

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 382 297**

51 Int. Cl.:  
**F28D 20/02** (2006.01)

12

### TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09160994 .1**
- 96 Fecha de presentación: **25.01.2007**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **2112451**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **28.10.2009**

54 Título: **Aparato de almacenamiento de energía térmica**

30 Prioridad:  
**26.01.2006 IL 17337306**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**07.06.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**07.06.2012**

73 Titular/es:  
**NUCLEAR RESEARCH CENTER-NEGEV  
P.O. BOX 9001  
84190 BEER-SHEVA, IL**

72 Inventor/es:  
**Sagie, Dan y  
Assis, Eli**

74 Agente/Representante:  
**de Elzaburu Márquez, Alberto**

**ES 2 382 297 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

Aparato de almacenamiento de energía térmica.

5 Campo de la Invención

La presente invención se refiere al campo del almacenamiento de energía térmica. Más particularmente, la invención se refiere a un método y un aparato basado en materiales de cambio de fase (en adelante PCM), con una conductividad térmica perfeccionada para almacenar y descargar energía térmica.

10 Antecedentes de la Invención

Las tecnologías de almacenamiento de energía térmica (en adelante TES) proveen soluciones eficaces y rentables en diversas industrias de procesos térmicos (por ejemplo, sistemas de calor solar). Las tecnologías TES comunes que se usan actualmente se podrían clasificar en tecnologías de calor sensible o de calor de fusión. La presente invención está dirigida a proveer un aparato eficaz de almacenamiento de calor de fusión basado en un material de cambio de fase.

El almacenamiento de energía térmica por cambio de fase se basa en la gran cantidad de calor de fusión de algunos materiales de cambio de fase (PCM), por ejemplo, parafinas, ceras, sales inorgánicas. Típicamente, en este tipo de aplicaciones de almacenamiento de energía la fase de los PCM cambia del estado sólido al estado líquido durante el almacenamiento de energía térmica en los mismos, y del estado líquido de vuelta al estado sólido al mismo tiempo que se descarga la energía térmica almacenada en los mismos. El cambio de fase de líquido a vapor (por ejemplo, en un acumulador de calor), y viceversa, se podría usar similarmente en tales aplicaciones para almacenar y descargar energía térmica. La adición, o la extracción, de energía térmica al –o del- PCM resulta en un cambio en su estado de fase con una correspondiente absorción – o expulsión – de energía térmica.

Aunque la siguiente descripción se refiere principalmente a PCM cuya fase se cambia entre sus fases sólida y líquida, estará claro que la presente invención pertenece también a otros tipos de PCM, por ejemplo, PCM con cambios de fase entre los estados líquido y gaseoso (por ejemplo agua) o entre los estados sólido y gaseoso.

Una solución preferida de los diseños de aparatos de almacenamiento de energía térmica basados en los PCM es construir el aparato de un recipiente cilíndrico que comprenda un PCM. La superficie exterior del recipiente está en contacto con un fluido circulante de intercambio de calor utilizado para almacenar o extraer energía térmica al (o del) PCM comprendido en el mismo. Durante el proceso de extracción de energía térmica del PCM (en la presente memoria después del proceso de congelación) la fase del PCM adyacente a la superficie interior del recipiente es la primera en congelarse (cambio del estado líquido al estado gaseoso), lo cual reduce significativamente la conductividad térmica del aparato, y como resultado decelera sustancialmente el proceso de extracción de calor. Similarmente, el almacenamiento de energía térmica en el PCM (de ahora en adelante ciclo de fusión) es también sustancialmente lento debido a la poca conductividad del calor del aparato mientras el PCM está en su estado sólido.

En el documento US 4 200 148 se divulga un aparato de almacenamiento de energía térmica según el preámbulo de la reivindicación 1. El documento US 6 400 896 describe un intercambiador de calor que comprende unos elementos de transmisión de energía térmica que se extienden a través del PCM. El intercambiador de calor está constituido por un recipiente que contiene al PCM, y los elementos de transmisión de energía térmica situados en una parte inferior del recipiente. El fluido para intercambio de calor se hace correr en un espacio anular definido entre la superficie exterior del recipiente y un tubo que rodea al recipiente. Los elementos de transmisión de energía térmica que se extienden a través del PCM son varillas o bobinas calentadas por resistencia eléctrica, o unos tubos a través de los cuales se hace correr un fluido a temperatura elevada para iniciar la fusión del PCM durante los ciclos de fusión.

El documento US 5.220.954 describe también un intercambiador de calor que comprende un PCM contenido en un recipiente circundado por un tubo en el que se hace correr un fluido de intercambio de calor en el espacio anular definido entre la superficie exterior del recipiente y el tubo circundante. El espacio anular está dividido al menos por dos paredes divisorias en unos conductos de paso superior e inferior para permitir la circulación del fluido de intercambio de calor a través del conducto de paso inferior durante el ciclo de fusión, y a través del conducto de paso de fluido superior durante el ciclo de congelación. Una realización del intercambiador de calor comprende un tubo central que se extiende a través de la región central del recipiente y conectado al conducto superior de paso de flujo, en donde las aletas de conducción de calor se extienden radialmente hacia fuera del tubo central.

El documento EP 1455 155 describe un elemento de PCM que comprende una envuelta que incluye al PCM y un tubo interior dispuesto concéntricamente en la envuelta para encaminar una corriente de refrigeración de líquido o gas a través del mismo. El elemento de PCM comprende además unas aletas o un trenzado metálico fijadas al tubo interior para descargar rápidamente el calor externo absorbido a través de la superficie exterior de la envuelta al interior del elemento de PCM, que entonces podría descargarse por medio de un líquido de refrigeración que circule en el tubo interior.

5 Otra solución propuesta descrita en “Aplicaciones del calor en procesos industriales con tecnología de almacenamiento de energía térmica”, Procedimientos de la conferencia internacional de energía solar ISEC 2005:2005, agosto 6-12, 005, Orlando, Florida, por Rainer T y colaboradores, sugiere reducir la resistencia de conducción de calor de los aparatos de almacenamiento de PCM embutiendo el PCM en una matriz construida de un material con gran conductividad térmica,

10 Los métodos anteriormente descritos no han aportado todavía soluciones satisfactorias para almacenar eficazmente energía térmica en un aparato de almacenamiento de energía térmica basado en los PCM y extraer rápidamente del mismo la energía térmica almacenada. Tampoco se ha introducido un método rentable. Por tanto, se necesita un aparato perfeccionado para el almacenamiento de energía térmica que solucione los problemas anteriormente expuestos.

15 Por tanto, un objeto de la presente invención es proveer un método y un aparato basados en los PCM que proporcione una conductividad del calor perfeccionada y por tanto que permita rápidamente almacenar y extraer energía térmica de mucha energía.

20 Un objeto adicional de la presente invención es proveer un método y un aparato simplificados y rentables para almacenar y extraer rápidamente energía térmica de mucha energía.

Otro objeto de la presente invención es proveer una unidad genérica de almacenamiento de energía térmica que sea adecuada para una amplia gama de aplicaciones (por ejemplo, gestión del calor (regulación) en cualquier proceso de la industria térmica).

25 Sumario de la invención

Se ha averiguado ahora que es posible construir un aparato de almacenamiento de energía capaz de descargar rápidamente energía térmica a/de un PCM contenido en un recipiente de conducción de calor que comprende un elemento de transmisión de energía térmica que provee una pluralidad de caminos de transmisión de calor entre el espacio central del recipiente de conducción de calor y su pared interior. Esta nueva construcción permite descargar rápidamente energía térmica al /del aparato por medio de un fluido de intercambio de calor que circule en contacto con la pared del recipiente de conducción de calor sin requerir que el fluido de intercambio de calor se haga correr dentro de dicho aparato de almacenamiento de energía.

35 Por tanto, la presente invención está dirigida a un aparato de almacenamiento de energía térmica para descargar energía térmica o de un PCM según la reivindicación1.

El elemento de transmisión de energía térmica se podría fijar a un miembro central de soporte construido de una varilla, tubo, conducto o hilos conductores del calor.

40 El elemento insertable de transmisión de energía térmica se podría conformar en la forma de un polígono estrellado alargado cuyas puntas de vértice se presen contra la pared interior de dicho recipiente de conducción del calor, proporcionando de ese modo una pluralidad de caminos de transmisión de calor entre el centro de dicho recipiente y su pared. Se podría usar un miembro central de soporte para soportar al elemento estrellado alargado de tal manera que sus puntas de base estén en contacto con la superficie exterior del miembro de soporte. El elemento estrellado  
45 alargado podría comprender unas aberturas de transmisión practicadas en sus lados para permitir el desplazamiento del PCM a través de ellas. Similarmente, se podrían proveer también unas aberturas de transmisión en el miembro central de soporte para permitir el desplazamiento del PCM a través de ellas.

50 Un método para fabricar un aparato de almacenamiento de energía térmica comprende proveer un recipiente de conducción de calor, instalar el elemento de transmisión de energía térmica en el recipiente de conducción del calor, llenar total o parcialmente el interior de dicho recipiente de conducción del calor con un PCM a través de una abertura del mismo, y cerrar herméticamente el recipiente de conducción del calor mediante uno o dos tapones, en el que el elemento de transmisión de energía térmica está destinado a insertarse flexiblemente en el recipiente de  
55 conducción del calor de tal manera que sus miembros de conducción del calor se presionen contra la pared interior del recipiente de conducción del calor.

Los miembros de conducción del calor del elemento de transmisión de energía térmica se fijan preferiblemente a un miembro central de soporte.

60 El elemento de transmisión de energía térmica y el PCM se podrían insertar en el recipiente de conducción del calor a través d una abertura practicada en el mismo, que luego se cierra herméticamente con un tapón, de tal manera que la superficie interna de dicho tapón contacte con la punta del miembro central de soporte, mientras que la otra punta del miembro central de soporte contacte con la superficie interna del extremo contrario del recipiente. Alternativamente, el recipiente de conducción del calor podría comprender dos aberturas, una de las cuales se  
65 cierre herméticamente por un tapón antes de instalar en el mismo al elemento de transmisión de energía térmica y

llenar su interior por el PCM, y en donde la otra abertura se cierre herméticamente después con otro tapón, de tal manera que la superficie interna de dichos tapones contacte con las puntas del miembro central de soporte.

Según una realización adicional todavía preferida, la invención está dirigida a un sistema de almacenamiento de energía térmica que comprende una vasija aislada térmicamente en la que se instalan los aparatos de almacenamiento de energía térmica, en donde la vasija aislada térmicamente comprende al menos una admisión y una descarga para hacer correr a un fluido de intercambio de calor a través del interior de la vasija de tal manera que el fluido de intercambio de calor que circule a través de la misma contacte con las superficies exteriores de los aparatos de almacenamiento de energía térmica, y en donde algunos o todos los aparatos de almacenamiento de energía térmica comprenden un elemento de transmisión de energía térmica destinado a insertarse flexiblemente en una vasija de conducción de calor de tal manera que los miembros de conducción de calor de dicho elemento de transmisión de energía térmica se presionen contra la pared interior de dicha vasija de conducción de calor.

Los aparatos de almacenamiento de energía térmica podrían comprender unos conductos centrales a los que estén fijados los elementos de transmisión de energía térmica, sobresaliendo hacia fuera las extremidades de dichos conductos centrales de dichos aparatos de almacenamiento de energía térmica, en donde la vasija aislada térmicamente comprende además dos cámaras auxiliares cada una de las cuales está en comunicación para paso de fluidos con dichos conductos centrales a través de sus extremidades sobresalientes para dejar correr otro fluido de intercambio de calor a través de las mismas.

Breve descripción de los dibujos

La presente invención se ha ilustrado a título de ejemplo en las figuras adjuntas, en las que las referencias similares indican coherentemente elementos similares.

- Las Figuras 1 A a 1B ilustran esquemáticamente un aparato de almacenamiento de energía térmica de la presente invención que utiliza una pieza de inserción conformada como una estrella alargada;
- La Figura 2 ilustra esquemáticamente un aparato de almacenamiento de energía térmica que comprende una pluralidad de tubos de almacenamiento de energía térmica;
- La Figura 3 A ilustra esquemáticamente una vista en corte longitudinal de un aparato de almacenamiento de energía térmica de la presente invención que tiene un conducto central;
- La Figura 3B ilustra esquemáticamente una aplicación de almacenamiento de energía térmica que tiene dos caminos de flujo diferentes para fluidos de intercambio de calor, y
- La Figura 4 ilustra gráficamente los resultados de la simulación con ordenador descrita en el ejemplo 3.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

La presente invención provee un aparato de almacenamiento de energía térmica basado en los PCM (referido también como tubo de almacenamiento de energía) en el que la transmisión de energía térmica se mejora sustancialmente mediante el incremento de la conductividad de calor del aparato, proporcionando de ese modo unos tiempos relativamente rápidos y eficaces para la liberación y almacenamiento de energía térmica. Como se describe con más detalle más adelante en la presente memoria, el aparato de almacenamiento de energía térmica de la presente invención es relativamente sencillo y fácil de construir, y sus costes de fabricación son relativamente bajos.

En general, el aparato de almacenamiento de energía térmica de la presente invención comprende un recipiente conductor del calor (por ejemplo un tubo) que comprende un PCM y un elemento insertado de transmisión de energía térmica, en el que dicho elemento de transmisión de energía térmica pasa al espacio interior del recipiente conductor de calor y está en contacto térmico con su pared interior. De este modo, se obtiene una pluralidad de caminos de conducción de calor entre el espacio central del recipiente y su pared interior, lo cual mejora sustancialmente la conductividad de calor del aparato. El miembro central se fabrica preferiblemente de un material (o materiales) conductor del calor en la forma de una varilla, un tubo hueco, o un trenzado de hilos. El PCM es preferiblemente un tipo de sal inorgánica tal como NaNO<sub>3</sub>.

Debido a esta estructura única del aparato de almacenamiento de energía térmica de la invención, la energía térmica almacenada en el PCM en un espacio central del mismo se puede descargar eficazmente a un fluido de intercambio de calor por medio de la pieza de inserción provista en el mismo y a través de sus paredes. Más particularmente, la pluralidad de caminos de conducción de calor, obtenida por los miembros de conducción de calor de la pieza de inserción entre el espacio central del recipiente de conducción de calor y su pared, mantienen una buena conductividad del calor a pesar de la rápida solidificación del PCM en la periferia cerca de las paredes del recipiente. Por consiguiente, la energía térmica almacenada se descarga rápidamente y de ese modo los ciclos de congelación se acortan sustancialmente y los ciclos de fusión se aceleran.

La pieza de inserción conductora de calor se implementa en la forma de un polígono estrellado alargado.

La estructura del aparato de almacenamiento de energía térmica de la presente invención es simple, y por tanto su construcción es también relativamente fácil. Un tubo alargado, que tiene al menos una abertura, se usa preferiblemente como un recipiente conductor de calor en el que se instala la pieza de inserción conductora de calor

de tal manera que sus elementos conductores de calor se presionen contra su pared interior. La pieza de inserción conductora de calor de la invención se empuja preferiblemente al interior del tubo por medio de una abertura practicada en el mismo, después de lo cual el tubo se llena con PCM y se cierra herméticamente su abertura(o aberturas).

El aparato de almacenamiento de energía térmica de la invención se podría usar en el concepto típico de estructura de envuelta y tubos, en el que una pluralidad de tubos de almacenamiento de energía térmica se disponen en paralelo en una envuelta a través de los cuales se encamina un fluido de intercambio de calor en contacto con la superficie exterior de los aparatos de almacenamiento.

Las Figuras 1 A y 1B ilustran el elemento de transmisión de energía térmica usado en un aparato 1 de almacenamiento de energía térmica de la presente invención. La pieza de inserción 25 conductora de calor está conformada en una forma de polígono estrellado alargado (a la que de ahora en adelante se hará referencia como pieza de inserción estrellada) que tiene una forma de sección transversal de polígono estrellado y un interior hueco al que se podría acceder a través de sus aberturas de extremo. La pieza de inserción estrellada 25 comprende además unas aberturas de transmisión 27 que se comunican entre su interior y el espacio interno circundante. Las aberturas de transmisión 27 practicadas en los lados de la pieza de inserción estrellada 25 permiten que el PCM 14 (que no se ha mostrado en las Figura 2 A y 2B) se desplace al espacio interior del aparato 21 de almacenamiento de energía térmica.

La pieza de inserción estrellada 25 se hace preferiblemente de un material conductor de calor como el cobre, preferiblemente de aluminio. El número de puntas (vértices) de la forma poligonal estrellada de la pieza de inserción estrellada 25 se podría seleccionar según la implementación específica. En una realización preferida de la invención, la pieza de inserción estrellada 25 está formada como una estrella de seis puntas (que tiene una geometría de sección transversal de hexagrama) de una hoja metálica plana que comprende unas aberturas de transmisión 27, y que podría comprender además una rendijas de doblez para facilitar el doblamiento de la hoja metálica en la forma prevista de polígono estrellado alargado. El espesor de la hoja metálica está preferiblemente en el intervalo de 0,5 mm., preferiblemente alrededor de 1 mm.

Después de insertar la pieza de inserción estrellada 25 en el tubo 10, sus puntas de vértice 28a se presionan firmemente contra la pared interior del tubo 10 mediante la inserción de un elemento forzante alargado 20 en su centro. De este modo, las partes de la superficie exterior del elemento forzante 20 se presionan contra las puntas de base 28b de la pieza insertada estrellada 25, aplicando de ese modo una fuerza radial sobre la misma y presionando radialmente a las puntas de vértice 28a. El elemento forzante 20 se podría construir de cualquier material adecuado (por ejemplo, conductor del calor o elástico) como es conocido en la técnica. Preferiblemente se hace de una hoja conductora del calor, tal como de cobre, preferiblemente de aluminio, enrollada en la forma de un tubo alargado que tenga elasticidad radial con respecto a su eje longitudinal para aplicar fuerzas radiales en las puntas 28a y 28b presionando de ese modo las puntas de vértice 28a contra la pared interior del tubo 10. Se podrían proveer unas aberturas de transmisión 23 en diferentes ubicaciones a lo largo del elemento forzante 20 para permitir el desplazamiento del PCM a través de ellas,

La Figura 2 ilustra una implementación preferida de envuelta y tubos que utiliza aparatos de almacenamiento de energía térmica 10-1, 10-2, 10-3, de la presente invención. En esta implementación, una pluralidad de aparatos de almacenamiento de energía térmica (por ejemplo, tubos) 10-1, 10-2, 10-3 están colocados en paralelo dentro de una vasija aislada térmicamente 500, a lo largo de su longitud. La vasija 500 se podría construir de un medio hueco cilíndrico cerrado herméticamente por unos tapones de extremo 501 y 502 fijados a las aberturas de extremo. Aunque en este ejemplo la vasija 500 está situada horizontalmente de tal manera que su eje longitudinal es paralelo a la superficie del suelo, debe hacerse notar que se podría colocar de un modo similar verticalmente, es decir, con su eje longitudinal perpendicular a la superficie del suelo.

Preferiblemente, se ha provisto una admisión 504 de fluido de intercambio de calor en la cara lateral inferior de la vasija 500, cerca de un extremo de la misma (por ejemplo, el 501), y preferiblemente se ha provisto una descarga 503 de fluido de intercambio de calor en la cara lateral superior de la vasija 500, cerca de su otro extremo (por ejemplo, el 502). Por supuesto, el fluido de intercambio de calor podría circular en el otro sentido. Los aparatos de almacenamiento de energía térmica 10-1, 10-2, se sujetan dentro de la vasija 500 por medio de un conjunto de tabiques 50 y 51 de soporte de tubos.

Los tabiques superiores 50-1, 50-2, de soporte de tubos se extienden hacia abajo desde las secciones superiores interiores de la vasija 500, y los tabiques inferiores 51-1, 51-2.. de soporte de tubos se extienden hacia arriba desde las secciones inferiores interiores de la vasija 500. Los tabiques superiores e inferiores 50 y 51 de soporte de tubos están colocados de forma entrelazada, forzando de ese modo un camino de flujo (indicado por la flecha 505) de fluido de intercambio de calor 509 cuya dirección alterna dentro de la vasija 500, es decir – la dirección del flujo hace zigzag entre direcciones de flujo ascendente y descendente. De este modo, se maximiza el intercambio de calor entre los aparatos de almacenamiento de energía térmica 10-1, 10-2, y el fluido de transferencia de calor.

- La vasija 500 se podría fabricar de un material ferroso, tal como acero, preferiblemente de acero al carbono. Como entenderán los expertos en la técnica, el intervalo de las dimensiones geométricas de la vasija 500 se debe ajustar según los requisitos de cada aplicación específica. De acuerdo con ello, el diseño de la vasija 500 debería considerar el número de aparatos de almacenamiento de energía térmica que debe comprender la vasija 500 y la longitud conveniente de dichos aparatos. De este modo, los aparatos de almacenamiento de energía térmica se podrían instalar horizontalmente en la misma por medio de tabiques superiores e inferiores 50 y 51 de soporte de tubos de tal manera que se obtenga un espacio intermedio mínimo entre sus extremos y la superficie interior de los tapones de extremo 501 y 502.
- Los tapones de extremo 501 y 502 se podrían fabricar de cualquier material adecuado. Por ejemplo, los tapones de extremo 501 y 502 se podrían fabricar del mismo material del que se hace la vasija 500. Los tapones 501 y 502 se ajustan para que encajen sobre las superficies superiores de la sección de extremo de la vasija 500 y cierren herméticamente sus aberturas de extremo. Los tabiques superiores e inferiores 50 y 51 de soporte de tubos se podrían fabricar de un tipo de acero, preferiblemente acero al carbono, y se diseñan para bloquear aproximadamente un 90% del área de la sección transversal de la vasija 500. El fluido 506 de intercambio de calor podría comprender aceite térmico. En una realización preferida de la invención, comprende Therminol VP1 de Solutia (San Luis, EE.UU) o Sytherm 800 de Dow Chemicals, y su caudal dentro de la vasija 500 se selecciona para mantener una transmisión de calor óptima.
- El caudal del fluido de transmisión de calor 509 durante el ciclo de fusión podría estar en general en el intervalo de 20 a 100 metros cúbicos /hora para una unidad de almacenamiento de 1MWtérmico-hora y durante el ciclo de congelación en el intervalo de 40 a 200 metros cúbicos/hora para dicha unidad.
- La Figura 3A ilustra una vista en corte longitudinal de un aparato 73 de almacenamiento de energía térmica de la presente invención que tiene un conducto central 73 que pasa longitudinalmente a lo largo de su longitud en contacto térmico con la pieza de inserción conductora de calor 73 contenida en el mismo. Como se muestra en la Figura 3A, el interior del aparato 73 de almacenamiento de energía térmica está lleno de un PCM 73p, y los extremos del conducto central 73 sobresalen hacia fuera de las bases 73b del aparato 73 de almacenamiento de energía térmica.
- Con máxima preferencia, el conducto interno 73 c se usa como un elemento de soporte central de la pieza de inserción conductora de calor para que pase coaxialmente a lo largo de la longitud de los aparatos 73c de almacenamiento de energía térmica teniendo a los elementos conductores de calor de dicha pieza de inserción conductora de calor fijados a su superficie externa. El conducto interno 73c se usa preferiblemente como un miembro central de la pieza de inserción conductora de calor 73i, por ejemplo, el conducto interno 73c se podría usar como elemento forzante 20 de la pieza de inserción estrellada 25 (mostrada en la Figura 2B).
- La Figura 3B ilustra esquemáticamente una implementación de almacenamiento de energía térmica que comprende una vasija 70 y aparatos 73 de almacenamiento de energía térmica, cuya vasija 70 y cuyos aparatos 73 de almacenamiento de energía térmica están configurados de tal manera que se formen dos caminos de flujo diferentes para los fluidos de intercambio de calor. En esta realización de la invención, el aparato 73 de almacenamiento de energía térmica comprende un conducto interno 73c, según se ha descrito antes en la presente memoria con referencia a la figura 3A. Como se muestra en la Figura 3B, las extremidades de los conductos internos 73c sobresalen hacia fuera de las bases 73b de los aparatos 73 de almacenamiento de energía térmica, de tal manera que sus interiores son accesibles a través de las aberturas 70i y 70 o de los mismos.
- La vasija 70 comprende una cámara principal 70 a en la que están instalados los aparatos 73 de almacenamiento de energía térmica, y dos cámaras auxiliares 70b. Los aparatos 73 de almacenamiento de energía están instalados en la cámara principal 70a de tal manera que partes de las extremidades de los conductos externos 73c se introducen en las cámaras auxiliares 70b, proporcionando de ese modo una comunicación de flujo de fluido entre los interiores de dichas cámaras auxiliares 70b y de dichos conductos internos 73c.
- La cámara principal 70a comprende una admisión 71 a de fluido y una descarga 72 a de fluido a través de las cuales se podría hacer correr un primer fluido 77 de transmisión de calor. La admisión 71 a de fluido y la descarga 72 a de fluido se han provisto preferiblemente en las caras laterales opuestas de la cámara principal 70 a en ubicaciones longitudinalmente distantes. Por ejemplo, según se ha ejemplificado en la Figura 3B, la admisión 71 a de fluido se ha provisto cerca de un extremo de la cámara principal 70 a, mientras que la descarga 72 a de fluido se ha provisto en la cara lateral opuesta cerca del otro extremo de la cámara principal 70 a.
- Cada una de las cámaras auxiliares 70b comprende al menos una lumbrera de fluido para hacer correr un segundo fluido 78 de transmisión de calor entre las mismas a través de conductos internos 73 c de aparatos 73 de almacenamiento de energía. Como se muestra en la Figura 3 B, una primera lumbrera 71b de fluido provista en una cámara auxiliar 70b se podría usar como admisión, mientras que otra lumbrera 72b de fluido, que podría situarse en una cara lateral opuesta de la vasija 70, en la otra cámara auxiliar 70b, se podría usar como una descarga de dicho segundo fluido de intercambio de calor.

5 La vasija 70 comprende preferiblemente unos tabiques superiores 72-1, 72-2,..., que se extienden hacia abajo desde las secciones superiores interiores de la cámara principal 70a, y unos tabiques inferiores 71-1, 71-2..., que se extienden hacia arriba desde las secciones inferiores interiores de la cámara principal 70 a. Los tabiques superiores e inferiores 71 y 72 se han colocado en forma entrelazada, forzando así un camino de flujo (designado por la flecha 75) de un primer fluido 77 de transmisión de calor cuya dirección alterna dentro de la cámara principal 70 a, es decir – la dirección del flujo se zigzaguea entre direcciones de flujo ascendente y descendente.

10 La vasija 70 se podría hacer de un material ferroso, como el acero, preferiblemente acero al carbono. El volumen de la cámara principal 70 a podría ser generalmente de alrededor de 13.000 litros para una unidad de 1 megavatio térmico-hora, y el volumen de las cámaras auxiliares podría estar en general en el intervalo de 800 a 2.000 litros.

15 Los conductos internos 73c s podrían hacer de un material metálico, como el aluminio o el cobre, preferiblemente de acero al carbono. El diámetro interior de los conductos internos 73c podría ser generalmente de alrededor de 30mm para una unidad de 1 megavatio térmico-hora, y sus longitudes podrían estar en general en el intervalo de 3 a 6 metros para esa unidad.

20 El primer fluido de intercambio de calor que ha pasado a través de la cámara principal 70 a se usa preferiblemente para transferir energía térmica a los aparatos 73 de almacenamiento de energía contenidos en la misma, y se podría implementar por agua (o vapor) o por un tipo de aceite, preferiblemente por un aceite de transmisión de calor, tal como, sin carácter limitativo, Therminol VP-1 de Solutia.

25 El segundo fluido de intercambio de calor que ha pasado a través de las cámaras auxiliares 70b se usa preferiblemente para extraer energía térmica de los aparatos 73 de almacenamiento de energía contenidos en las mismas, y se podría implementar mediante agua (o vapores) o por un tipo de aceite, preferiblemente por vapores de agua.

30 Hay que hacer notar que el almacenamiento de energía térmica del aparato de la presente invención es adecuado para un amplio intervalo de aplicaciones de almacenamiento de energía térmica. Los mismos tubos de almacenamiento de energía se podrían usar en diversos intervalos de potencias o energías, y se podrían ajustar para operar en diferentes temperaturas simplemente mediante la elección de un PCM adecuado. La presente invención, por tanto, proporciona una solución genérica para aplicaciones de almacenamiento de energía térmica, que se podría ajustar fácilmente para adecuarse a los requisitos específicos.

35 Todos los parámetros antes mencionados se han dado solamente a título de ejemplo, y se podrían cambiar de acuerdo con los diferentes requisitos de las diversas realizaciones de la presente invención. Por tanto, no se considerará que los parámetros anteriormente mencionados limiten el alcance de la presente invención en modo alguno. Además, hay que apreciar que los diferentes tubos, recipientes, y otros miembros, descritos anteriormente en la presente memoria se podrían construir en formas (por ejemplo, con forma oval, cuadrada, etc en vista plana.) y tamaños diferentes de los ejemplificados en la descripción precedente.

Ejemplo 1

45 La Tabla 1 da una lista de los resultados obtenidos en un conjunto de experimentos de simulación que se realizaron usando un modelo pequeño de prueba. Estos experimentos se llevaron a cabo usando un aparato de almacenamiento de energía térmica construido de un tubo cilíndrico que tenía un diámetro de 100 mm, hecho de acero de un espesor de 1 mm. El tubo cilíndrico se llenó con una mezcla de NaNO3/KNO3 que tenía una temperatura de fusión de 250° C, y se ensayó sin pieza de inserción de transmisión de energía térmica y con diversos tipos de piezas de inserción indicados anteriormente en la presente memoria. El aparato de almacenamiento de energía térmica se instaló en un recipiente a través del cual se hizo circular un fluido de transmisión de calor PAZtHERM22. Durante el ciclo de fusión, la temperatura del fluido de transmisión de calor era de 260° C, que calentó al PCM hasta aproximadamente 250° C, y se enfrió hasta 240° C para liberar la energía térmica almacenada en el ciclo de congelación.

TABLA 1

55

| Tipo de pieza de inserción             | Duración de la extracción de energía almacenada (minutos) |
|--|---|
| Sin pieza de inserción                 | 128   |
| Pieza de inserción estrellada alargada | 40  |

60 El tiempo requerido para la extracción completa de la energía almacenada se presenta en la tabla 1 para el mismo tubo sin piezas de inserción, y con piezas de inserción de diferentes modelos. Como se muestra en la tabla 1, existieron mejoras significativas en las prestaciones del aparato de almacenamiento de energía cuando se probó con una pieza de inserción de transmisión de energía. Estos resultados experimentales demuestran que la duración requerida para que el tubo de almacenamiento descargue su energía se acorta considerablemente hasta alrededor

de 1/3 de triplicación de potencia) cuando se usó la pieza de inserción de transmisión de energía térmica.

Ejemplo 2

5 La siguiente demostración es un ejemplo específico para un sistema de almacenamiento de energía térmica de la invención que se ha diseñado para funcionar en 307° C usando NaNO3 como un PCM y VP1 como fluido de transmisión de calor. El sistema se ha diseñado para almacenar aproximadamente 1 Megavatio térmico-hora en 4 horas (es decir, una potencia de 250 KW térmicos) y para descargar esta potencia en aproximadamente 2 horas (es decir, una potencia de 500 kW térmicos).

10 En este ejemplo, el aparato de almacenamiento de energía térmica se ha implementado utilizando un tubo alargado conductor del calor que contenía el PCM y una pieza de inserción estrellada y alargada de aluminio. La pieza de inserción estrellada y alargada consistía en seis puntas de vértice y era de la misma longitud que el tubo conductor de calor.

15 La Tabla 2 facilita los parámetros geométricos del aparato ejemplificado de almacenamiento de energía térmica

TABLA 2

| Parámetro  | Tamaño/cantidad                | Notas  |
|--|--------------------------------|--|
| Diámetro interior del tubo   | 10 cm                          |  |
| Longitud del tubo  | 400 cm                         | Hecho de acero al carburo                                  |
| Volumen del tubo   | 31.416 litros                  |  |
| Número de tubos  | 310                            |  |
| Volumen total  | 9739 litros                    |  |
| Calor latente por litro  | 0,116 kW térmicos – hora/litro |  |
| Coeficiente de llenado-factor de llenado del PCM   | 0,9                            |  |
| Almacenamiento total de energía  | 1016,7 kW térmicos-hora        | Para un rendimiento del 100%                               |
| Coeficiente de llenado de tubos- Relación entre el volumen de los tubos y el volumen de la vasija                          | 0,79                           |  |
| Espesor de pared de los tubos  | 0,15 cm                        |  |
| Diámetro interior de la vasija   | 204 cm                         |  |
| Volumen de la vasija   | 13.074 litros                  |  |
| Volumen de los tubos de almacenamiento de energía  | 10.332,1 litros                |  |
| Volumen del fluido de transmisión de energía   | 2.742 litros                   |  |
| Relación entre el volumen del fluido de transmisión de energía y el volumen del PCM  | 28,2%                          |  |
| Peso del PCM   | 22.010 kg                      | Densidad de aproximadamente 2,6 a la temperatura de fusión |
| Calor sensible en el fluido de transmisión de energía  | 14,38 kW térmicos hora/10°c    | THERMINOL VP-1   |
| Caudal de fluido de transmisión de energía requerido para transmitir el calor en 2 horas (kWth-h = kilovatio térmico-hora) | 26,93 litros/segundo           |  |

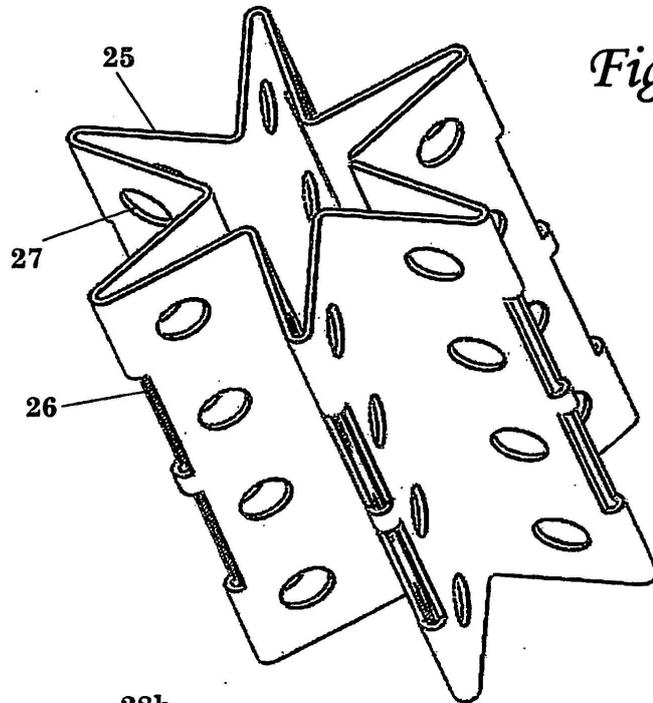
20 Ejemplo 3

25 La Figura 4 ilustra gráficamente los resultados obtenidos en una simulación por ordenador en la que se ensayó la transmisión de calor del aparato de almacenamiento de energía térmica de la invención, y en la que la configuración del aparato simulado de transmisión de energía era la siguiente: el tubo conductor del calor del aparato era un tubo de acero con un diámetro interior de 100 mm y comprendía una pieza de inserción estrellada y alargada de aluminio puro (por ejemplo, aluminio 1100) con 6 puntas de vértice y un espesor de 1 mm. En la simulación se usó aceite SylTherm800 como fluido de transmisión de calor, y la diferencia de temperatura entre el fluido de transmisión de calor y la sal fundida del PCM (NaNO3) era de 10° C.

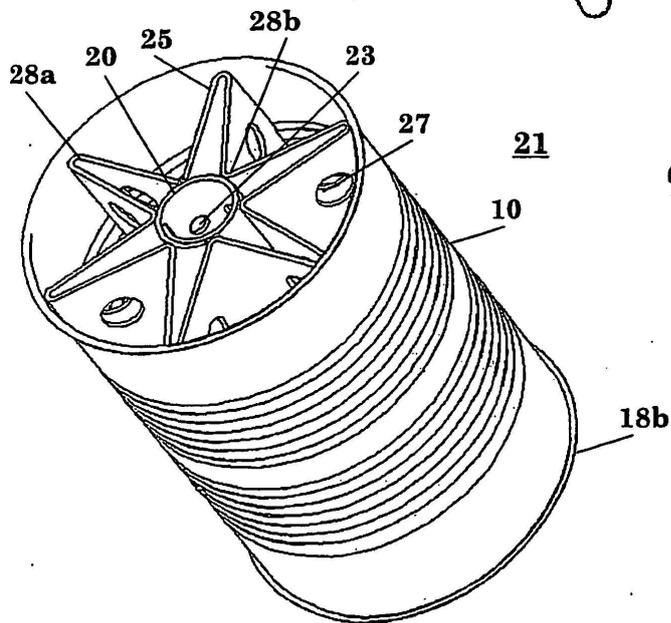
30 La Figura 4 muestra los resultados de la simulación por ordenador en la que las curvas representadas ilustran la tasa de solidificación con el tiempo que representa la potencia extraída del conjunto de tubos. La curva 60 ilustra los resultados obtenidos en una simulación del aparato de transmisión de calor que contenía la pieza de inserción estrellada alargada, y la curva 61 ilustra el resultado en una simulación en la que el aparato de transmisión de energía de la invención contenía solamente la sal del PCM (sin la pieza de inserción de transmisión de calor). El eje vertical del gráfico de la Figura 4 se refiere a los cambios del estado del PCM entre sus estados líquido (1.0) y sólido (0,0)

**REIVINDICACIONES**

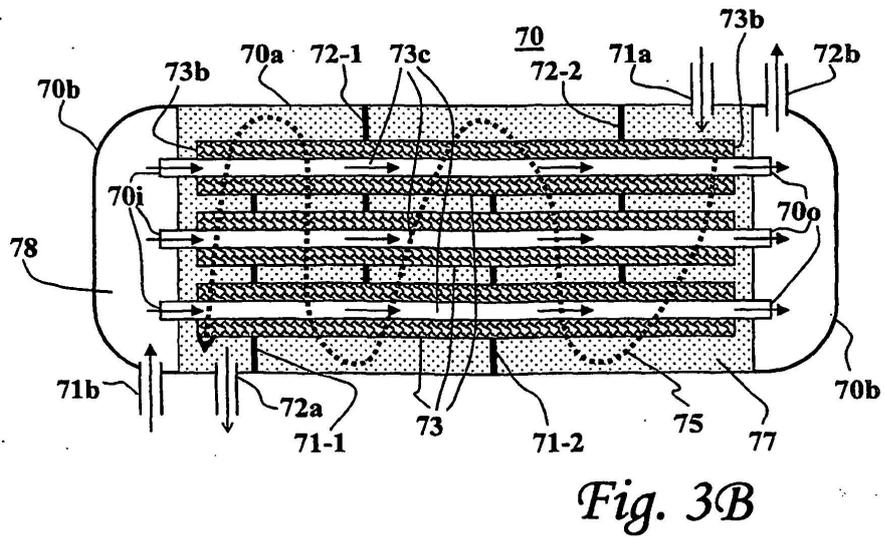
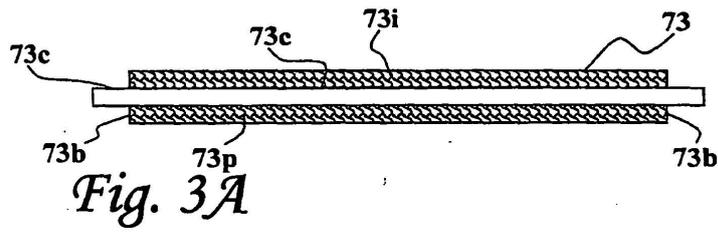
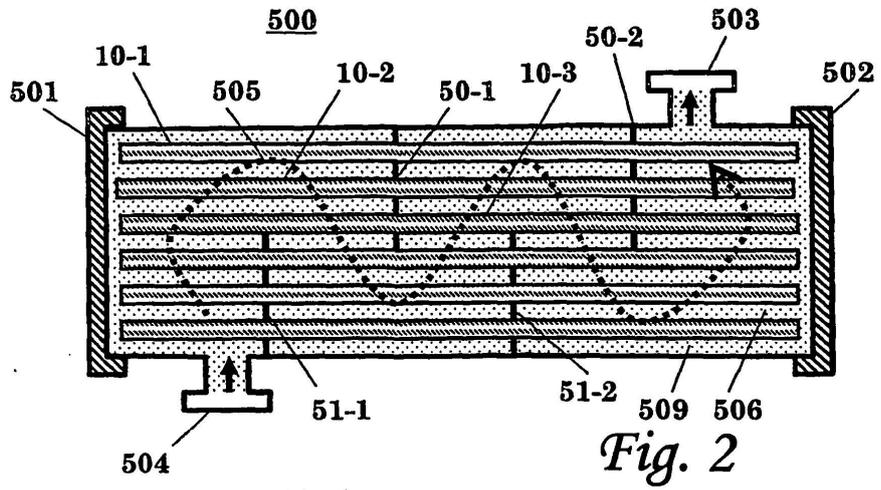
- 5 1.Un aparato de almacenamiento de energía térmica para descargar energía térmica a o de un PCM, que comprende un recipiente alargado (10) conductor del calor que tiene un elemento insertable (25) de transmisión de energía térmica instalado en el mismo, **caracterizado porque** dicho elemento de transmisión de energía térmica está conformado en la forma de un polígono estrellado alargado que tiene una forma de sección transversal de polígono estrellado y un interior hueco, proporcionando de ese modo las puntas de vértice (28 a) de dicha estrella que se presan contra la pared interior de dicho recipiente conductor del calor una pluralidad de caminos de transmisión de calor entre el centro de dicho recipiente y su pared.
- 10 2. El aparato de almacenamiento de energía térmica de la reivindicación 1, que comprende además un miembro central (20) de soporte, en el que la puntas de base (26b) de la estrella alargada están en contacto con él.
- 15 3. El aparato de almacenamiento de energía térmica de las reivindicaciones 1 ó 2, que comprende además unas aberturas (27) de transmisión practicadas en los lados de la pieza de inserción estrellada alargada, o (23) en el miembro central (20) de soporte, para permitir el desplazamiento del PCM a través de las mismas.
- 20 4. El aparato de almacenamiento de energía térmica según las reivindicaciones 1 ó 2, en el que el miembro central (20) de soporte se ha construido de un conducto térmicamente conductor adecuado para hacer pasar un fluido de intercambio de calor a través del mismo.
- 25 5. Un sistema de almacenamiento de energía térmica para descargar energía térmica a o de un PCM, que comprende una vasija (500) aislada térmicamente en la que están instalados los aparatos de almacenamiento de energía térmica (10-1, 10-2, ...) en donde dicha vasija aislada térmicamente comprende al menos una admisión (504) y al menos una descarga (503) para hacer correr un fluido de intercambio de calor (509) a través del interior de dicha vasija, de tal manera que el fluido de intercambio de calor que se ha hecho correr a través de las mismas contacte con las superficies exteriores de dichos aparatos de almacenamiento de energía térmica, y en donde algunos o todos los aparatos de almacenamiento de energía térmica responden a la reivindicación 1.
- 30 6. Un sistema de almacenamiento de energía térmica según la reivindicación 5, en el que los aparatos (73) de almacenamiento de energía térmica comprenden unos conductos centrales (73c) a los que están fijados los elementos de transmisión de energía térmica, sobresaliendo hacia fuera de dichos aparatos de almacenamiento de energía térmica las extremidades de dichos conductos centrales, y en donde la vasija aislada térmicamente comprende además dos cámaras auxiliares (70b) cada una de las cuales está en comunicación para paso de fluidos con dichos conductos centrales a través de sus extremidades sobresalientes para hacer correr otro fluido (78) de intercambio de calor a través de las mismas.
- 35

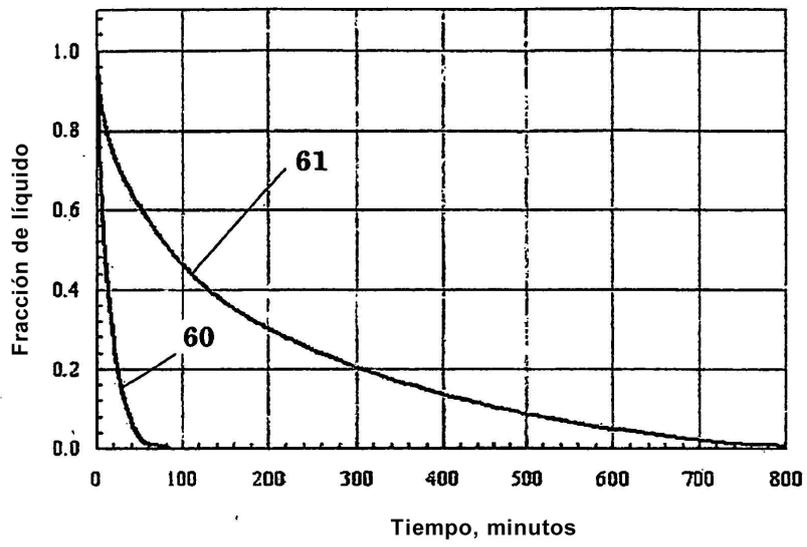


*Fig. 1A*



*Fig. 1B*





*Fig. 4*