

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 921 648**

51 Int. Cl.:

F28F 9/02 (2006.01)

F28D 1/053 (2006.01)

F28D 20/02 (2006.01)

F28F 1/00 (2006.01)

F28D 20/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.01.2017 PCT/EP2017/051117**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.07.2017 WO17125513**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.01.2017 E 17702023 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.04.2022 EP 3405736**

54 Título: **Intercambiador de calor con fluido caloportador con conjunto optimizado y un dispositivo de almacenamiento de energía térmica con material de cambio de fase que comprende dicho intercambiador**

30 Prioridad:

20.01.2016 FR 1650444

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.08.2022

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:

**GARCIA, PIERRE y
NIVELON, PIERRE**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 921 648 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 con fluido caloportador con conjunto optimizado y un dispositivo de almacenamiento de energía térmica con material de cambio de fase que comprende dicho intercambiador

Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere a un dispositivo de almacenamiento de energía térmica con material de cambio de fase según la reivindicación 1.

El campo de la invención se refiere a los sistemas de almacenamiento térmico con materiales de cambio de fase (MCF).

- 10 La invención se refiere más particularmente a la integración de un sistema de almacenamiento térmico en plantas de energía solar concentrada, por ejemplo para plantas de generación directa de vapor, o la explotación de calor residual industrial.

Estado de la técnica

- 15 Los sistemas de almacenamiento térmico ofrecen muchas ventajas para la gestión de las industrias. Por ejemplo, en las centrales solares de concentración, hay un desfase temporal entre el recurso solar disponible y la demanda de energía. Este problema se plantea en todas las unidades de producción de calor intermitente. El desarrollo de sistemas de almacenamiento permite aplazar el uso de la producción de calor recogiendo el calor durante los periodos de alta irradiación solar para liberarlo más tarde durante los periodos sin luz solar o por la noche.

- 20 En la industria de procesos, los sistemas de almacenamiento térmico son un medio para utilizar el calor residual. Este calor, procedente de los residuos térmicos industriales, está disponible a niveles de temperatura entre 30 y 90°C en las industrias alimentarias, de papel y cartón, y químicas, e incluso entre 200-500°C para las industrias del metal, del vidrio y del cemento. Sin embargo, en la mayoría de los casos, los periodos de disponibilidad difieren de los periodos de uso, y sin una solución de almacenamiento, todo el exceso de energía, inutilizable en el momento de su producción, simplemente se desecha al medio ambiente externo (a la atmósfera como efluente gaseoso o a los cursos de agua natural como efluente líquido). Con un sistema de almacenamiento, la energía producida en exceso durante el día podría inyectarse en una red de calefacción urbana en el momento de mayor consumo, por la mañana y por la noche. El almacenamiento de calor también permitiría transportar esta energía a otro centro industrial que necesite un aporte de calor.

Existen diferentes tipos de almacenamiento: sensible, latente y termoquímico.

- 30 El almacenamiento latente utiliza materiales de cambio de fase (MCF) para almacenar el calor. El almacenamiento térmico se consigue mediante la entalpía de cambio de estado. Es la entalpía del cambio de fase, generalmente durante el cambio de estado sólido/líquido, que se almacena. Esta energía, que se absorbe durante la fusión y se libera durante la solidificación, es el resultado del establecimiento, o la ruptura, de enlaces interatómicos o intermoleculares. La carga del sistema de almacenamiento va acompañada de la fusión del material de almacenamiento, mientras que la descarga se consigue mediante la solidificación de dicho material. El material debe seleccionarse cuidadosamente en función de la temperatura objetivo del sistema de almacenamiento, de modo que su temperatura de fusión esté dentro del rango de la temperatura de uso. El cambio de fase líquido-gas es mucho más interesante desde el punto de vista energético, pero las dificultades de aplicación ligadas a la gestión de grandes volúmenes de gas a presión y a alta temperatura limitan su desarrollo.

- 40 El calor intercambiado se denomina entalpía de cambio de fase o calor latente y la cantidad de energía es del orden de 200 J/g, por lo que al utilizar estos MCF sólido-líquido es posible reducir los volúmenes de almacenamiento. Esto reduce la cantidad de material utilizado, lo que disminuye el coste del sistema, y limita la pérdida de calor, que es proporcional a la superficie externa del depósito.

- 45 La densidad de energía puede así duplicarse en comparación con los sistemas sensibles. Es del orden de 15-60 kWh/m³ para los sistemas de almacenamiento sensible y de 60-120 kWh/m³ para los sistemas de almacenamiento latente. Una de las principales ventajas de esta tecnología es que el cambio de fase puede producirse a presión y temperatura constantes. Por lo tanto, la descarga de la energía almacenada tiene lugar a una temperatura constante.

- 50 Sin embargo, la baja conductividad térmica de los MCF, en el rango de 0,2 a 0,5 W/(m.K), limita la transferencia de calor dentro de estos materiales. A continuación, los MCF se introducen en tanques con intercambiadores de mayor superficie, como tubos con aletas circulares o longitudinales para maximizar la transferencia de calor.

La tecnología de intercambiador tipo tubo-calandria es bien conocida. Una calandria por la que circula un fluido es atravesada por un haz de tubos por los que fluye otro fluido. Los dos fluidos intercambian energía por conducción a través del espesor de los tubos. En el caso del almacenamiento térmico se adapta esta tecnología, ya no hay un intercambio entre dos fluidos en movimiento, sino entre un fluido caloportador que circula por los tubos y un MCF

que se fija en la calandria (aparte de los movimientos naturales de convección en la fase líquida). Durante la carga, el fluido caloportador alcanza una temperatura superior a la temperatura de fusión del MCF y libera energía al mismo, provocando su fusión; durante la descarga, el fluido caloportador entra a una temperatura inferior a la temperatura de fusión del MCF y recupera la energía previamente almacenada, provocando que el MCF se solidifique.

Clásicamente, la circulación de fluido en el haz de tubos es de arriba hacia abajo durante la etapa de carga, e inversamente de abajo hacia arriba durante la etapa de descarga. Por lo tanto, los tubos tienen una entrada y una salida en posiciones opuestas y, normalmente, una en la parte superior y otra en la inferior. La conexión de los tubos se realiza por la parte de arriba y por la parte de abajo, por ejemplo mediante un pulpo hidráulico. La conexión de los tubos en sus extremos es voluminosa, generando un volumen muerto en la parte superior e inferior del tanque. Además, el montaje del intercambiador de calor en el tanque requiere una manipulación bastante compleja, lo que supone una pérdida de tiempo y unos costes de fabricación elevados.

Del documento DE 40 06 965 se conoce un intercambiador de calor de alta temperatura que comprende una sal eutéctica capaz de almacenar calor. Los tubos se sumergen en la cámara que contiene la sal eutéctica. Un líquido o un gas, por ejemplo el vapor, fluye por los tubos a alta presión y alta temperatura.

Por lo tanto, existe la necesidad de optimizar los intercambiadores de calor para optimizar el almacenamiento de energía térmica para un dispositivo determinado.

Descripción de la invención

Para ello, la presente invención proporciona un dispositivo de almacenamiento de energía térmica con material de cambio de fase (MCF) según la reivindicación 1.

Según la invención, el fluido caloportador es un fluido bifásico con un estado líquido y un estado gaseoso destinado a circular en el intercambiador. La canalización de distribución y la canalización de recolección están configuradas para desembocar en la parte superior del intercambiador.

Así, la introducción y la evacuación del fluido caloportador en el intercambiador pueden realizarse a través de la parte superior del intercambiador.

Mediante esta disposición de la invención, los volúmenes muertos generados por las conexiones de los tubos del intercambiador se reducen considerablemente. La instalación del intercambiador en un tanque lleno de MCF se ve facilitada por el hecho de que sólo se realiza por solo un lado del intercambiador.

Además, la presencia de un fluido caloportador bifásico líquido/gas en el intercambiador permite un almacenamiento de energía térmica latente más eficiente que el simple almacenamiento de energía sensible. La combinación de un fluido caloportador bifásico con una entrada y una salida del fluido caloportador en la parte superior es particularmente sorprendente. En particular, la gravedad impone una separación natural entre las fases líquida y gaseosa del fluido caloportador, y mantiene la fase líquida en la parte superior y recuperarla es un proceso no obvio.

El intercambiador según la invención permite una disposición en un tanque lleno de MCF de un dispositivo de almacenamiento del que sólo la parte superior y ventajosamente la pared superior está configurada para permitir la entrada y la salida del fluido caloportador del intercambiador.

La fabricación de los tanques y, por tanto, de los dispositivos de almacenamiento, se ha mejorado considerablemente.

Según otro aspecto separable, el dispositivo según la invención comprende una pluralidad de intercambiadores.

Ventajosamente, el dispositivo comprende juntas de dilatación dispuestas entre los intercambiadores y entre los intercambiadores y el tanque, para asegurar ventajosamente la estanqueidad del tanque y compensar ventajosamente las diferentes dilataciones de los intercambiadores. El intercambiador según la invención permite que éste se disponga en apoyo del fondo del tanque, sin requerir una conexión en esta zona.

Según otro aspecto, la invención se refiere a un procedimiento de almacenamiento de energía térmica que comprende una etapa de carga y una etapa de descarga. Para cada etapa, el fluido caloportador se introduce en la parte superior del tanque y se evacúa también desde la parte superior.

Breve descripción de las figuras

Los propósitos, objetos, características y ventajas de la invención se ilustrarán mejor mediante una descripción detallada de una realización de la misma que se ilustra mediante las siguientes figuras adjuntas en las que:

Figura 1: vista en sección longitudinal de un intercambiador de calor según la invención lleno de un fluido caloportador bifásico líquido-gas.

Figura 2: vista superior de un intercambiador según la figura 1.

Figura 3: vista en sección longitudinal de un dispositivo de almacenamiento según la invención que comprende una pluralidad de intercambiadores llenos de fluido caloportador bifásico líquido-gas inmerso en el tanque que contiene un MCF.

5 Figura 4: vista en perspectiva de una realización de un cuerpo de distribuidor y/o cuerpo de colector en forma de placa perforada hexagonal.

Figura 5: vista superior esquemática de varios ejemplos de un tanque de un dispositivo según la invención que comprende varios intercambiadores respectivamente a) 19 intercambiadores, b) 31 intercambiadores, c) 29 intercambiadores.

10 Figura 6: vista superior esquemática de un tanque de un dispositivo según la invención que comprende 37 intercambiadores.

Descripción detallada de realizaciones particulares

Antes de iniciar un examen detallado de las realizaciones de la invención, a continuación se exponen características opcionales que pueden utilizarse de forma combinada o alternativa.

15 Se recuerda en primer lugar que la invención se refiere a un dispositivo según la reivindicación 1.

Ventajosamente, según variantes preferentes pero no limitantes, la invención es tal que :

- la canalización 8 del colector 6 se extiende hacia el distribuidor 5 y es adecuada para la inmersión en el MCF 13.
- los tubos 2 se extienden longitudinalmente entre el distribuidor 5 y el colector 6.
- 20 - los tubos 2 son rectos y paralelos entre sí.
- los tubos 2 se extienden verticalmente.
- el distribuidor 5 comprende un cuerpo 24 formado por una placa tubular perforada en el núcleo que coopera con el primer extremo 3 de los tubos 2.
- 25 - el colector 6 comprende un cuerpo 25 formado por una placa tubular perforada en el núcleo que coopera con el segundo extremo 4 de los tubos 2.
- el cuerpo 24 del distribuidor 5 y el cuerpo 25 del colector 6 son de sección hexagonal.
- el tanque 14 comprende una pared inferior 15, paredes laterales 16 y una pared superior que definen un volumen interior que aloja al menos un MCF 13.
- la canalización 7 del distribuidor 5 y la canalización 8 del colector 6 atraviesan la pared superior del tanque 14 para salir al exterior del mismo.
- 30 - dicho intercambiador 1 está en contacto con la pared inferior 15 del tanque 14.
- el dispositivo comprende juntas de dilatación 20 configuradas para proporcionar un sello entre el distribuidor del intercambiador de calor 1 y el tanque 14.
- 35 - el dispositivo comprende varios intercambiadores 1 yuxtapuestos en el tanque 14 y varias juntas de dilatación 20 dispuestas respectivamente entre los distribuidores 5 de los intercambiadores 1.
- el MCF 13 es un MCF sólido-líquido.

Según otro aspecto, la invención se refiere a un procedimiento de almacenamiento de energía térmica en un dispositivo de la invención que comprende una fase de carga durante la cual:

- 40 - el fluido caloportador entra en el intercambiador de calor 1 por la parte superior a través de la canalización 7 del distribuidor 5, desembocando en la parte superior 17 del tanque 14,
- el distribuidor 5 situado en la parte superior del intercambiador 1 distribuye el fluido caloportador en estado gaseoso a la pluralidad de tubos 2,
- el fluido caloportador en estado gaseoso se condensa en los tubos 2 provocando la fusión del MCF 13,

- el fluido caloportador en forma líquida es recogido por el colector 6 en la parte inferior del intercambiador 1 y es evacuado del intercambiador 1 por la canalización 8 del colector 6 desembocando en la parte superior 17 del tanque 14.

5 Ventajosamente, según variantes preferentes que pueden combinarse o alternarse, pero no limitantes, la invención es tal que:

- el procedimiento comprende una fase de descarga durante la cual:
- el fluido caloportador entra en el intercambiador de calor 1 en la parte superior 17 a través de la canalización 8 del colector 6 desembocando en la parte superior 17 del tanque 14,
- el colector 6, situado en la parte inferior del intercambiador 1, distribuye el fluido caloportador en estado líquido a la pluralidad de tubos 2,
- el fluido caloportador en estado líquido se vaporiza en los tubos 2 provocando la solidificación del MCP 13,
- el fluido caloportador en estado gaseoso es recogido por el distribuidor 5 en la parte superior y es evacuado del intercambiador 1 por la canalización 7 del distribuidor 5 desembocando en la parte superior 17 del tanque 14.
- el fluido caloportador se introduce en el intercambiador 1 y se recupera del intercambiador 1 a través de la parte superior 17 del tanque 14.
- el fluido caloportador está en estado líquido a lo largo de la canalización 8 del colector 6.

20 La invención se refiere a un intercambiador de calor 1 que comprende un fluido caloportador. El intercambiador de calor 1 según la invención está destinado a ser dispuesto en un tanque 14 para formar un dispositivo de almacenamiento de energía térmica. El tanque comprende al menos un MCF 13 y, ventajosamente, el intercambiador de calor 1 está al menos parcialmente sumergido en el MCF 13 contenido en el tanque 14.

El fluido caloportador es preferentemente un fluido bifásico, es decir, está configurado para asumir alternativamente dos fases o estados en las condiciones de funcionamiento de la invención. Según la invención, el fluido caloportador se encuentra en estado líquido y en estado gaseoso en las condiciones de funcionamiento, es decir, temperatura y presión, del intercambiador de calor 1 y del dispositivo de almacenamiento de energía térmica de la invención.

25 El cambio de fase o estado del fluido caloportador se produce durante la carga y descarga del dispositivo de almacenamiento de energía térmica dentro del intercambiador de calor 1 mediante la transferencia de energía térmica entre el fluido caloportador y el MCF 13.

30 Ventajosamente, bajo carga, el fluido caloportador entra en el intercambiador 1 en forma gaseosa, la transferencia de energía se realiza en beneficio del MCF 13 gracias al fluido caloportador que cede su energía térmica. A continuación, el fluido caloportador disminuye su temperatura y cambia de estado a estado líquido a la salida del intercambiador 1. Durante la descarga, el fluido caloportador entra en el intercambiador de calor 1 en forma líquida, la transferencia de energía se realiza en beneficio del fluido caloportador gracias al MCF 13 que cede su energía térmica. A continuación, el fluido caloportador aumenta su temperatura y cambia de estado a estado gaseoso a la salida del intercambiador 1.

35 El almacenamiento de energía latente permite absorber la energía de condensación del vapor del fluido caloportador durante la carga, y liberar el calor latente para evaporar el fluido caloportador líquido durante la descarga. Este procedimiento se realiza ventajosamente sin variación significativa del nivel de temperatura, y ventajosamente, de la calidad de la energía.

40 El tanque 14 contiene al menos un MCF 13. Se pueden utilizar mezclas de MCF 13. En lo que sigue, la referencia a un MCF no es limitante. Pueden utilizarse varios MCF, incluidos los MCF de transición sólido/sólido o, preferentemente, los MCF de transición sólido/líquido. La invención es adecuada para una gran variedad de MCF y, por tanto, para una amplia gama de temperaturas de almacenamiento. Las dos principales categorías de MCF que pueden utilizarse son las orgánicas (parafina, ácido graso, alcohol,...) y las inorgánicas (sales, hidratos de sal, aleaciones metálicas,...). Para las redes de calor de agua sobrecalentada (-180°C), el MCF utilizado tendrá una temperatura de fusión de unos 100-120°C, por ejemplo: eritritol, ácido sebácico, parafina, etc. Se prefiere utilizar un material que no se oxide y que no oxide la estructura metálica del intercambiador 1 o del tanque 14 y que tenga una buena entalpía de masa de cambio de fase y que no sea tóxico. Preferiblemente, el MCF 13 tendrá una buena capacidad calorífica y la mayor conductividad térmica posible.

50 El MCF 13 es un material bifásico, preferentemente sólido y líquido, y la transición entre estas dos fases almacena o libera energía. Preferiblemente, la transición de una primera fase a una segunda fase requerirá calor que, por lo tanto, se almacena en el MCF en su segunda fase. En cambio, la transición de la segunda fase a la primera es exotérmica y libera el calor almacenado.

- 5 Cuando el dispositivo de almacenamiento de energía está operando para almacenar energía térmica, es decir, bajo carga, el intercambiador de calor 1 suministra calor al tanque 14, hay un intercambio de calor del fluido caloportador al MCF 13 a través del intercambiador. Este calor permitirá la transformación del MCF 13 de la primera fase a la segunda fase, que almacenará el calor del fluido caloportador. Cuando el dispositivo está funcionando para liberar energía térmica, es decir, en descarga, el intercambiador de calor 1 enfría el MCF 13, se produce un intercambio de calor desde el MCF 13 al fluido caloportador a través del intercambiador de calor 2, que permite la transición de la segunda fase a la primera. Esta transformación es exotérmica. El calor liberado es recuperado por el fluido caloportador.
- 10 El intercambiador 1 comprende una pluralidad de tubos 2. Ventajosamente, el fluido caloportador circula en el intercambiador 1 y más concretamente en los tubos 2. Es dentro de los tubos 2 del intercambiador 1 donde se produce el cambio de fase del fluido caloportador.
- El intercambiador 1 según la invención está destinado a estar al menos parcialmente sumergido en un tanque 14 que contiene al menos un MCF 13.
- 15 Los tubos 2 comprenden un primer extremo 3 y un segundo extremo 4. Ventajosamente, el primer extremo 3 es adecuado para ser dispuesto en la parte superior del intercambiador 1 mientras que el segundo extremo 4 es adecuado para ser dispuesto en la parte inferior del intercambiador 1. Este es el caso cuando el intercambiador de calor 1 está dispuesto en el tanque 14 del dispositivo, es decir, el primer extremo 3 de los tubos 2 está dispuesto en la parte superior 17 del tanque 14 y el segundo extremo 4 de los tubos 2 está dispuesto en la parte inferior 18 del tanque 14.
- 20 La parte superior se define como la zona situada por encima, a lo largo de un eje vertical, de un plano medio horizontal. La parte superior es preferentemente el tercio superior del tanque 14 o del intercambiador 1 respectivamente.
- La parte inferior es la zona situada por debajo, a lo largo de un eje vertical, de un plano medio horizontal. La parte inferior es preferentemente el tercio inferior del tanque 14 o del intercambiador 1 respectivamente.
- 25 El intercambiador de calor 1 comprende un distribuidor 5 que pone en comunicación fluidica los primeros extremos 3 de los tubos 2 y un colector 6 que pone en comunicación fluidica los segundos extremos 4 de los tubos 2. Todos los primeros extremos 3 de los tubos 2 desembocan en el distribuidor 5. Todos los segundos extremos 4 de los tubos 2 desembocan en el colector 6. Los tubos 2 desembocan en el distribuidor por la parte superior y por la parte inferior en el colector. Es decir, el primer extremo de un tubo está abierto y se encuentra en la parte superior del intercambiador. Este primer extremo está en comunicación fluidica con el distribuidor 5. Es decir, el segundo extremo de un tubo está abierto y se encuentra en la parte inferior del intercambiador. Este segundo extremo está en comunicación fluidica con el colector 6. El distribuidor 5 y el colector 6 tienen un papel funcional en la formación de la red fluidica para la circulación del fluido caloportador en el intercambiador 1. Ventajosamente, el distribuidor 5 y el colector 6 tienen la función mecánica de sujetar y conectar mecánicamente la pluralidad de tubos 2 a cada uno de los dos extremos 3, 4 de los tubos 2. Preferentemente, el distribuidor 5 y el colector 6 comprenden cada uno un cuerpo 24, 25 formado, por ejemplo, por una placa, como se muestra en la figura 4. Esta placa está perforada para permitir la distribución y recogida del fluido caloportador en los extremos de los distintos tubos 2. La placa comprende conductos de circulación de fluido formados longitudinalmente a través del espesor de la placa. El uso de esta placa ayuda a reducir el volumen muerto y a facilitar las conexiones de los tubos.
- 30 El distribuidor 5 está dispuesto en la parte superior del intercambiador y el colector 6 está dispuesto en la parte inferior del intercambiador.
- 35 El distribuidor 5 y el colector 6 aseguran una ventajosa distribución uniforme del fluido caloportador a los tubos 2.
- El cuerpo 24, 25 comprende una pluralidad de pasajes 22 formados transversalmente en el espesor del cuerpo 24, 25 en los que se insertan y sueldan los extremos 3, 4 de los tubos 2. El cuerpo 24, 25 también incluye aberturas 23 que corresponden a las bocas de los conductos de circulación de fluido formados longitudinalmente en el espesor del cuerpo.
- 45 Ventajosamente, los tubos 2 están integrados en el cuerpo 24 del distribuidor 5 y en el cuerpo 25 del colector 6, respectivamente, por sus primeros extremos 3 y por sus segundos extremos 4 que están, por ejemplo, soldados a los cuerpos 24, 25.
- 50 El distribuidor 5 comprende una canalización 7 para la introducción o la salida del fluido caloportador del intercambiador de calor 1, más concretamente de los tubos 2.
- El colector 6 comprende una canalización 8 para la introducción o la salida del fluido caloportador del intercambiador 1, más precisamente de los tubos 2.
- 55 Como se ilustra en las figuras 1 a 3, el distribuidor 5, más precisamente el cuerpo 24 del distribuidor, tiene dos lados: un lado superior y un lado inferior. Los tubos 2 están unidos al distribuidor 5 por su lado inferior. Ventajosamente, la

canalización 7 es integral con el distribuidor 5 en su lado superior. La canalización 7 del distribuidor 5 está dispuesta frente a los tubos 2 en relación con el cuerpo 24 distribuidor 5.

5 Según la invención, la canalización 8 del colector 6 se extiende hacia el distribuidor 5. Como se ilustra en las figuras 1 a 3, el colector 6, más concretamente el cuerpo 25 del colector 6, tiene dos lados: un lado superior y un lado inferior. Los tubos 2 están unidos al colector 6 por su lado superior. La canalización 8 está integrada en el colector 6 en su lado superior. La canalización 8 del colector 6 está dispuesta en el mismo lado que los tubos 2 en relación con el cuerpo 25 del colector 6.

10 Los tubos 2 pueden ser de cualquier sección, con una fuerte preferencia por los tubos 3 de sección circular, que son los más sencillos de diseñar y tienen la mejor resistencia a la presión. La disposición de los tubos 2 también puede variar, puede ser cuadrada, triangular,...

Los tubos 2 pueden ser de acero, las calidades clásicas para una pared presurizada son P235GH, P265GH, P355GH; en ausencia de presión, pueden utilizarse aceros inoxidables 304, 316, aluminio, cobre u otros metales o aleaciones. Se prefiere el acero de bajo coste, fuerte y resistente a la presión, y el aluminio, fácil de trabajar y buen conductor térmico.

15 Clásicamente, los tubos 2 están rodeados por aletas circulares que aumentan la superficie de intercambio de calor o por inserciones de mayores dimensiones que permiten mantener los tubos unidos entre sí.

Las canalizaciones 7 y 8 pueden tener la misma forma que los tubos 2, excepto por la presencia de aletas o inserciones.

20 Ventajosamente, la canalización 7 del distribuidor 5 y la canalización 8 del colector 6 están configuradas para desembocar en la parte superior del intercambiador 1. La canalización 8 desemboca más allá de la parte superior del distribuidor 5. La canalización 8 pasa a través del distribuidor 5 sin estar en comunicación fluidica con él.

Los tubos 2 se extienden ventajosamente de forma vertical. Los tubos 2 discurren longitudinalmente entre el colector 6 y el distribuidor 5, preferiblemente los tubos 2 son rectos y paralelos entre sí.

25 La canalización 8 del colector 6 es ventajosamente paralela a los tubos 2. La canalización 8 se extiende por toda la altura del intercambiador 1.

Preferentemente, las canalizaciones 7, 8 desembocan en la parte superior del intercambiador 1. La superficie superior es la superficie del intercambiador 1 situada por encima del primer extremo de los tubos 2. El lado superior del intercambiador de calor 1 corresponde preferentemente al lado superior del cuerpo 24 del distribuidor 5.

30 Como el intercambiador 1 está dispuesto en un tanque 14, las canalizaciones 7, 8 desembocan en la parte superior del tanque 14. Preferiblemente en la parte superior del tanque 14.

Las conexiones del intercambiador 1 se realizan, por tanto, desde arriba, lo que facilita el montaje del intercambiador 1 en el tanque 14 y su retirada para su reparación o sustitución.

Ventajosamente, el tanque 14 comprende una pared inferior 15, también conocida como fondo, paredes laterales 16 y una superficie superior. La parte superior es opuesta al fondo 15.

35 Según esta disposición ventajosa, el intercambiador 1 está dispuesto directamente en el fondo 15 del tanque 14. Ventajosamente, el intercambiador de calor 1 se apoya en el fondo 15 del tanque 14, por ejemplo mediante unos pies 21, como se muestra en la figura 3.

40 Como se ha mencionado anteriormente, el intercambiador de calor 1 está al menos parcialmente sumergido en el MCF 13. Los tubos 2 están ventajosamente sumergidos en contacto con el MCF 13 para permitir el intercambio de calor. También es ventajoso que la canalización 8 esté sumergida, al menos parcialmente, en el MCF 13.

Característicamente de la invención, la canalización 8 del colector 6 está aislada térmicamente para limitar el intercambio de calor entre la canalización 8 del colector 6 y el MCF 13. La conductividad térmica de la canalización 8 es ventajosamente de 0,02 a 0,1 W/m.K. Por ejemplo, la canalización 8 está rodeada por al menos una capa de material térmicamente aislante 9, como el silicato de calcio.

45 Esta disposición permite que el fluido caloportador que circula por esta canalización 8 de colector 6 no sufra un cambio de fase.

El fluido caloportador se encuentra en estado líquido en el colector 6 y, en particular, a lo largo de toda la longitud de la canalización 8.

50 El intercambiador 1 es, por ejemplo, una unidad hexagonal. La forma del intercambiador de calor 1 está definida, en particular, por la forma del distribuidor 5 y del colector 6, más concretamente por los cuerpos 24, 25 del distribuidor 5 y del colector 6. Como se muestra en la figura 4, el cuerpo del distribuidor 24 tiene una sección transversal

hexagonal que se entiende en un plano perpendicular al eje longitudinal de los tubos 2. Esta forma permite optimizar la disposición de los tubos 2 minimizando las zonas inactivas. El intercambiador 1 está ventajosamente configurado para soportar altas presiones, por ejemplo de 2 a 15 MPa.

5 El tipo de placa ilustrado en la figura 4 presenta las ventajas particulares de minimizar el volumen muerto de fluido caloportador, de facilitar el acceso a las soldaduras de los tubos 2 para las inspecciones reglamentarias y cualquier operación de sellado o taponado de los tubos, de una buena resistencia a la fatiga frente a los ciclos de temperatura y presión y de la posibilidad de automatizar la fabricación, lo que permite realizar economías de escala.

10 Según una realización preferente, el tanque 14 comprende paredes interiores normalmente metálicas. En una posibilidad, las paredes están preferiblemente cubiertas con un material de revestimiento para evitar el contacto entre el al menos un MCF 13 y las partes metálicas. Por ejemplo, el material de revestimiento es un polímero o una resina, preferiblemente un material de tipo resina fluorada como PTFE, FEP o PFA. Esta disposición mejora la capacidad de almacenamiento del MCF al limitar la oxidación del MCF durante los ciclos de almacenamiento en contacto con el oxígeno y/o el metal. Ventajosamente, esta disposición también puede ser útil para evitar la corrosión del tanque por el MCF si éste es corrosivo.

15 Varios intercambiadores 1 pueden colocarse en un tanque 14, ventajosamente de baja presión, que contiene al menos un MCF 13. Ventajosamente, las juntas de dilatación 20 están dispuestas entre los diferentes distribuidores 5. En una posibilidad, el dispositivo comprende juntas de dilatación 20, que se colocan ventajosamente entre los distribuidores 6 de los intercambiadores de calor 1 y el tanque 14, si se requiere una estanqueidad en este punto. Las juntas de dilatación 20 permiten ventajosamente la dilatación térmica diferencial entre los distribuidores 5 y el tanque 14. Como ventaja, las juntas de dilatación 20 también garantizan el sellado del espacio de cielo gaseoso del tanque 14.

Las juntas de dilatación 20 son ventajosamente estancas y tienen preferentemente una elasticidad que les permite absorber las dilataciones térmicas entre los intercambiadores de calor 1.

25 Según esta disposición ilustrada en la figura 3, los distribuidores 5 de los intercambiadores 1 forman la parte superior del tanque 14.

La parte superior 17 del tanque 14, ventajosamente por encima del MCF 13, puede estar ocupada por un cielo gaseoso 19 que comprende un gas inerte que permite limitar los procesos de corrosión.

30 En la figura 3, que ilustra un dispositivo según la invención con un tanque 14 en el que se colocan los intercambiadores 1, 3 de los cuales están representados en su totalidad, y un MCF 13, las flechas indican la dirección del flujo del fluido caloportador durante la fase de carga (condensación del fluido caloportador, fusión del MCF). Las flechas en trazo continuo corresponden al fluido caloportador en estado de vapor, mientras que las flechas en trazo discontinuo corresponden al fluido caloportador en estado líquido. El sentido del flujo se invierte en la fase de descarga (evaporación del fluido caloportador, solidificación del MCF).

35 Durante la etapa de carga, el fluido caloportador en forma gaseosa entra en el intercambiador 1 a través del distribuidor 5 dispuesto en la parte superior 17 del tanque 14. El fluido caloportador entra por la parte superior del cuerpo 24 del distribuidor 5 a través de la canalización 7. El distribuidor distribuye el fluido caloportador de forma homogénea en los tubos 2, donde se condensa, provocando la fusión del MCF 13. El fluido caloportador en estado líquido es recogido en la parte inferior 18 del tanque 14 por el colector 6. El fluido caloportador sale del tanque a través del colector 6 y sube por la canalización 8 del colector 6 antes de ser extraído del tanque 14.

40 A la inversa, en la etapa de descarga, el fluido caloportador en forma líquida entra en el intercambiador 1 a través del colector 6 dispuesto en la parte inferior 18 del tanque 14. El fluido caloportador entra por la parte superior del cuerpo 25 del colector a través de la canalización 8 que desemboca en la parte superior 17 del tanque 14. El colector 6 distribuye el fluido caloportador de forma homogénea en los tubos 2, donde la solidificación del MCF 13 permite la vaporización del fluido caloportador. El fluido caloportador en estado gaseoso es recogido en la parte superior 17 del tanque 14 por el distribuidor 5. El fluido caloportador sale del tanque a través del distribuidor 5 y sube por la canalización 7 del distribuidor 5 antes de ser extraído del tanque 14.

50 Ventajosamente, como se ilustra por ejemplo en la figura 3, el intercambiador 1 comprende un nivel de líquido 12 en los tubos 2 que varía en función de la fase de carga o de descarga, pero que siempre está por encima del colector 6. El nivel de líquido 12 ilustra la separación de las dos fases del fluido caloportador, estando la fase gaseosa, vapor 11, por encima de la fase líquida 10. Así, el fluido caloportador está siempre en estado líquido en el colector 6 y, por tanto, en la canalización 8, y siempre en estado gaseoso en el distribuidor 5.

55 En un tanque 14 que comprende varios intercambiadores 1, la disposición de los intercambiadores 1 puede ser según un esquema hexagonal para minimizar la superficie del tanque 14 y para optimizar el número de intercambiadores 1 en función de la capacidad de almacenamiento requerida. Los intercambiadores de calor 1 están colocados uno al lado del otro en el tanque 14. La forma externa del tanque 14 puede adoptar varios aspectos diferentes, como los que se muestran en la figura 5, que ilustra a) un dispositivo con un tanque 14 de forma

hexagonal regular con 19 intercambiadores 1, b) un dispositivo con un tanque 14 de forma rectangular con 31 intercambiadores 1, c) un dispositivo con un tanque 14 de forma hexagonal alargada con 29 intercambiadores 1

En las figuras 5 y 6, el tanque 14 se ve desde arriba con los intercambiadores 1 que comprenden cada uno una canalización 7 y una canalización 8, estando cada intercambiador unido al intercambiador yuxtapuesto por al menos una junta de dilatación 20.

La ventaja de colocar varios intercambiadores de calor 1 en el mismo tanque 14 es, en particular, reducir los costes del tanque 14. Pero además, el hecho de disponer de un solo volumen de MCF 13, en efecto, para sus aplicaciones de alta temperatura, el llenado del tanque 14 con MCF 13 es una operación costosa y compleja, ya que el MCF 13 debe introducirse en forma líquida, es decir, fundido. El uso de un único tanque 14 permite hacerlo de una sola vez. El aislamiento térmico global del dispositivo mejora gracias a la reducción de la superficie a aislar.

El dispositivo permitirá almacenar energía térmica de un fluido caloportador en rangos de temperatura que pueden estar comprendidos entre 100 y 1000°C, durante un periodo diario, y liberar esta energía en el mismo nivel de temperatura directamente en el mismo fluido caloportador.

El procedimiento de almacenamiento y descarga de energía térmica en un dispositivo como el descrito anteriormente, también denominado procedimiento de carga y descarga de energía térmica, comprende una etapa de carga y una etapa de descarga. Ventajosamente, en la etapa de carga y en la etapa de descarga, la entrada y la salida del fluido caloportador en el intercambiador de calor se realizan en la parte superior de dicho intercambiador 1.

Ejemplo:

Una central de energía solar termodinámica funciona a una presión nominal de 11 MPa. Para poder liberar la cantidad de vapor correspondiente a 6 horas de funcionamiento a plena carga, el almacenamiento debe tener una capacidad de 900 MWht. A los niveles de temperatura y presión a los que se dirige esta solicitud, el almacenamiento por el MCF corresponde a casi el 50% de la capacidad total de almacenamiento, y el NaNO_3 es un MCF interesante. En estas condiciones, el volumen total de NaNO_3 necesario para la central sería de aproximadamente 4400 m³.

Sin embargo, un dispositivo de almacenamiento de tamaño optimizado, compuesto por 217 tubos de 9 m de longitud, por ejemplo, requeriría un volumen de NaNO_3 de 60 m³ por intercambiador. Por lo tanto, se necesitan 74 intercambiadores 1 para alcanzar la capacidad de almacenamiento requerida por la planta de energía solar.

Tabla: Características del almacenamiento MCF para una planta de generación directa de vapor de 50 MWe (sin uso de un fluido caloportador intermedio)

Potencia eléctrica nominal	MWe	50
Potencia térmica nominal	MWt	150
Capacidad de almacenamiento	h	6
Capacidad total de almacenamiento	MWht	900
Capacidad de almacenamiento por MCF	MWht	444
Calor latente MCF (NaNO_3)	kJ/kg	172
Masa total de MCF	t	9300
Volumen total de MCF	m³	4407
Volumen de MCF por intercambiador	m³	60
Número de intercambiadores	-	73,5

Estos 74 intercambiadores podrían dividirse idealmente en 2 tanques de 37 intercambiadores, como se muestra en la figura 6, lo que optimizaría la forma hexagonal del tanque 14.

Referencias

1. Intercambiador

	2. Tubo
	3. Primer extremo
	4. Segundo extremo
	5. Distribuidor
5	6. Colector
	7. Canalización
	8. Canalización
	9. Aislamiento térmico
	10. Líquido
10	11. Vapor
	12. Nivel de líquido
	13. MCF
	14. Tanque
	15. Pared inferior
15	16. Paredes laterales
	17. Parte superior
	18. Parte inferior
	19. Cielo gaseoso
	20. Junta de dilatación
20	21. Pie
	22. Pasaje
	23. Abertura
	24. Cuerpo del distribuidor
	25. Cuerpo del colector

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para almacenar energía térmica mediante un material de cambio de fase (MCF) que comprende al menos un MCF (13) y un tanque (14) destinado a contener el al menos un MCF (13), y al menos un intercambiador de calor (1) que comprende un fluido caloportador, y que se sumerge al menos parcialmente en el tanque (14) que contiene el material de cambio de fase (MCF) (13), que comprende:
 - una pluralidad de tubos (2), comprendiendo cada tubo (2) un primer extremo (3) dispuesto en la parte superior del intercambiador (1) y un segundo extremo (4) dispuesto en la parte inferior del intercambiador (1),
 - un distribuidor (5) dispuesto en la parte superior del intercambiador (1) y que pone en comunicación fluidica los primeros extremos (3),
 - un colector (6) dispuesto en la parte inferior del intercambiador (1) y que pone en comunicación fluidica los segundos extremos (4),
 - el distribuidor (5) comprende una canalización (7) destinada a introducir o evacuar el fluido caloportador en el intercambiador (1),
 - el colector (6) comprende una canalización (8) destinada a introducir o evacuar el fluido caloportador en el intercambiador (1) y que puede ser sumergido en el MCF (13),siendo el fluido caloportador bifásico con un estado líquido y un estado gaseoso y destinado a circular en el intercambiador (1), y desembocando la canalización (8) del colector (6) y la canalización (7) del distribuidor (5) en la parte superior del intercambiador (1), **caracterizado porque** la canalización (8) del colector (6) está aislada térmicamente y se extiende en la dirección del distribuidor (5).
2. Dispositivo según la reivindicación anterior en el que el distribuidor (5) comprende un cuerpo (24) formado por una placa tubular perforada a través del núcleo que coopera con el primer extremo (3) de los tubos (2).
3. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el colector (6) comprende un cuerpo (25) formado por una placa tubular perforada a través del núcleo que coopera con el segundo extremo (4) de los tubos (2).
4. Dispositivo según una cualquiera de las dos reivindicaciones anteriores, en el que el cuerpo (24) del distribuidor (5) y el cuerpo (25) del colector (6) son de sección hexagonal.
5. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el tanque (14) comprende una pared inferior (15), paredes laterales (16) y una pared superior que definen un volumen interior que recibe el al menos un MCF (13).
6. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el MCF (13) es un MCF sólido-líquido.
7. Procedimiento de almacenamiento de energía térmica en un dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprende una fase de carga durante la cual:
 - el fluido caloportador entra en el intercambiador (1) por la parte superior a través de la canalización (7) del distribuidor (5) que desemboca en la parte superior (17) del tanque (14),
 - el distribuidor (5) situado en la parte superior del intercambiador (1) distribuye el fluido caloportador en estado gaseoso a la pluralidad de tubos (2),
 - el fluido caloportador en estado gaseoso se condensa en los tubos (2) provocando la fusión del MCF (13),
 - el fluido caloportador en forma líquida es recogido por el colector (6) en la parte inferior del intercambiador (1) y es evacuado del intercambiador (1) por la canalización (8) del colector (6) que desemboca en la parte superior (17) del tanque (14).
8. Procedimiento según la reivindicación anterior que comprende una fase de descarga durante la cual:
 - el fluido caloportador entra en el intercambiador (1) por la parte superior (17) a través de la canalización (8) del colector (6) desembocando en la parte superior (17) del tanque (14),
 - el colector (6) situado en la parte inferior del intercambiador (1) distribuye el fluido caloportador en estado líquido a la pluralidad de tubos (2),
 - el fluido caloportador en estado líquido se vaporiza en los tubos (2) provocando la solidificación del MCF (13),
 - el fluido caloportador en estado gaseoso es recogido por el distribuidor (5) en la parte superior y es evacuado del intercambiador (1) a través de la canalización (7) del distribuidor (5) desembocando en la parte superior (17) del tanque (14).
9. Procedimiento según una de las dos reivindicaciones anteriores, en el que el fluido caloportador se introduce en el intercambiador (1) y se recupera del intercambiador (1) a través de la parte superior (17) del tanque (14).

10. Procedimiento según una cualquiera de las tres reivindicaciones anteriores en el que el fluido caloportador está en estado líquido a lo largo de la canalización (8) del colector (6).

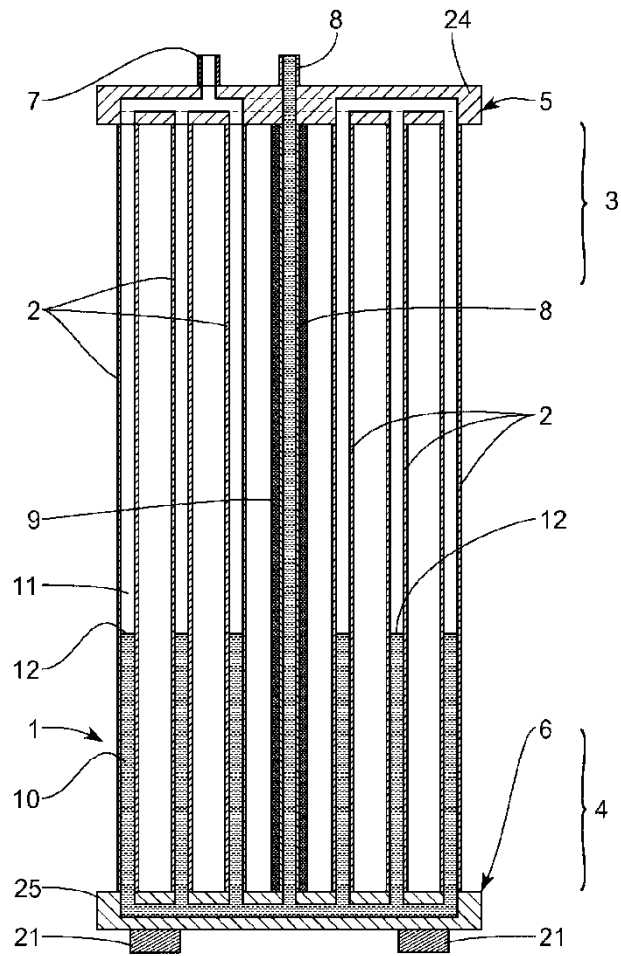


FIG. 1

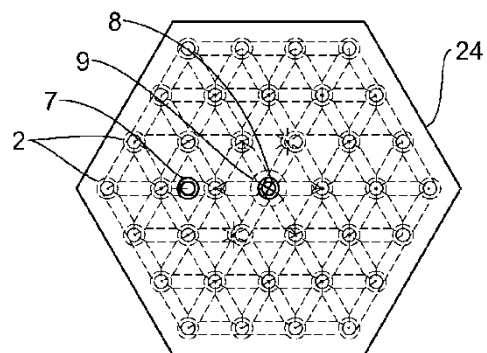
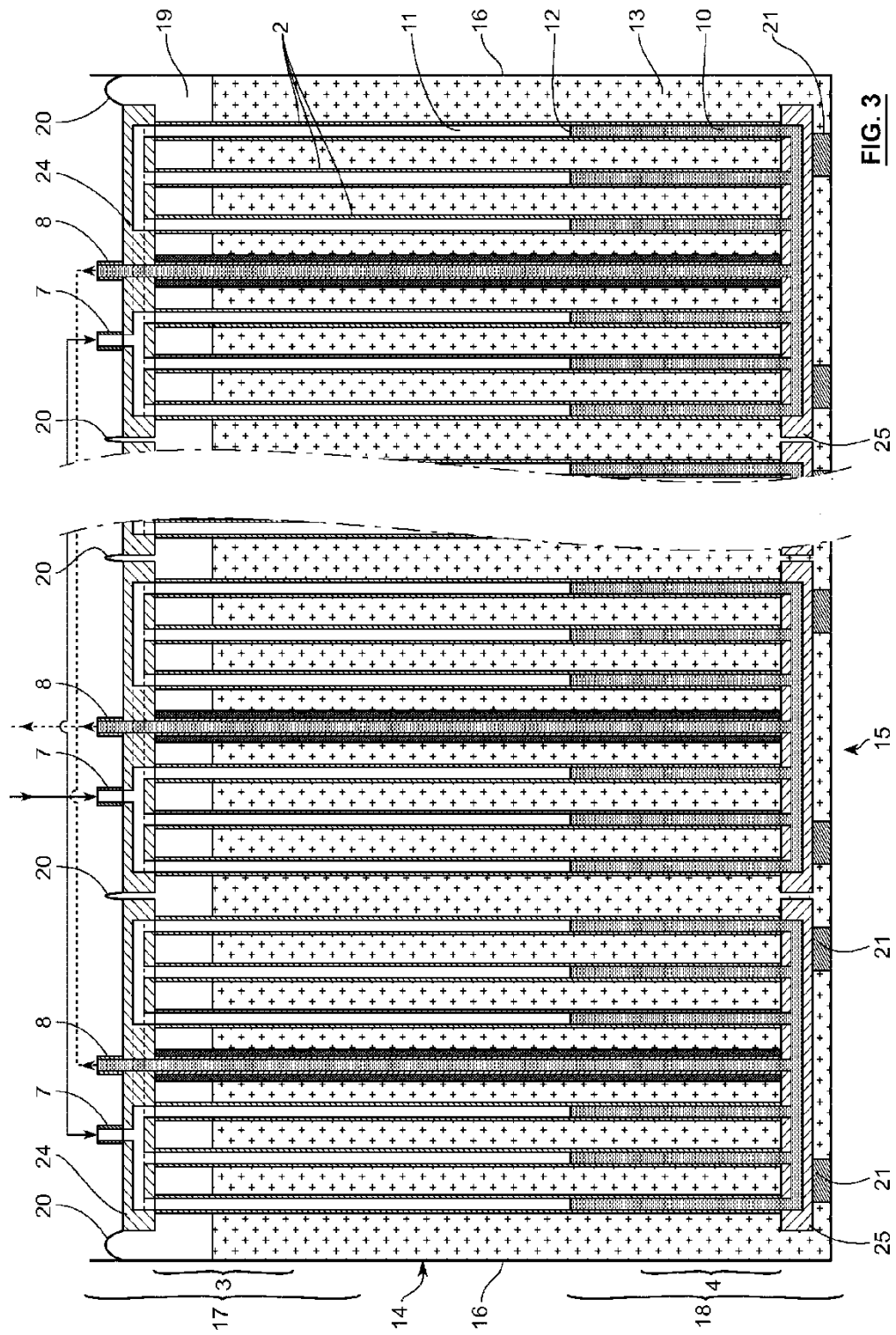


FIG. 2



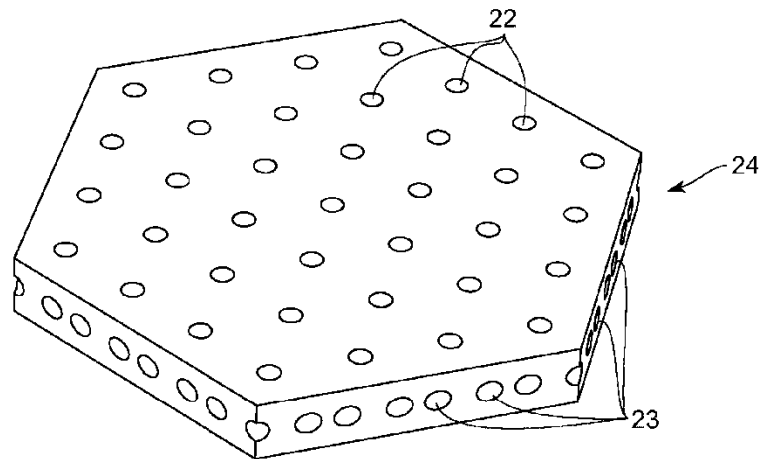


FIG. 4

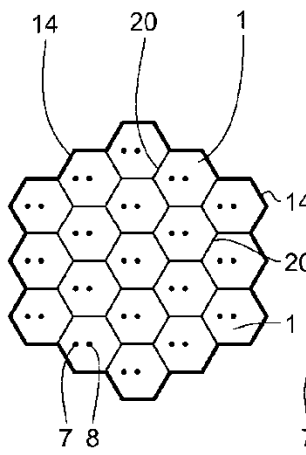


FIG. 5a

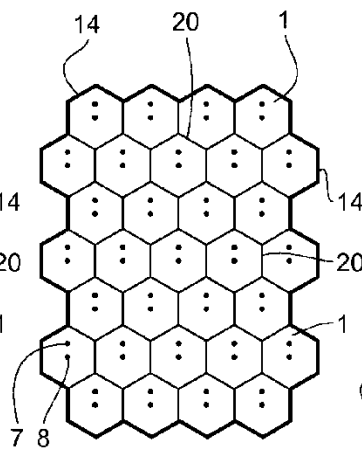


FIG. 5b

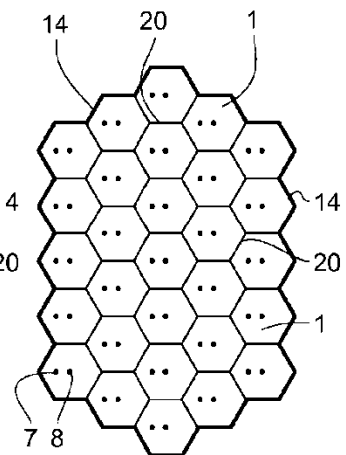


FIG. 5c

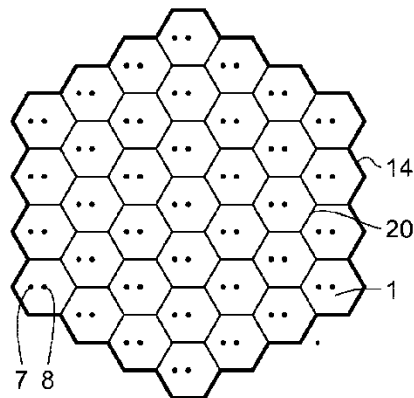


FIG. 6