

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 605 386**

51 Int. Cl.:

F28D 20/02 (2006.01)
F28F 21/08 (2006.01)
F28F 1/20 (2006.01)
F28F 1/22 (2006.01)
F28F 1/36 (2006.01)
F22B 1/02 (2006.01)
F22B 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.10.2013 PCT/EP2013/070849**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **17.04.2014 WO14056857**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.10.2013 E 13774643 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.08.2016 EP 2904343**

54 Título: **Intercambiador térmico para sistema de almacenamiento térmico**

30 Prioridad:

08.10.2012 FR 1259562

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

14.03.2017

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)
25, Rue Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D"
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

OLCESE, MARCO

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 605 386 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 térmico para sistema de almacenamiento térmico

5 **Ámbito técnico y técnica anterior**

La presente invención se refiere a un intercambiador para sistema de almacenamiento térmico en el que se emplea un material con cambio de fase.

10 La tecnología solar térmica de concentración consiste en utilizar la radiación solar para calentar un fluido que sirve, directa o indirectamente, como fuente caliente en un ciclo termodinámico. La concentración permite alcanzar temperaturas más o menos elevadas y beneficiarse de rendimientos de conversión termodinámicos más o menos importantes.

15 Con objeto de que la explotación de las centrales solares termodinámicas de concentración sea muy interesante para la producción de potencia eléctrica, se requiere disponer de sistemas de almacenamiento térmico a alta temperatura destinados a almacenar energía térmica excedente y ponerla a disposición, por ejemplo durante una disminución de la insolación.

20 Las centrales solares de generación directa de vapor están disponibles; estas producen vapor que es enviado a una turbina que produce electricidad. Cuando el caudal de vapor producido es superior al caudal nominal de la turbina, la cantidad de vapor en exceso se almacena en un sistema de almacenamiento térmico. Cuando el caudal de vapor producido es inferior al caudal nominal de la turbina, se libera vapor almacenado para alimentar la turbina.

25 Los sistemas de almacenamiento térmico que se revelan especialmente interesantes emplean los materiales con cambio de fase para almacenar y liberar el calor. Los sistemas de almacenamiento directo considerados aquí comprenden un haz de tubos en los que circula el caloportador, con los tubos atravesando el material con cambio de fase, intercambiándose calor latente entre el fluido caloportador y el material con cambio de fase.

30 Los tubos presentan aletas para aumentar la superficie de intercambio.

Los materiales con cambio de fase, gracias a que la energía se almacena en el material en forma de calor latente, permiten intercambiar grandes cantidades de energía a una temperatura casi constante. Esto es un elemento especialmente importante cuando se debe almacenar la energía latente del fluido caloportador, por ejemplo agua, ya que el intercambio de calor entre dos fluidos que cambian de fase a temperaturas próximas permite incrementar sensiblemente la eficacia del ciclo de almacenamiento.

35 Ahora bien, los materiales con cambio de fase tienen como inconveniente presentar una escasa conductividad térmica; por ejemplo en el caso del NaNO_3 su conductividad térmica media es del orden de $0,5 \text{ W/mK}$, valor típico de los materiales escasamente conductores incluso térmicamente aislantes.

40 La escasa conductividad térmica de los materiales con cambio de fase es un factor con un impacto mayor en los costes y las prestaciones del intercambiador, ya que la mayoría de los intercambios térmicos fluido caloportador-materiales con cambio de fase se realizan principalmente mediante conducción en fase sólida, lo que implica un grosor máximo de material con cambio de fase escaso para no reducir la eficacia del intercambio, el grosor máximo es del orden de 10 mm a 20 mm para el NaNO_3 . Con grosores de este orden de magnitud, los intercambiadores deben presentar una superficie muy grande de intercambio en el caso del uso de un material con intercambio de fase en estado puro.

50 Ahora bien, en el caso de los sistemas de almacenamiento con material con cambio de fase, el fluido caloportador es a alta presión. En consecuencia, por motivos de precio de coste, es preferible reducir el número de tubos del intercambiador. Lo que se opone al empleo de muy grandes superficies de intercambio térmico.

55 Con el fin de mejorar la conductividad del material con cambio de fase, se ha propuesto dispersar estructuras metálicas en el material con cambio de fase. Pero el problema que se plantea es el de la estabilidad de la dispersión en los ciclos térmicos, pero sobre todo el problema de la gestión del contacto térmico entre la matriz de material con cambio de fase y los tubos del fluido caloportador.

60 Con el fin de aumentar la superficie de intercambio térmico entre los tubos y el material con cambio de fase, se montan unas aletas en la superficie exterior del tubo. Se utilizan dos geometrías de aletas, extendiéndose las aletas radialmente y extendiéndose longitudinalmente las aletas a lo largo del tubo.

65 Además, se ha observado que la realización de tubos de acero y de aletas de aluminio convenía desde un punto de vista técnico, ya que se garantiza la resistencia a las altas presiones del fluido caloportador que circula en los tubos, a la vez que ofrecía un precio de coste reducido en relación con tubos y aletas

completamente de acero. Las aletas se montan entonces en el tubo y se debe garantizar un buen contacto para obtener intercambios térmicos eficaces. Por el contrario, debido al empleo de dos materiales distintos, existe una dilatación diferencial entre ambos materiales que poseen un coeficiente de dilatación térmica sensiblemente distinto.

5 Además, el cambio de volumen del material con cambio de fase durante el cambio de fase ejerce una acción mecánica en las aletas. Este cambio de volumen es del orden del 11 % para el NaNO_3 .

10 El efecto de dilatación diferencial y del cambio del volumen del material con cambio de fase puede tener un impacto importante sobre la fiabilidad del contacto térmico entre el tubo y las aletas y la durabilidad termomecánica del conjunto.

15 Como se ha indicado anteriormente, existen aletas longitudinales. Estas son interesantes para su aplicación a un intercambiador térmico con material con cambio de fase ya que permiten una compensación más fácil de los cambios de volumen del material con cambio de fase después del cambio de fase.

20 En general, el tubo está engastado en el interior de perfiles extrudidos de aluminio que forman las aletas longitudinales. Ahora bien, esta estructura es muy sensible a los efectos de la dilatación diferencial entre ambos materiales. La vida útil de los tubos con aletas longitudinales queda entonces reducida.

En el caso de los tubos con aletas radiales, por ejemplo las aletas se engarzan en el tubo mediante bruñido con bola o las aletas se extruden radialmente, estos tubos presentan límites a nivel de la temperatura de utilización.

25 Existen tubos dotados de aletas radiales que en realidad se enrollan en espiral alrededor del tubo y están encastradas en su base, estas aletas se denominan aletas del tipo G. esta estructura permite la utilización de temperaturas elevadas de funcionamiento, por ejemplo hasta 400-450 °C y presenta un menor riesgo de desolidarización. Por el contrario, la relación entre el diámetro exterior de las aletas y el diámetro del tubo es limitada, lo que obliga a recurrir a un número de tubos muy elevado para tener una superficie de intercambio suficiente. Por lo tanto, los precios de coste son considerables.

El documento US 4.624.242 divulga un intercambiador térmico para sistema de almacenamiento térmico según el preámbulo de la reivindicación 1.

35 **Exposición de la invención**

En consecuencia es un objetivo de la presente invención ofrecer un intercambiador térmico para sistema de almacenamiento térmico que ofrece una resistencia mecánica a temperaturas elevadas con, al mismo tiempo, un precio de coste reducido con relación a los sistemas de almacenamiento existentes.

40 El objetivo de la presente invención se alcanza mediante un intercambiador térmico según la reivindicación 1, que comprende un depósito atravesado por al menos un tubo dotado de aletas en el que está destinado a circular un caloportador y al menos una inserción que define un alojamiento para el tubo de manera que el tubo provisto de aletas se reciba con holgura en dicho alojamiento, formando dicha inserción una red que garantiza la conducción y la recogida del calor.

50 En un ejemplo particular, el depósito del intercambiador térmico está destinado a contener un material con cambio de fase, de manera que la red formada por la inserción garantiza una conducción y una recogida del calor en el material con cambio de fase situado entre dos tubos.

En un ejemplo de realización, las inserciones están configuradas de tal manera que la asociación de varias inserciones adyacentes define el alojamiento para el tubo.

55 En otro ejemplo de realización, cada inserción comprende un alojamiento para un tubo. Por lo tanto, cada inserción rodea totalmente un tubo.

60 Dicho de otro modo, la invención emplea elementos conductores térmicos entre y alrededor de los tubos que realizan, al mismo tiempo, un aumento de la superficie de intercambio térmico entre el tubo y el material con cambio de fase y un aumento de la conductividad térmica equivalente del material con cambio de fase. En efecto, los elementos conductores presentan una gran superficie y forman una prolongación de las aletas fijadas al tubo, sin estar sin embargo, en contacto mecánico con las mismas al menos en funcionamiento normal.

65 Además, dado que estos elementos conductores están repartidos en todo el material con cambio de fase situado entre los tubos, pueden considerarse como un añadido de un material conductor térmico dentro del mismo, según un reparto discreto.

5 En un ejemplo especialmente interesante, las aletas fijadas a los tubos son radiales y las inserciones forman aletas longitudinales. Por una parte, la invención palia el diámetro reducido de las aletas radiales utilizando inserciones entre los tubos, que aumentan la superficie de intercambio térmico. Por otra parte, la invención palia la escasa resistencia a la dilatación diferencial de los tubos con aletas longitudinales haciendo que las aletas longitudinales sean independientes mecánicamente de los tubos. Además, las inserciones garantizan una compensación más fácil de los cambios de volumen del material con cambio de fase tras el cambio de fase.

10 Además, dado que las inserciones delimitan alojamientos para los tubos, forman asimismo medios de guía de los tubos, lo que permite por otra parte simplificar la estructura y reducir su coste.

De manera ventajosa, los tubos son tubos del tipo G, que ofrecen una excelente resistencia a la dilatación diferencial tubo-aletas.

15 Dado que se reduce el coste de fabricación de dichos tubos, se reduce asimismo el coste del sistema.

20 La presente invención tiene por lo tanto por objeto un intercambiador térmico para sistema de almacenamiento térmico que comprende una envuelta, por lo menos un tubo en el que está destinado a circular un caloportador, estando dicho tubo provisto de una superficie exterior del tubo que lleva aletas de intercambio térmico, comprendiendo dicho intercambiador térmico asimismo al menos una inserción de material conductor térmico dispuesto alrededor de dicho tubo, comprendiendo dicha inserción al menos un alojamiento para recibir con holgura, por lo menos en parte el tubo dotado de aletas, comprendiendo dicha inserción un ensamblaje de ramas de material conductor térmico para así formar una red de distribución y de recogida de calor.

25 Preferiblemente, el ensamblaje de ramas comprende ramas que se extienden radialmente alrededor del tubo.

30 El tubo puede presentar un eje longitudinal, con las ramas pudiendo extenderse entonces según planos paralelos al eje del tubo.

Ventajosamente, la inserción tiene sensiblemente la forma de un cilindro de eje confundido con el eje del tubo al que rodea.

35 En un modo de realización, la inserción puede realizarse de una sola pieza.

Preferiblemente, el intercambiador térmico comprende medios de posicionamiento en su periferia exterior que cooperan con medios de posicionamiento de una inserción vecina.

40 En otro modo de realización, la inserción comprende varios tramos de inserción. La inserción puede entonces comprender por ejemplo seis tramos de inserción, participando cada tramo de inserción en la delimitación de tres alojamientos, con dichos tramos de inserciones en apoyo plano contra tres inserciones vecinas.

45 En un ejemplo de realización, cada tramo de inserción posee sensiblemente la forma de un prisma, con las aristas del prisma vaciadas para así presentar un perfil cóncavo que forma un tramo de la pared de un alojamiento.

De manera preferida, las ramas comprenden aletas.

50 Las aletas de los tubos son preferiblemente aletas que se extienden sensiblemente transversales con relación al eje longitudinal del tubo. De manera también preferida, las aletas de los tubos son aletas del tipo G.

Según una característica de la invención, la inserción o los tramos de inserción pueden realizarse mediante extrusión. Por ejemplo, la inserción o los tramos de inserción son de aluminio.

55 En lo que se refiere al tubo y a las aletas, el tubo puede realizarse de acero y las aletas fijadas al tubo pueden ser de aluminio.

60 Preferiblemente, el intercambiador térmico comprende varios tubos paralelos recibidos en varias inserciones o varios tramos de inserciones.

65 La presente invención tiene asimismo por objeto un sistema de almacenamiento térmico que comprende un intercambiador térmico según la invención y un material con cambio de fase contenido en la envuelta y que rodea y entra en contacto con dicho al menos un tubo y dicha al menos una inserción. El material con cambio de fase puede ser NaNO_3 , una parafina o agua.

La presente invención tiene asimismo por objeto una central solar de concentración que comprende un campo solar en el que se calienta el caloportador y al menos un sistema de almacenamiento térmico según la presente invención, conectado a la salida del campo solar.

- 5 La central solar es por ejemplo una central solar de generación directa de vapor, generando el campo solar un caloportador en forma de vapor.

Breve descripción de los dibujos

- 10 La presente invención se entenderá mejor mediante la siguiente descripción y los dibujos adjuntos, en los que:
- la figura 1 es una vista desde arriba de un conjunto de inserciones según un ejemplo de realización;
 - la figura 2A es una vista desde arriba de una única inserción del conjunto de la figura 1;
 - 15 - la figura 2B es una vista en perspectiva de la inserción de la figura 2A;
 - la figura 3 es una vista desde arriba de un conjunto de inserciones según otro ejemplo de realización;
 - 20 - la figura 4 es una vista desde arriba de una única inserción del conjunto de la figura 3;
 - la figura 5 representa esquemáticamente la evolución del frente de fusión en un material con cambio de fase contenido en un sistema de almacenamiento térmico que comprende inserciones de la figura 1;
 - 25 - la figura 6 es una representación gráfica de la diferencia de temperatura entre la temperatura del fluido y la temperatura de cambio de fase en función del tiempo en el caso de un sistema de almacenamiento térmico que comprende inserciones de la figura 1;
 - la figura 7 es una vista en corte transversal de un ejemplo de realización de un sistema de almacenamiento
 - 30 térmico que comprende inserciones según la figura 1.

Exposición detallada de modos de realización particulares

- 35 En la figura 7, se puede ver representado esquemáticamente un ejemplo de realización de un sistema de almacenamiento térmico según la presente invención.

El sistema de almacenamiento térmico comprende un intercambiador térmico y bien un material con cambio de fase, siendo entonces el almacenamiento un almacenamiento por calor latente, bien un caloportador que almacena calor sin cambio de fase, siendo entonces el almacenamiento un almacenamiento por calor sensible.

- 40 El intercambiador térmico comprende una virola 2 de eje longitudinal X atravesada por tubos 4 que se extienden paralelamente al eje longitudinal X y conectados, a la entrada y a la salida, a un circuito de circulación de un caloportador. La virola 2 está destinada a ser llenada con un material con cambio de fase 6 que rodea y está en contacto con la superficie exterior de los tubos 4.

- 45 El caloportador puede ser por ejemplo agua en forma de vapor generado por una central solar de generación directa de vapor, transfiriendo el caloportador su calor al material con cambio de fase o agua en forma líquida que se desea transformar en vapor para alimentar una turbina, siendo entonces el material con cambio de fase el que transfiere calor al caloportador. El caloportador puede ser un gas o un líquido.

- 50 El material con cambio de fase especialmente adaptado a las centrales solares presenta una temperatura de cambio de fase comprendida en la gama de temperaturas de 250-350 °C, que es la gama típica de temperaturas de funcionamiento de las centrales solares de concentración. Por ejemplo, se trata de las sales puras o de las mezclas de sales. El nitrato de sodio (NaNO_3) es una sal pura perteneciente a esta familia,
- 55 presenta una temperatura de cambio de fase de 307 °C. Se puede plantear asimismo el uso, como material con cambio de fase, de parafinas o de agua, cuando las temperaturas de funcionamiento son más bajas.

- 60 En este ejemplo, el caloportador que circula en los tubos atraviesa una sola vez el material con cambio de fase, teniendo lugar los intercambios térmicos durante este paso. Un sistema de almacenamiento en el que el caloportador circula varias veces en el material con cambio de fase e intercambia el calor durante varios pasos, no se sale del marco de la presente invención. Además, los tubos pueden estar orientados horizontalmente y/o el eje de la virola puede estar dispuesto horizontalmente. Además, el depósito puede tener otra forma, por ejemplo paralelepípedica.

- 65 Los tubos 4 están dotados de aletas 7, en el ejemplo representado se trata de aletas radiales. Las aletas pueden realizarse por separado y fijarse a la superficie exterior del tubo o estar formadas de una sola pieza

con el tubo.

Además, el intercambiador térmico comprende una o varias inserciones 10 conductoras térmicas dispuestas entre los tubos 4 y alrededor de los tubos 4, para así formar una red conductora térmica a través del volumen de material con cambio de fase 6. Las inserciones 10 delimitan alojamientos longitudinales 9 para los tubos.

Los tubos 4 dotados de las aletas 7 son recibidos con holgura en los alojamientos delimitados por las inserciones 10 para permitir las dilataciones térmicas.

En las figuras 1 y 2, se puede observar en vista desde arriba un ejemplo de realización de inserciones que pueden emplearse en el sistema de almacenamiento térmico de la figura 7.

En este ejemplo de realización, una inserción 10 comprende varios tramos de inserciones 11 que, ensamblados, forman la inserción 10.

El perfil general exterior de un tramo de inserción 11 según un corte transversal está formado a partir de un triángulo equilátero cuyos vértices han sido cortados por arcos de círculo, de manera que el tramo de inserción esté formado por tres bordes rectos 12 de misma longitud y que las zonas de unión entre los bordes rectos 12 sean superficies con arcos de círculo cóncavos 14 representados en trazo discontinuo, sin que estas existan físicamente en el ejemplo representado. Las zonas de unión 14 están entonces abiertas. El tramo de inserción comprende ramas internas 16 que se describen a continuación. Las ramas 16 poseen un borde de extremo situado a nivel de la zona de unión.

El hecho de que la zona 14 de interfaz con el tubo esté abierta permite una comunicación directa entre el volumen en el interior del tramo de inserción y el volumen en la parte exterior del tramo de inserción y por lo tanto, ventajosamente una compensación más fácil de las tensiones mecánicas derivadas de los cambios de volumen del material con cambio de fase.

En la figura 1, seis tramos de inserción 11 están ensamblados juntos de para así formar un hexágono cuya parte central delimita un alojamiento cilíndrico de sección circular para alojar un tubo 4. En el ejemplo representado, cada tramo de inserción 11 participa en la delimitación de tres alojamientos. Cada arco de círculo cóncavo 14 delimita una sexta parte de la circunferencia de un alojamiento 9.

Los tramos de inserción 11 se extienden según una dirección perpendicular al plano de la hoja en la representación de las figuras 1 y 2. Cada tramo de inserción 10 tiene entonces sensiblemente la forma de un prisma con base triangular como se puede ver representado en perspectiva en la figura 2B.

Los tramos de inserciones 11 comprenden una estructura interna formada por tres ramas rectas 16 que se superponen a las bisectrices del triángulo equilátero y conectadas unas a otras en el centro de simetría del triángulo y tres ramas curvas 18 en forma de arco de círculo centradas en los arcos de círculo 14 y que unen dos bordes rectos 12. Las ramas rectas 16 están conectadas a las ramas curvas 18.

Ventajosamente, unas aletas 19 se extienden a cada lado de las ramas 18, aumentando aún más la superficie de intercambio térmico.

La disposición de las ramas 16 y 18 se elige de tal manera que, cuando se considera la inserción de la figura 1, las ramas 16 se extienden radialmente a partir de la pared virtual del alojamiento 9 del tubo y las ramas curvas delimitan una envuelta periférica que lleva las aletas 19 que se extienden radialmente. Por lo tanto gracias a esta disposición, se obtiene una red de intercambio térmico que garantiza una distribución y una recogida de calor casi simétrica en el material con cambio de fase que rodea los tubos 4 y simétrica alrededor de los tubos 4.

Las inserciones en la periferia del intercambiador poseen una forma adaptada.

Las inserciones están realizadas por ejemplo de aleación de aluminio mediante extrusión. Dichas inserciones pueden utilizarse hasta temperaturas del orden de 500 °C, al mismo tiempo que conservan una elevada resistencia mecánica.

Los tubos 4 están realizados por ejemplo de acero y las aletas 7 son de aluminio. Las aletas pueden extenderse longitudinalmente a lo largo de la superficie exterior de los tubos. De manera ventajosa, se trata de aletas radiales, de manera aún más ventajosa, se trata de aletas radiales del tipo G.

Se entiende por "aletas radiales", aletas que se extienden transversalmente con relación al eje longitudinal del tubo 4, a la inversa de las aletas longitudinales que se extienden paralelamente al eje longitudinal del tubo.

Un tubo dotado de aletas del tipo G se realiza por ejemplo de la siguiente manera. Una banda de aleta se

- enrolla en una ranura mecanizada en la superficie exterior del tubo y se encastra en la ranura mediante resalte del material del tubo de base. El tubo está entonces dotado de una única aleta helicoidal que rodea el tubo en al menos una parte de su longitud. Esto permite mantener una transferencia de calor máxima a temperaturas elevadas del tubo. Además, el riesgo de desolidarización entre las aletas y el tubo es reducido. Este tipo de tubo es insensible a las dilataciones diferenciales ya que la dilatación aumenta el engaste y por lo tanto al mismo tiempo la sujeción mecánica y los intercambios térmicos. Por ejemplo, las aletas presentan un escaso grosor, por ejemplo como máximo 0,5 mm y con paso muy apretado del orden de 3,6 mm.
- 5
- En la figura 5, se puede observar el avance del frente de fusión durante una fase de carga a través de una inserción de la figura 2A y en la figura 6 está representada gráficamente la evolución de la diferencia de temperatura ΔT en °C entre la temperatura del fluido en el tubo y la temperatura del cambio de fase en función del tiempo t en segundos en el caso de un sistema de almacenamiento térmico que comprende inserciones de las figuras 1 y 2. La temperatura del fluido que circula en el tubo es la temperatura media del fluido en el tubo.
- 10
- En la figura 5, la zona más oscura denominada ZL es la zona de material con cambio de fase en estado líquido y la zona más clara denominada ZS es la zona de material con cambio de fase en estado sólido, el frente de fusión FF es el límite entre las zonas ZL y ZS.
- 15
- En $t_0 + 1500$ s, la zona ZL está únicamente en proximidad del tubo entre las aletas radiales.
- 20
- En $t_0 + 7000$ s, la zona ZL se extiende a lo largo de la estructura de la inserción. Este avance del frente de fusión a lo largo de la estructura de la inserción puede observarse en $t_0 + 12000$ s y en $t_0 + 14000$ s. En efecto, la inserción conduce mejor el calor que el material con cambio de fase que presenta una escasa conductividad térmica. En el tiempo $t_0 + 14000$ s, se observa la fusión del material con cambio de fase a proximidad de las ramas de la inserción, mostrando la conducción del calor por la inserción.
- 25
- En $t_0 + 18000$ s, la zona ZS situada en el interior de la inserción ha desaparecido. Todo el material con cambio de fase está en forma líquida.
- 30
- El gráfico de la figura 6 se ha trazado considerando un tubo de diámetro 1"1/2 (alrededor de 38 mm) con aletas radiales del tipo G de diámetro exterior de 70 mm y un paso entre los tubos de 152 mm.
- Las figuras 5 y 6 se refieren a una simulación con flujo de calor constante, es decir caudal de vapor constante, en la que el material con cambio de fase es NaNO_3 . La temperatura del fluido caloportador en la entrada del intercambiador está comprendida en el intervalo 315-320 °C.
- 35
- Se observa la presencia de dos mesetas. La primera meseta P1 corresponde a la fase en que el frente de fusión se encuentra a nivel de las aletas radiales.
- 40
- La meseta P2 corresponde a la fase en que el frente de fusión se encuentra en la inserción ($t_0 + 7000$ s). La fase de fuerte pendiente entre P1 y P2 corresponde a la superación de la zona entre las aletas radiales y la inserción que requiere un aumento significativo de la temperatura a causa de la resistencia térmica concentrada en la capa de material con cambio de fase en el intersticio tubo-inserción.
- 45
- La presencia de la segunda meseta P2 en un largo período demuestra que el empleo de inserciones según la presente invención permite alcanzar una prestación térmica constante durante la mayor parte del almacenamiento, garantizando una transferencia térmica eficaz del fluido que circula en los tubos hacia el material con cambio de fase y a la inversa en fase de descarga, lo que es especialmente ventajoso para el funcionamiento del bucle de potencia.
- 50
- Se ha descrito una fase de almacenamiento de calor en el sistema. Cuando se desea recuperar este calor, por ejemplo en caso de un descenso de la insolación, se libera el calor. Para ello el caloportador que circula en los tubos 4 está a una temperatura inferior a la temperatura de cambio de fase del material con cambio de fase, las inserciones recogen entonces el calor almacenado en el material con cambio de fase para conducirlo hasta el tubo y el caloportador. El material con cambio de fase que rodea los tubos, al ceder su calor al caloportador, pasa en primer lugar del estado líquido al estado sólido y a continuación, es el material próximo a las ramas el que pasa del estado líquido al estado sólido. A continuación por conducción, el material situado entre las ramas de las inserciones pasa del estado líquido al estado sólido.
- 55
- Gracias a la invención, el ensamblaje es más sencillo ya que no se requiere un buen contacto térmico entre las inserciones y los tubos con aletas, en efecto la interfaz tubos con aletas-inserciones se sitúa en una zona donde el flujo térmico es mucho menos importante con relación al existente a nivel de la superficie exterior del tubo. Por lo tanto no es necesario garantizar un intercambio térmico rápido. Un espaciamiento del orden de algunos porcentajes de la dimensión característica es aceptable. Para un sistema tubo-inserción con un diámetro exterior de las aletas de 70 mm y un paso de los tubos de 152 mm, el espaciamiento necesario es del orden de 1 mm.
- 60
- 65

- 5 El empleo de inserciones que presentan una estructura longitudinal permite el cambio de volumen del material con cambio de fase sin imponer tensiones mecánicas intolerables en la estructura y el empleo de aletas denominadas radiales y más aún en el caso de aletas del tipo G, permite gestionar eficazmente la zona crítica con flujo de calor elevado.
- 10 Además, la presencia de las inserciones permite optimizar el número de tubos del intercambiador y su disposición con independencia de las dimensiones de los tubos con aletas y al mismo tiempo optimizar la curva de las prestaciones en función de la tasa de avance del frente de cambio de fase en el intercambiador.
- 15 El empleo de inserciones presenta la ventaja de ofrecer un sistema de guía natural de los tubos del haz del intercambiador y permite por lo tanto simplificar su ensamblaje y reducir su coste.
- Además, el uso de inserciones según la presente invención permite definir unas primeras zonas en los alojamientos 9 entre los tubos con aletas y las inserciones 10 y unas segundas zonas fuera de los alojamientos 9, formando entonces un sistema de almacenamiento térmico a “dos velocidades”:
- 20 - las primeras zonas son entonces solicitadas para la carga y descarga de corta duración con un poco de energía disponible, por ejemplo en período invernal cuando la fuente de fluido caliente está formada por una central solar. Son las zonas más eficaces. El hecho de poder almacenar poca energía en una parte del intercambiador con una mayor eficacia es una ventaja. Además, una zona con mayor eficacia permite gestionar de manera más eficiente pasos de nubes transitorios;
 - 25 - las segundas zonas son solicitadas por cargas superiores a cierto umbral y permiten globalmente optimizar por separado la relación prestación/coste del intercambiador. La zona correspondiente a la segunda meseta puede optimizarse con independencia de la zona con eficacia incrementada buscando la relación óptima prestación/coste que es función de la capacidad de almacenamiento y del perfil de utilización de la energía almacenada y adaptada a cada uno de los casos.
- 30 En las figuras 3 y 4, se puede observar otro ejemplo de inserción 10'. En este ejemplo de realización, la inserción 10' que delimita un alojamiento 9 para un tubo es de una sola pieza.
- 35 Comprende una pared cilíndrica 20 coaxial al eje longitudinal del alojamiento y de las ramas radiales 22 que se extienden entre el alojamiento y la pared cilíndrica 20. La inserción comprende ramas radiales 24 de un primer tipo que se extienden a partir de la pared cilíndrica 20 hacia el exterior, unas ramas radiales 26 de un segundo tipo que se extienden a partir de la pared cilíndrica 20 hacia el exterior y unas ramas radiales 28 de un tercer tipo que se extienden a partir de la pared cilíndrica 20 hacia el exterior. Ventajosamente están previstas unas aletas 23 en las ramas 20, 22, 24, 26, 28.
- 40 Las ramas del primer tipo 24 comprenden en su extremo libre dos caras inclinadas 24.1 destinadas cada una a venir en apoyo plano contra dos caras inclinadas de dos ramas de un primer tipo de otras dos inserciones.
- 45 Las ramas del segundo tipo 26 comprenden en su extremo libre una cara plana 26.1 destinada a venir en apoyo plano contra una cara plana de una rama de un segundo tipo de otra inserción.
- 50 Las ramas del tercer tipo 28 comprenden en su extremo libre un conector hembra o macho 28.1 destinado a recibir un conector macho o hembra de una rama del tercer tipo de otra inserción.
- En el ejemplo representado, cada inserción 10' comprende una única rama del tercer tipo 28.
- 55 Durante el ensamblaje del intercambiador térmico las ramas del primero 24, del segundo 26 y del tercer 28 tipo cooperan y garantizan el auto-posicionamiento de las inserciones unas con relación a otras.
- Se entiende que el número de ramas 24, 26, 28 de cada uno de los tipos descritos no es, en ningún caso limitativo, así como la forma de estas ramas. Se pueden plantear otras formas que garantizan la función de auto-posicionamiento.
- 60 La inserción de las figuras 3 y 4 está montada alrededor del tubo antes del ensamblaje del haz de tubos.
- Esta inserción presenta la ventaja de garantizar un mayor control del espaciamiento tubo con aletas-inserción. Además, el número de piezas que ensamblar es sensiblemente reducido con relación al ejemplo de realización de las figuras 1 y 2.
- 65 En los ejemplos descritos, se han considerado tubos de sección circular. Pero la presente invención puede aplicarse a conductos de cualquier sección, por ejemplo cuadrada o hexagonal; la forma de las inserciones o tramos de inserción se adapta entonces a la forma de los tubos.

5 Además, se entiende que los dos ejemplos de inserción descritos anteriormente no son limitativos y que la presente invención trata del empleo de inserciones conductoras térmicas dispuestas entre los tubos delimitando alrededor de ellos una red de distribución y de recogida del calor dentro del material con cambio de fase.

10 Por ejemplo para facilitar el manejo la inserción de la figura 3 podría estar formada de dos partes, cada una comprendiendo la mitad del alojamiento del tubo, o la inserción de la figura 1 podría comprender menos tramos de inserción, por ejemplo tres.

15 Se podría asimismo plantear la asociación de inserciones de una sola pieza de la figura 3 con inserciones formadas de dos o más tramos de inserción.

20 Además, se podría plantear por ejemplo, una inserción que comprenda varios alojamientos, incluso una única inserción de una sola pieza para todos los tubos. En este último caso, dicha inserción se denominaría "rejilla metálica".

25 Las inserciones, especialmente las de aluminio, pueden ser extrudidas en grandes longitudes, incluso en toda la longitud de los tubos, pero puede surgir una degradación progresiva de tolerancias de forma. Para paliar este inconveniente, se pueden realizar ventajosamente ensamblajes tubo inserciones con varios módulos de inserciones superpuestos con longitud reducida por tubo, ofreciendo cada módulo una precisión dimensional más elevada, lo que permite un mejor acoplamiento con el tubo y un ensamblaje más fácil.

30 El grosor de las ramas de las inserciones es función de la longitud de las propias ramas. A modo de ejemplo, para las inserciones extrudidas de aluminio de la figura 2A y 4 con un diámetro de las aletas de 70 mm y un paso de los tubos de 152 mm, los grosores de las ramas son del orden de 1,5-2,5 mm.

35 La inserción puede realizarse de otros materiales, pero el aluminio permite una mayor flexibilidad dimensional y la mejor relación prestación/masa. Se puede plantear la realización de la inserción de varios materiales conductores.

40 El sistema de almacenamiento térmico según la invención está especialmente adaptado para ser empleado por ejemplo en centrales solares de concentración, de manera aún más ventajosa en centrales solares de generación directa de vapor para recoger el calor en exceso y liberarlo durante períodos de reducida producción de vapor, por ejemplo durante un período nublado.

El sistema de almacenamiento según la invención puede emplearse en cualquier instalación que requiera un almacenamiento de calor, por ejemplo en instalaciones en las que se desea desacoplar la producción de vapor de su utilización o alisar la producción de vapor frente a la producción de vapor, por ejemplo en sistemas de incineración de desechos.

REIVINDICACIONES

1. Intercambiador térmico para sistema de almacenamiento térmico que comprende una envuelta (2), al menos un tubo (4) en el que está destinado a circular un caloportador, estando dicho tubo dotado de una superficie exterior del tubo (4) que lleva aletas de intercambio térmico (7), comprendiendo asimismo dicho intercambiador térmico al menos una inserción (10, 10') de material conductor térmico dispuesto alrededor de dicho tubo (4), comprendiendo dicha inserción (10, 10') al menos un alojamiento (9) para recibir al menos en parte el tubo (4) dotado de aletas (7), caracterizado porque dicha inserción (10, 10') recibe la parte del tubo con holgura y comprende un ensamblaje de ramas (14, 16, 20, 22, 24, 26, 28) de material conductor térmico para así formar una red de distribución y de recogida de calor.
2. Intercambiador térmico según la reivindicación 1, en el que el ensamblaje de ramas (12, 16, 20, 22, 24, 26, 28) comprende ramas que se extienden radialmente alrededor del tubo.
3. Intercambiador térmico según la reivindicación 1 o 2, en el que el tubo (4) presenta un eje longitudinal, con las ramas extendiéndose según planos paralelos al eje del tubo.
4. Intercambiador térmico según la reivindicación 1, 2 o 3, en el que la inserción tiene sensiblemente la forma de un cilindro de eje confundido con el eje del tubo al que rodea.
5. Intercambiador térmico según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la inserción (10') es de una sola pieza.
6. Intercambiador térmico según la reivindicación 5, en el que la inserción comprende medios de posicionamiento (24.1, 26.1, 28.1) en su periferia exterior que cooperan con medios de posicionamiento de una inserción (10') vecina.
7. Intercambiador térmico según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la inserción (10) comprende varios tramos de inserción (11).
8. Intercambiador térmico según la reivindicación 7, en el que la inserción (10) comprende seis tramos de inserción (11), participando cada tramo de inserción (11) en la delimitación de tres alojamientos (9), estando dichos tramos de inserciones (11) en apoyo plano contra tres inserciones (11) vecinas, teniendo ventajosamente cada tramo de inserción (11) sensiblemente la forma de un prisma, estando las aristas del prisma vaciadas para así presentar un perfil cóncavo que forma un tramo de la pared de un alojamiento (9).
9. Intercambiador térmico según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que las ramas (12, 16, 20, 22, 24, 26, 28) comprenden aletas.
10. Intercambiador térmico según una de las reivindicaciones 1 a 9, en el que las aletas (7) de los tubos son aletas (7) que se extienden sensiblemente transversales con relación al eje longitudinal del tubo, siendo dichas aletas (7) de los tubos (4) aletas del tipo G.
11. Intercambiador térmico según una de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la inserción (10') o los tramos de inserción (11) están realizados mediante extrusión.
12. Intercambiador térmico según una de las reivindicaciones 1 a 11, en el que la inserción (10') o los tramos de inserción (11) son de aluminio y/o el tubo (4) es de acero y las aletas (7) fijadas al tubo (4) son de aluminio.
13. Intercambiador térmico según una de las reivindicaciones 1 a 12, que comprende varios tubos (4) paralelos recibidos en varias inserciones (10') o varios tramos de inserciones (11).
14. Sistema de almacenamiento térmico que comprende un intercambiador térmico según una de las reivindicaciones 1 a 13 y un material con cambio de fase (6) contenido en la envuelta y que rodea y entra en contacto con dicho al menos un tubo y dicha al menos una inserción, siendo ventajosamente el material con cambio de fase (6) NaNO_3 , una parafina o agua.
15. Central solar de concentración que comprende un campo solar en el que se calienta el caloportador y al menos un sistema de almacenamiento térmico según la reivindicación 14, conectado a la salida del campo solar, siendo ventajosamente la central solar una central solar de generación directa de vapor, generando el campo solar un caloportador en forma de vapor.

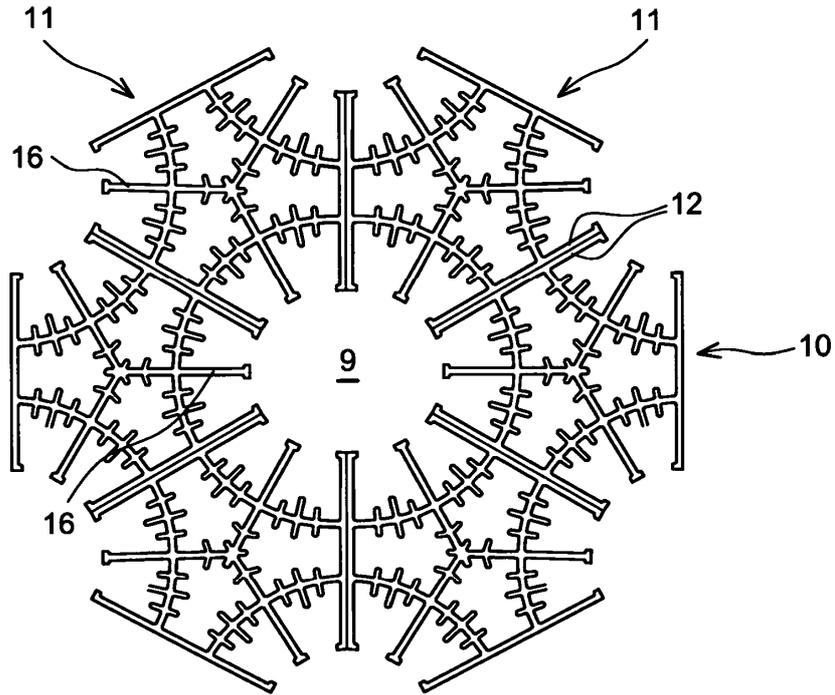


FIG. 1

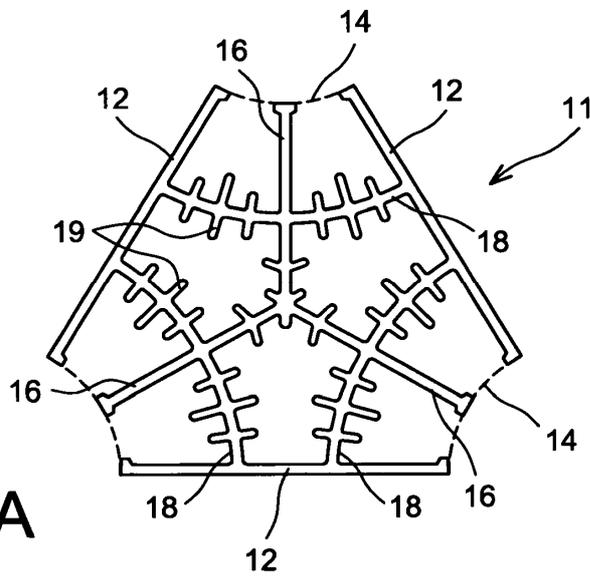


FIG. 2A

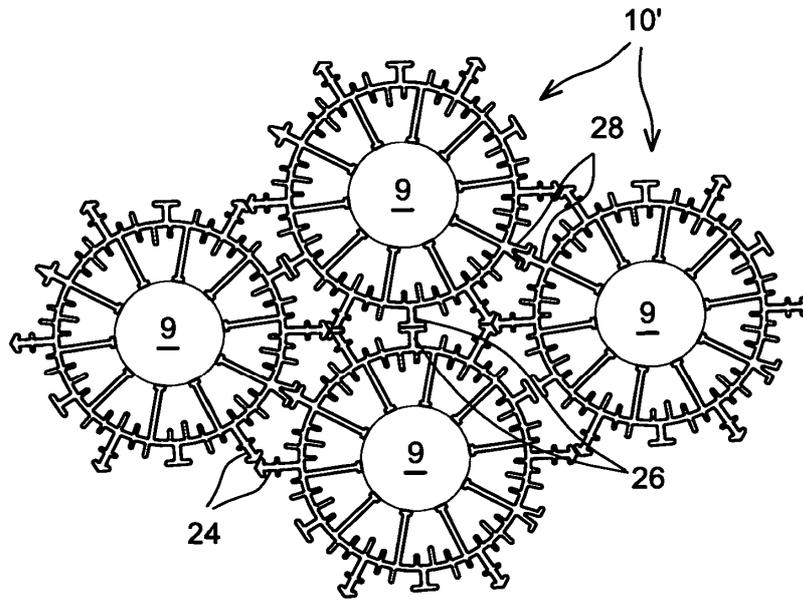


FIG. 4

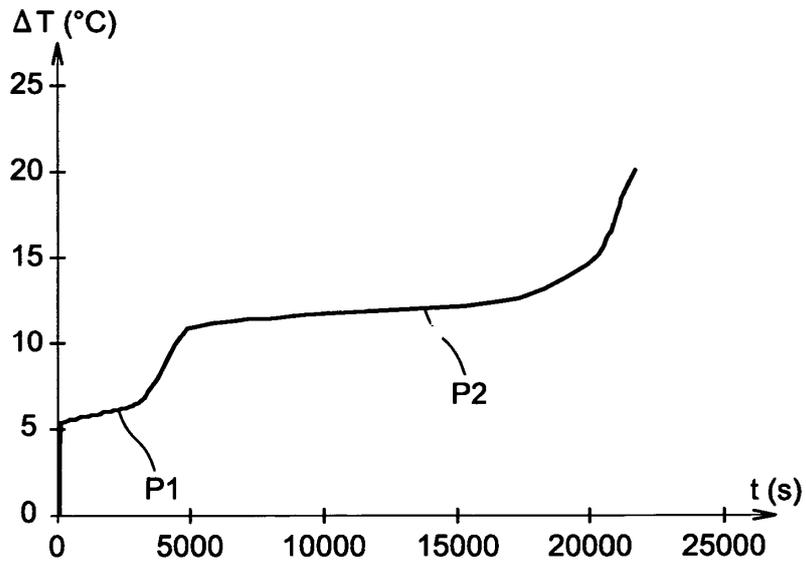


FIG. 6

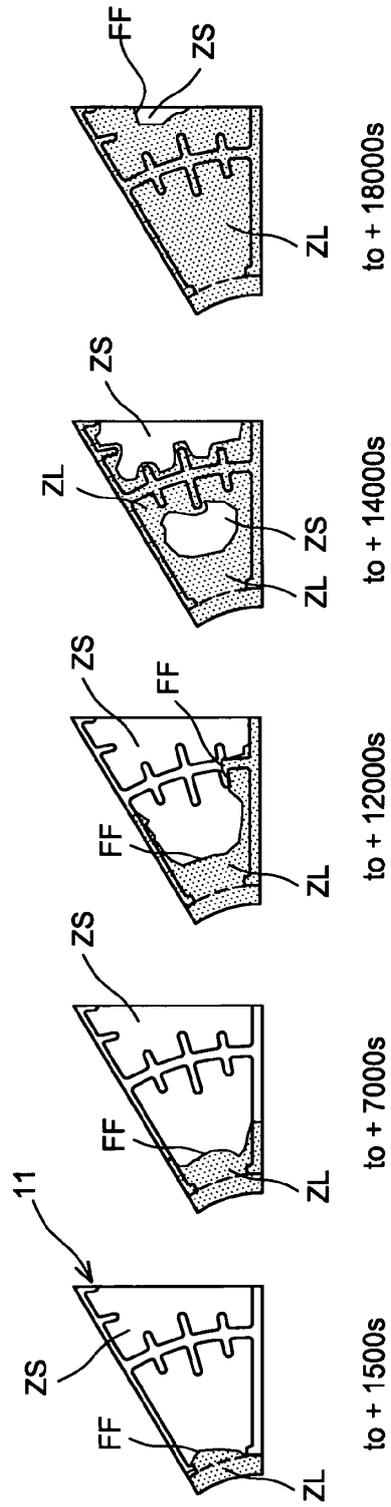


FIG. 5

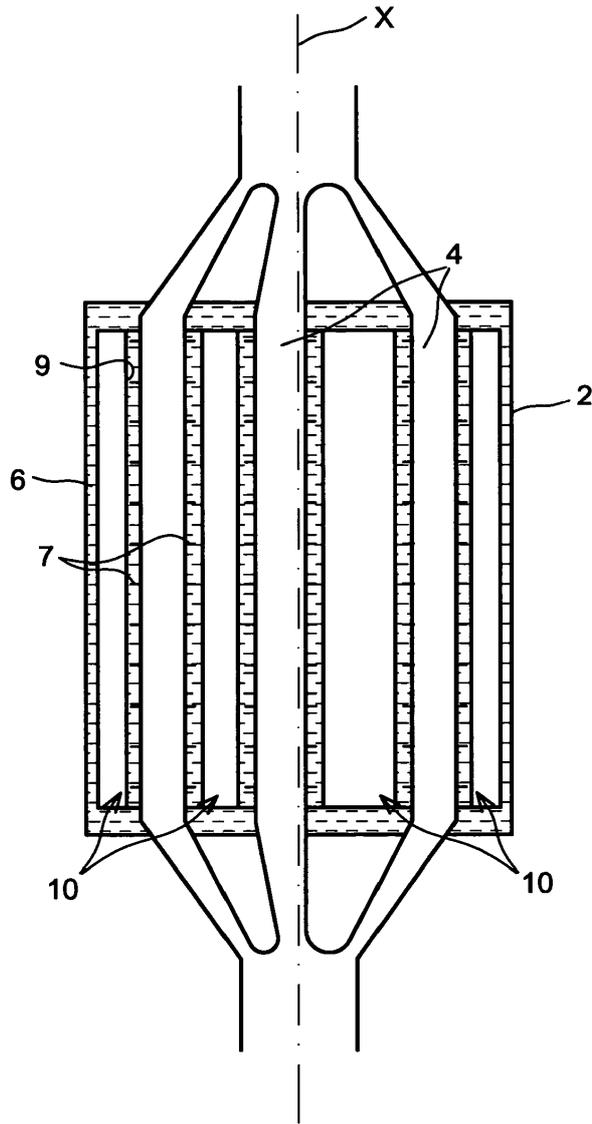


FIG. 7