos de generación de vapor (evaporador) y unos tubos de sobrecalentador. Los tubos de evaporador están separados para ofrecer a la radiación incidente un intervalo de paso entre dos tubos adyacentes. Entre dos tubos de evaporador adyacentes y, detrás de ellos, se encuentra un tubo de sobrecalentador que, de este modo, recibe una parte de la radiación incidente.

10 En otras palabras, los tubos del evaporador de calor y los tubos del sobrecalentador están dispuestos el "tresbolillo" con respecto al flujo solar incidente, lo cual permite distribuir el flujo de calor entre los dos intercambiadores. Los tubos de sobrecalentador están contenidos entre un soporte y los tubos del evaporador que se unen a este soporte mediante unos elementos de conexión. Esta configuración permite evitar costosos elementos de soporte antivibración para los tubos de evaporador. Cada tubo de evaporador está unido en varios puntos de su longitud. En consecuencia, aunque pueden dilatarse longitudinalmente, los tubos de sobrecalentador también se mantienen rectos mecánicamente en toda su longitud, lo cual implica las tensiones mencionadas anteriormente. Además, el flujo incidente sobre los tubos de sobrecalentador está limitado por construcción.

### Objetivos de la invención

20 La presente invención prevé proporcionar una solución que no adolezca de los inconvenientes del estado de la técnica.

25 En particular, la invención tiene por objeto el diseño de un intercambiador de calor, en particular de tipo sobrecalentador, destinado a contener vapor seco, en el caso de una caldera asociada a una central solar de condensación, no presentando dicho intercambiador de calor tensiones mecánicas debidas al efecto de dilatación diferencial en los tubos del intercambiador.

### Principales elementos característicos de la invención

30 Un primer objeto de la presente invención se refiere a un dispositivo de intercambio de calor configurado para captar energía por radiación, que comprende por lo menos un intercambiador elemental en forma de bandera de acuerdo con la reivindicación 1.

35 Según unos modos de realización particulares de la invención, el dispositivo de intercambio de calor mencionado anteriormente comprende además, en combinación, una o varias de las siguientes características:

- la cabeza de la horquilla presenta un bucle dispuesto, por construcción, en un plano inclinado y que posee un radio de curvatura elegido de manera apropiada para limitar la pérdida de carga;
- 40 - el dispositivo comprende una pluralidad de intercambiadores-bandera dispuestos de tal modo que una bandera de un intercambiador determinado oculte los colectores de un intercambiador adyacente;
- los tubos de intercambio están dispuestos de tal modo que ambos presentan dos partes opuestas curvadas en forma de horquilla, de modo que los colectores están dispuestos entre estas dos partes curvadas y que los tubos de intercambio están en voladizo a ambos lados de los colectores y configurados para que los colectores queden ocultos por las banderas respectivamente formadas;
- 45 - un protector central de cerámica está previsto para ocultar completamente, con respecto a la radiación incidente, elementos que se encuentran en la parte posterior del dispositivo;
- 50 - la energía captada por radiación es la energía solar;
- dicho dispositivo es un sobrecalentador para un generador de vapor.

55 Un segundo objeto de la presente invención se refiere a una central solar de concentración termodinámica que comprende una caldera provista de un dispositivo de intercambio de calor tal como se ha descrito anteriormente.

### Breve descripción de las figuras

60 La figura 1 representa una vista en planta de un primer modo de realización de un tubo de intercambiador según la presente invención, que presenta una forma de horquilla y está conectado, respectivamente, al colector de entrada y al colector de salida.

La figura 2 representa una vista en alzado del tubo según la figura 1.

65 La figura 3 representa una vista en perspectiva del tubo según la figura 1.

La figura 4 representa otra vista en alzado del tubo según la figura 1.

5 Las figuras 5 y 6 representan, respectivamente, una vista en alzado y una vista en perspectiva de un primer modo de realización del intercambiador según la presente invención.

La figura 7 representa una vista en planta de un segundo modo de realización de un tubo de intercambiador según la presente invención, conectado, respectivamente, al colector de entrada y al colector de salida.

10 La figura 8 representa una vista en perspectiva del tubo según la figura 7.

La figura 9 representa una vista en perspectiva de un segundo modo de realización del intercambiador según la presente invención.

### 15 **Descripción de los modos de realización preferidos de la invención**

La solución propuesta para el problema técnico mencionado anteriormente es, según la invención, el diseño de un intercambiador en forma de bandera.

20 Según un primer modo de realización, cada tubo 1 del intercambiador 10 está dispuesto como una horquilla simple cuyas dos ramas 2, 3 están superpuestas verticalmente (figuras 1 a 4).

25 La cabeza de la horquilla presenta un bucle 4 dispuesto, por construcción, en un plano inclinado y su radio de curvatura se elige para limitar la pérdida de carga del lado vapor.

Los extremos de los tubos 1 están entonces conectados, por ejemplo soldados, respectivamente, a cada colector de entrada 5 y de salida 6.

30 La superposición de horquillas constituye así el intercambiador 10, que tiene la forma de una bandera. Según la invención, los tubos unidos 2, 3 detienen los rayos luminosos del concentrador solar (figuras 5 y 6).

35 Los tubos 1 están auto-soportados y están libres de su propia dilatación térmica, con un efecto "bilamina" así liberado. Los efectos térmicos sobre los tubos no provocan ninguna tensión, a diferencia de la situación del estado de la técnica.

Un intercambiador completo puede estar compuesto por varios intercambiadores-bandera dispuestos de tal modo que una bandera determinada oculte los colectores de otro intercambiador para evitar cualquier incidencia de radiación y por lo tanto cualquier tensión térmica en los colectores.

40 Una forma equivalente, objeto de un segundo modo de realización, consiste en instalar los colectores 5, 6 en el medio del «bucle», estando los tubos 1 en voladizo a ambos lados de los colectores 5, 6 (figuras 7 a 9). En este caso, una pequeña zona, en el centro, no queda totalmente oculta por los tubos 1 y un protector de cerámica garantizará, ventajosamente, la ocultación completa del panel 10 (no representado).

45 El problema técnico que resuelve la invención es la eliminación, en particular en los sobrecalentadores (que contienen vapor seco únicamente), de las tensiones debidas a la dilatación diferencial de tipo "bilamina", cuando los tubos se mantienen rectos mediante unas fijaciones mecánicas. De este modo, los extremos en forma de horquilla son libres de dilatarse.

50 El documento anterior EP-A-0 106 687 no da a conocer el intercambiador en forma de bandera según la invención ni sus tubos de sobrecalentador auto-soportados y en forma de horquilla. Con mayor detalle, ni los tubos de evaporador ni de sobrecalentador están curvados en forma de horquilla, por lo tanto, tampoco se auto-soportan con un extremo libre de dilatarse. Son rectilíneos, paralelos entre sí y siempre se mantienen rectos, mecánicamente, en toda su longitud, entre los colectores comunes de entrada y salida.

55

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Dispositivo de intercambio de calor configurado para captar energía por radiación, que comprende por lo menos un intercambiador elemental que contiene:
- a) un colector de entrada (5) y un colector de salida (6);
- b) una pluralidad de tubos de intercambio (1) conectados respectivamente al colector de entrada (5) y al colector de salida (6);
- 10 caracterizado porque dicho por lo menos intercambiador elemental está en forma de bandera (10), estando dichos tubos de intercambio (1) superpuestos para detener la radiación incidente, presentándose cada tubo (1) en forma de una horquilla con una parte curvada en la cabeza de la horquilla (4) y dos ramas unidas (2, 3) superpuestas verticalmente sobre la mayor parte de su longitud, estando el extremo de los tubos (1) a nivel de la cabeza de la horquilla (4) libre y estando los tubos (1) auto-soportados en sus extremos conectados a dichos colectores (5, 6).
- 15 2. Dispositivo de intercambio de calor según la reivindicación 1, caracterizado porque la cabeza de horquilla (4) comprende un bucle dispuesto, por construcción, en un plano inclinado y que posee un radio de curvatura elegido de manera apropiada para limitar la pérdida de carga.
- 20 3. Dispositivo de intercambio de calor según la reivindicación 1, caracterizado porque el dispositivo comprende una pluralidad de intercambiadores-bandera (10) dispuestos de tal modo que una bandera de intercambiador determinado oculta los colectores (5, 6) de un intercambiador adyacente.
- 25 4. Dispositivo de intercambio de calor según la reivindicación 1, caracterizado porque los tubos de intercambio (1) están dispuestos de tal modo que ambos presentan dos partes curvadas en horquilla opuestas (11, 12), de modo que los colectores (5, 6) están dispuestos entre estas dos partes curvadas y los tubos de intercambio (1) están en voladizo a ambos lados de los colectores (5, 6) y configurados para que los colectores (5, 6) queden ocultos, respectivamente, por las banderas formadas.
- 30 5. Dispositivo de intercambio de calor según la reivindicación 4, caracterizado porque está previsto un protector central de cerámica para ocultar completamente, con respecto a la radiación incidente, unos elementos que se encuentran en la parte posterior del dispositivo.
- 35 6. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado porque la energía captada mediante radiación es la energía solar.
7. Dispositivo de intercambio de calor según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho dispositivo es un sobrecalentador para un generador de vapor.
- 40 8. Central solar de concentración termodinámica que comprende una caldera provista de un dispositivo de intercambio de calor según la reivindicación 1.

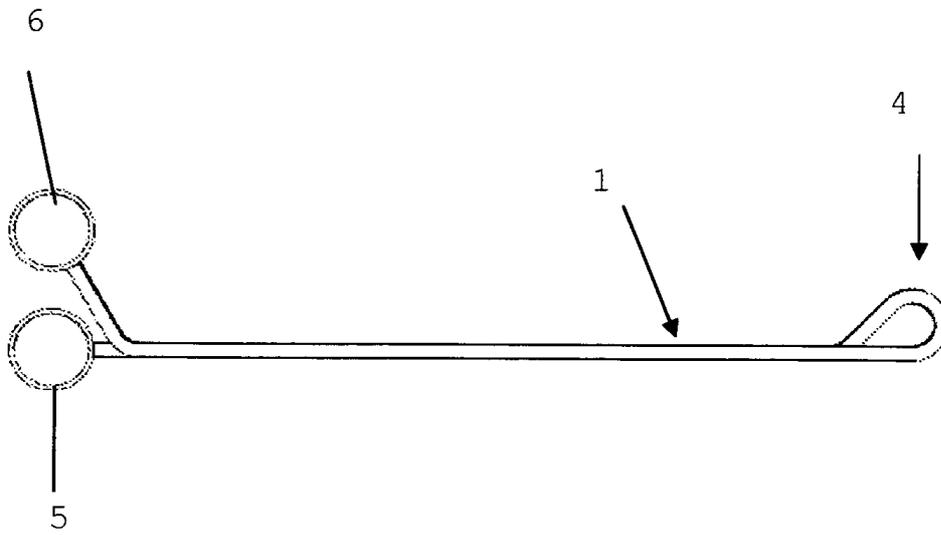


FIG. 1

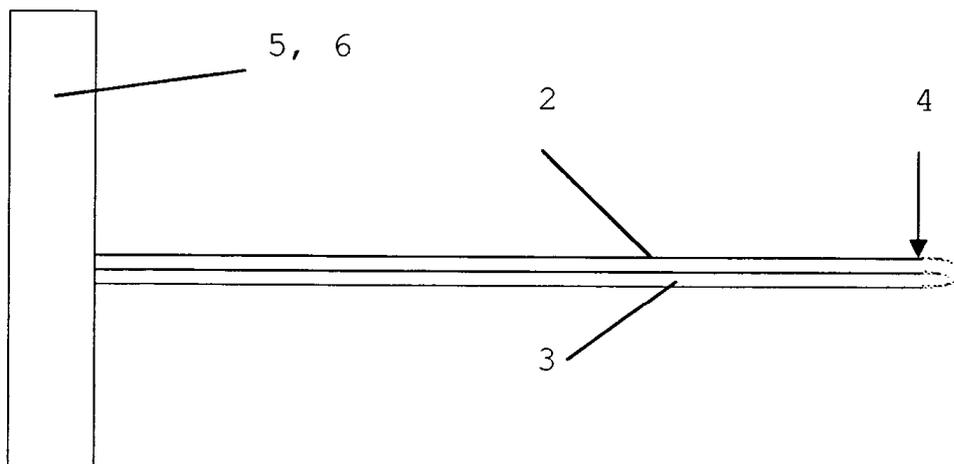


FIG. 2

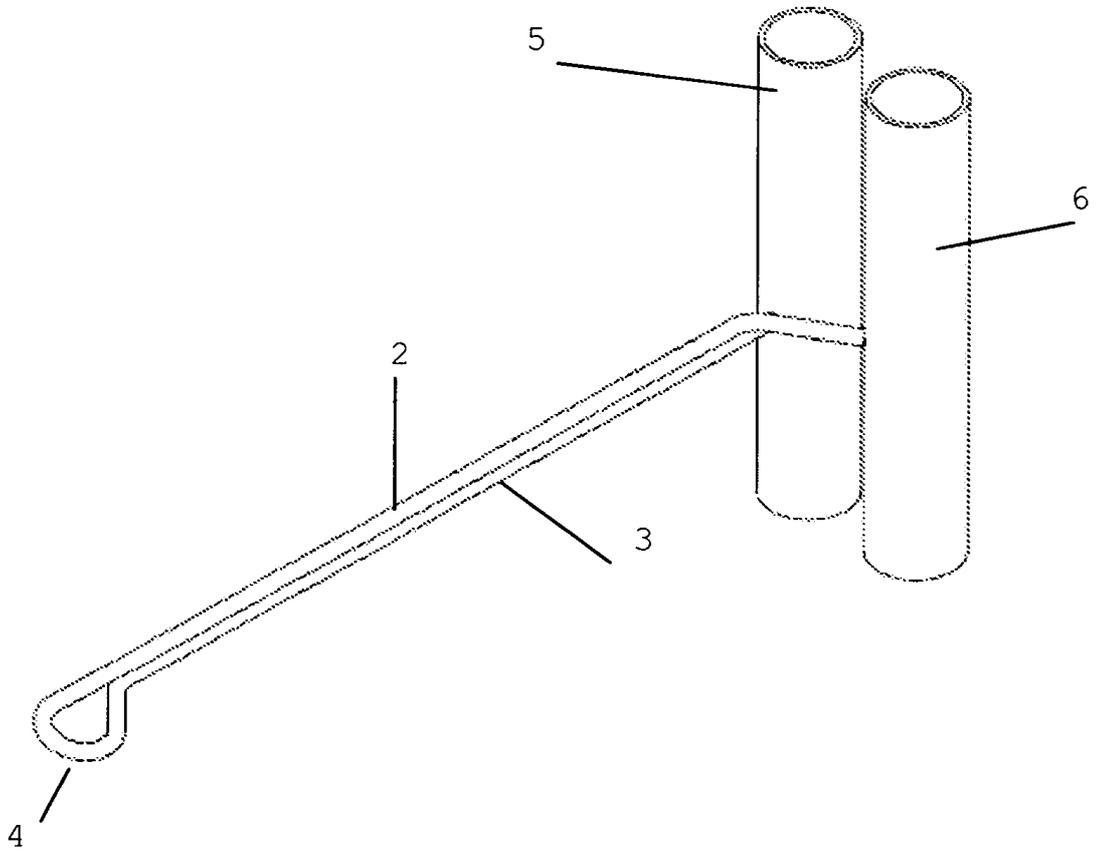


FIG. 3

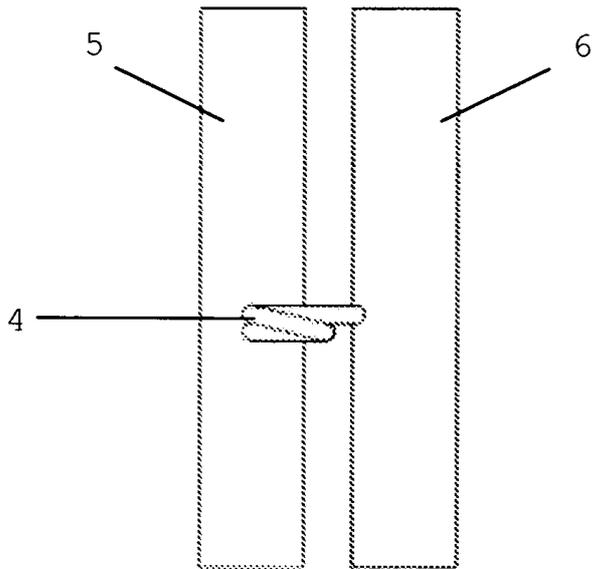


FIG. 4

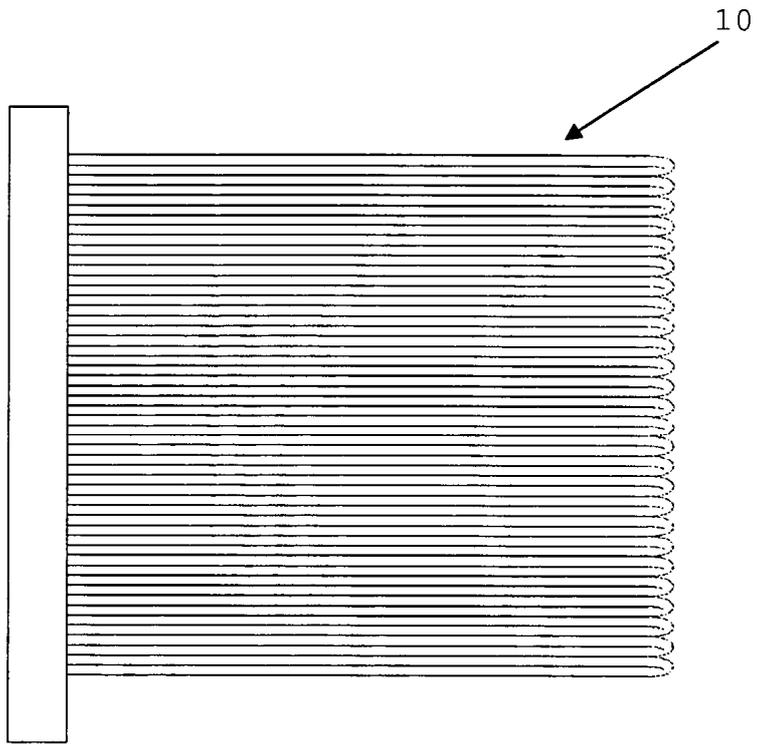


FIG. 5

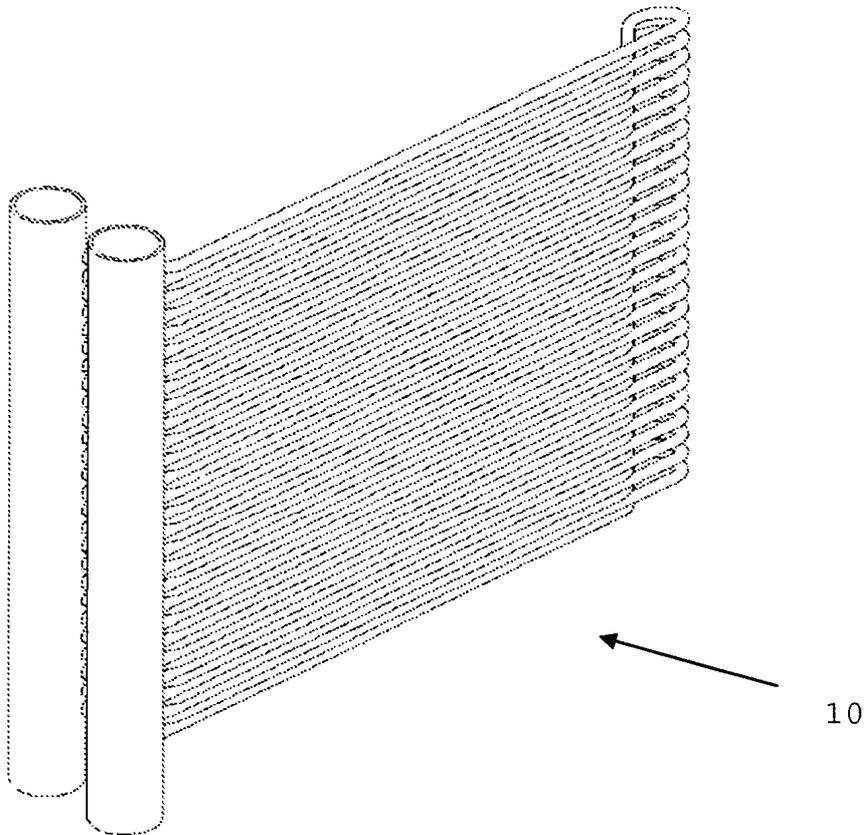


FIG. 6

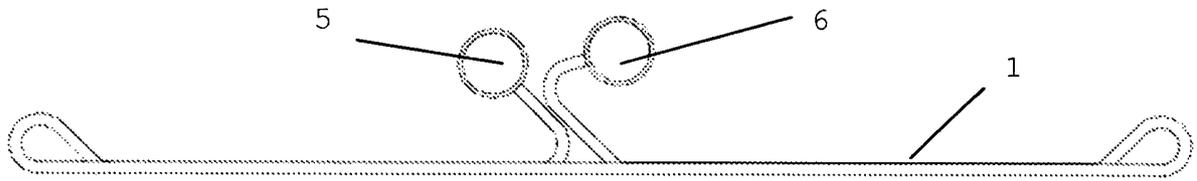


FIG. 7

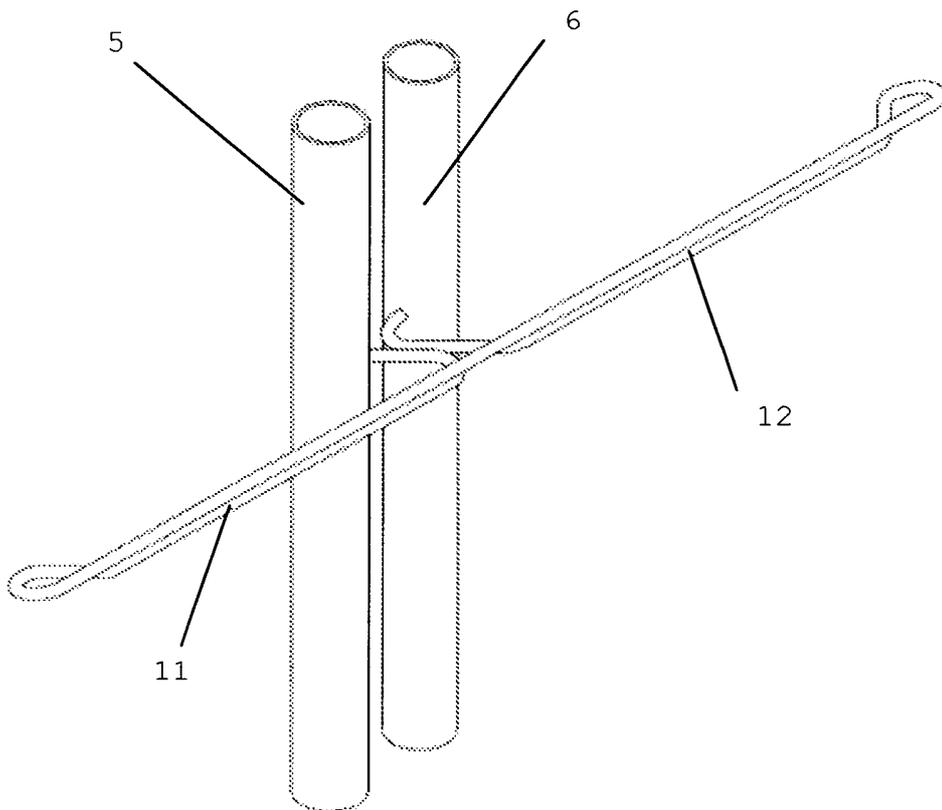


FIG. 8

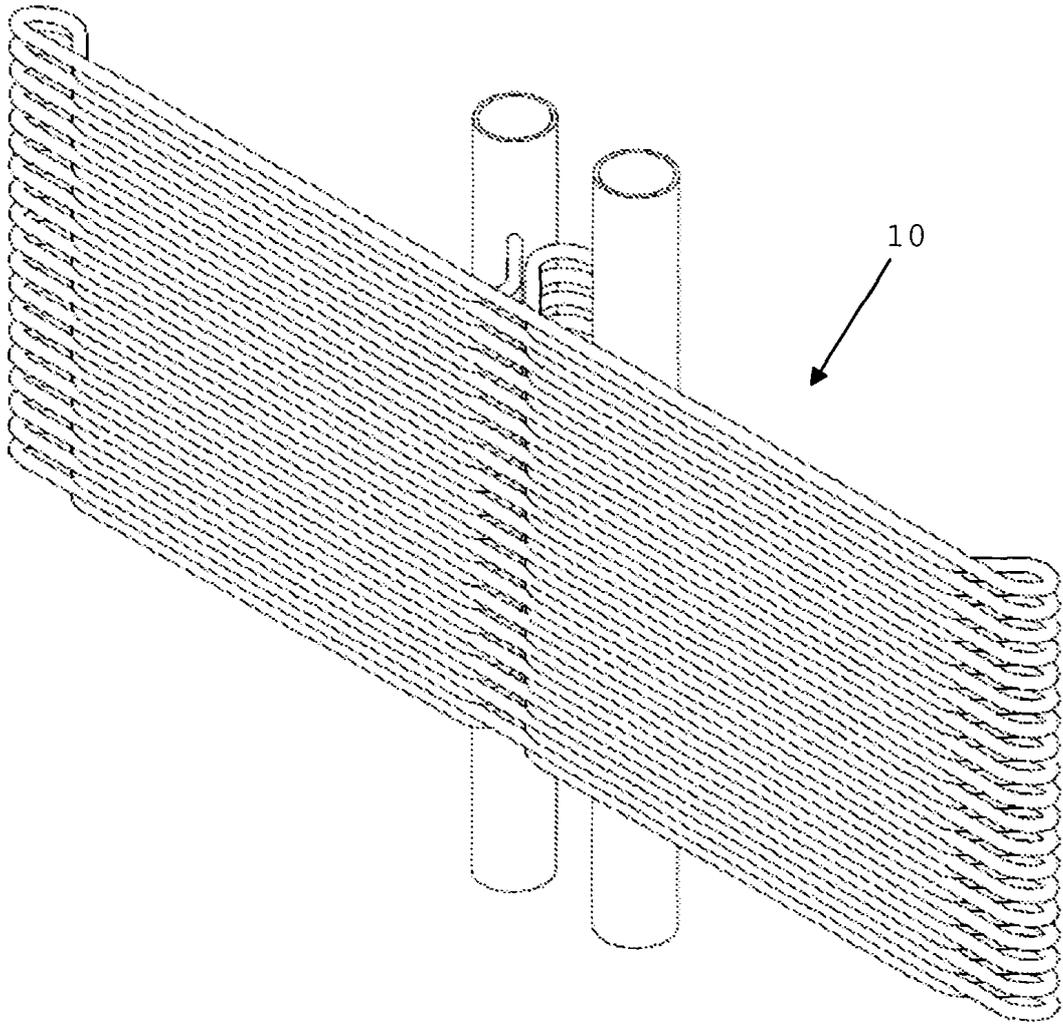


FIG. 9