

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 600 127**

51 Int. Cl.:

F28D 20/00 (2006.01)

F28D 21/00 (2006.01)

F24J 3/08 (2006.01)

F24J 2/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.05.2012 PCT/NO2012/050088**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.12.2012 WO12169900**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.05.2012 E 12797426 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.07.2016 EP 2718652**

54 Título: **Acumulador de energía térmica, planta de acumulación térmica, procedimiento y utilización de los mismos**

30 Prioridad:

09.06.2011 NO 20110839

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

07.02.2017

73 Titular/es:

**NEST AS (100.0%)
Olav Brunborgsvei 4
1396 Billingstad, NO**

72 Inventor/es:

BERGAN, PÅL

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 600 127 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

Acumulador de energía térmica, planta de acumulación térmica, procedimiento y utilización de los mismos

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a acumuladores de energía. Más concretamente, la invención se refiere a acumulador de energía térmica y a un procedimiento para su construcción, a una planta para la producción de energía, a un procedimiento de producción de energía y a la utilización del acumulador de energía térmica. El acumulador de energía térmica comprende un acumulador principal en estado sólido.

Antecedentes de la invención y técnica anterior

10 Los acumuladores de energía térmica pueden ser utilizados para acumular calor cuando el calor es fácilmente disponible y para distribuir calor en periodos de demanda.

Hace tiempo que se conocen diversos acumuladores de calor en estado sólido que utilizan hormigón o roca natural como medio de acumulación. Sin embargo, los medios ineficientes o pocos prácticos para la carga y descarga del calor constituyen el tradicional problema de los acumuladores térmicos en estado sólido.

15 En la publicación de patente DE 10 2009 036 550 A1 la cual divulga un acumulador de energía térmica de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1, se describe un acumulador de calor térmico en estado sólido que presenta una primera parte A y una segunda parte B. Un sistema de tubos para alimentar o extraer calor está dispuesto a través de la primera parte A, para cargar o descargar calor mediante el flujo de un medio de trabajo a través del sistema de tubos. La segunda parte B incluye un medio de acumulación en estado sólido, que puede ser hormigón, el cual es cargado o descargado con energía térmica, esto es, calor. En operación, un fluido de transferencia de calor fluye en contraflujo respecto del fluido de trabajo de la primera parte A con el fin de cargar y descargar el calor y el fluido de transferencia de calor fluye interiormente en canales separados dispuestos a través de la segunda parte B con el fin de descargar o cargar calor, consiguiendo de esta manera calor entre la primera parte A y la segunda parte B. la segunda parte B contiene un cierto número de canales dispuestos para el flujo del fluido de transferencia de calor, los canales están separados de y están dispuestos alejados por una cierta distancia respecto de la primera parte A. El fluido de transferencia de calor fluye por convección forzada o natural. Los canales aumentan la complejidad y reducen los niveles y límites del esfuerzo y del desplazamiento que pueden ser seccionados, limitando con ello la temperatura máxima y la extensión de la temperatura, limitando también la presión del fluido dentro de los canales.

20 Otros acumuladores de calor en estado sólido de la técnica anterior se describen en las publicaciones de patente DE 10211598, EP 0049669, EP 1544562, EP 2273225, US 3381113, US 4219074 y CN 100578133. Dichas publicaciones de patente describen acumuladores térmicos sin un fluido de transferencia de calor separado que pueda fluir por convección natural para transferir calor.

25 La materia objeto de la técnica anterior más próxima, DE 10 2009 036 550 A1, se describe en un artículo de CSP - hoy 12 de marzo de 2010, en el que se describe una temperatura de trabajo de hasta 400° C. Así mismo, se describe el hormigón como medio de la acumulación de calor térmico, pero todos los demás elementos incluyendo los tubos aumentan el coste, lo que se traduce en un coste para grandes plantas solo ligeramente más barato que el de las tecnologías competitivas. La consecución de un acumulador de calor más rentable constituye un desafío clave, otro es la carga y descarga más rápidas del calor.

30 El objetivo de la presente invención es proporcionar un acumulador de energía térmica que sea ventajoso respecto de la tecnología anteriormente mencionada con respecto a los problemas mencionados. Así mismo, el acumulador de calor térmico debe, preferentemente:

- Ser viable para su operación a una temperatura más elevada y a una tensión de fluido más elevada, haciendo así posible la producción de electricidad en una turbina - generador de manera más eficiente
- Ser menos complejo y más compacto
- 35 • Posibilitar la adaptación de materiales utilizados de acuerdo con las necesidades
- Facilitar el fácil mantenimiento y sustitución de las partes
- Ser versátil para el aumento a escala o la reducción a escala cualquier tamaño del acumulador
- Tener una mayor versatilidad, ser viable para dirigir la convección en plantas de energía de acumulación de calor, por ejemplo plantas generadoras de carbón, plantas generadoras nucleares, plantas de quema de residuos y algunas plantas de energía solar (energía solar concentrada), así como redes de energía eléctrica y plantas generadoras de producción de electricidad como por ejemplo plantas de energía solar, plantas de energía eólica y plantas de energía hidráulica

- Ser seguro contra las explosiones y el medio ambiente
 - Ser viable para su operación a de -70 a +700°C
 - Ser posible su utilización virtualmente en cualquier parte y en cualquier topografía
 - Que ofrezca una respuesta más rápida para cargar y descargar energía
- 5
- Permitir el ahorro de producción máxima lo que en otro caso sobrecargaría la red eléctrica o sería desperdiciada y que hiciera posible su distribución cuando la fuente conectada fuera de producción insuficiente o que el precio de la energía fuera elevado, con relación al día, la semana o la estación, manteniendo el equilibrio entre el suministro de energía y la demanda de energía
- 10
- Permitir una red eléctrica de reducción de escala y unos parámetros operativos óptimos de la red eléctrica, incluyendo la reducción de las inversiones de la red a la producción máxima y la infraestructura de transmisión entre regiones y naciones
 - Aumentar la seguridad y de la calidad de la energía

Sumario de la invención

La presente invención es ventajosa con respecto a todas las cuestiones anteriormente mencionadas.

15 La invención proporciona un acumulador de energía térmica, que comprende un material de acumulación de energía térmica en estado sólido, un fluido de transferencia de calor y un medio para la entrada y salida de energía, genuino porque:

el acumulador comprende al menos un recipiente de transferencia de calor,

20 el material de almacenamiento térmico en estado sólido está dispuesto alrededor del recipiente de transferencia de calor, y

el recipiente de transferencia de calor contiene el fluido de transferencia de calor y el medio de entrada y salida de energía, para que toda la convección y conducción de transferencia de calor por el fluido de transferencia de calor tenga lugar dentro del respectivo recipiente de transferencia de calor.

25 El material en estado sólido puede ser cualquier material en estado sólido o combinaciones de materiales en estado sólido que ofrezcan las suficientes capacidad y resistencia de almacenamiento de calor en las condiciones operativas perseguidas, como por ejemplo roca natural, metales y aleaciones, sustratos, hormigón, enlechado, y otros. El fluido de transferencia de calor puede ser cualquier líquido o gas, sin embargo, de modo preferente es un material estable y de baja viscosidad en las condiciones operativas, no tóxico y que ofrezca una elevada capacidad de calor y una gran variación de densidad con temperatura variable y, una capacidad de velocidad de transferencia

30 de calor satisfactoria por convección, por ejemplo aceite térmico o sales fundidas. Los aceites térmicos, particularmente los aceites sintéticos pero también los aceites minerales, se encuentran, en cuanto tales, comercialmente disponibles como aceite para transformadores o motores. Los aceites térmicos en la actualidad se encuentran disponibles para temperaturas de hasta aproximadamente 400° para su operación a la presión atmosférica, sin embargo, el aumento de la presión por encima del fluido de transferencia de calor incrementa la

35 temperatura operativa máxima. Se están desarrollando aceites de rendimiento aún mejores y serán preferentes cuando se encuentren disponibles. Las sales fundidas, naturales o sintéticas, o los metales o aleaciones fundidos son actualmente viables y disponibles para temperaturas en el intervalo entre 400 y 700° C o por encima si se encuentran disponibles fuentes de temperatura más elevadas. Las sales fundidas pueden estar basadas en nitratos de Na, K, Ca, - nitritos u óxidos de difenilo / bifenilo, por ejemplo. El recipiente de transferencia de calor puede

40 adoptar cualquier forma y orientación pero, de modo preferente, presenta la forma y orientación de un cilindro vertical liso o corrugado un conducto o tubo dentro del cual puede estar dispuesta una sección de un circuito de tubos para la entrada y salida de energía, así como un medio de calentamiento eléctrico para la entrada de energía al tiempo que permita la convección natural a través de una gran distancia a lo largo del medio para la entrada y salida de energía y unas paredes del recipiente de transferencia de calor para potenciar al máximo la velocidad de

45 transferencia de calor. Un recipiente de transferencia de calor en el presente contexto significa una cavidad o espacio, un volumen, un hueco únicos sin separar partes, ramales o canales fuera de su superficie interior o de su volumen central, como por ejemplo el interior de un cilindro, conducto o tubo, o una cavidad o un volumen directamente dentro de un bloque de hormigón, una roca u otro material sólido, abierto o cerrado, pero capaz de contener el fluido de transferencia de calor. Esto contradice a las enseñanzas del documento DE 10 2009 036 550

50 A1. Aun cuando el recipiente de transferencia de calor es el volumen interior de un cilindro, conducto, tubo, hueco o cualquier volumen viable en el acumulador sin ramales, el recipiente de transferencia de calor, en el presente contexto, en aras de la claridad, también se describirá con referencia solo a las palabras cilindro, conducto o tubo o secciones de estos. La transferencia de calor tiene lugar en o, más precisamente, a través de los respectivos recipientes de transferencia de calor, lo que significa que el calor es transferido entre el medio para la entrada y la

55 salida de energía y el material de acumulación térmico en estado sólido circundante a través de los recipientes de

transferencia de calor llenos del fluido de transferencia de calor. Toda la transferencia de calor entre el medio de entrada y salida de energía y el material de acumulación térmica en estado sólido, se produce en principio a través de los recipientes de transferencia de calor de volumen único, mediante o a través del fluido de transferencia de calor y, de modo preferente, en esencia, mediante la muy eficaz convección del mecanismo de transferencia de calor. El medio para la entrada y salida de energía operativamente dispuesto dentro del recipiente de transferencia de calor lleno de fluido de transferencia de calor, funciona como un intercambiador de calor eficaz y sencillo. Todas las partes del acumulador presentan su propia capacidad de acumulación térmica contribuyendo a la acumulación de calor. La eficiencia de la transferencia de calor se potencia en formas de realización preferentes mediante la transferencia de calor sustancial por convección, que es un mecanismo de transferencia de calor rápido y eficiente que es suplementario de la conducción y radiación más lentas. Con la solución de la presente invención, se consiguen al mismo tiempo una eficaces carga y descarga de energía y un diseño sencillo, versátil, fácilmente aumentado a escala. Con el acumulador de energía térmica de la invención, toda la transferencia de calor entre el medio para la entrada y salida de energía y el material de acumulación térmica en estado sólido circundante tiene lugar en los respectivos recipientes de transferencia de calor. O, en otras palabras, la carga y descarga de calor, del material de acumulación en estado sólido, se produce mediante la transferencia de calor en el recipiente de transferencia de calor lleno de fluido de transferencia de calor entre el medio de entrada y salida de energía y el material de acumulación térmica en estado sólido circundante.

La forma de realización más sencilla del acumulador de energía térmica de la invención es posiblemente una roca natural o un bloque de hormigón que tenga una única cavidad cuando el recipiente de transferencia de calor dispuesto directamente en el material sólido dentro del cual la cavidad del fluido de transferencia de calor ha sido llenada y un segmento de circuito de tubo ha sido dispuesto como medio para la entrada y la salida de energía. La energía térmica queda así acumulada en la roca natural o en el bloque de hormigón, la cavidad llenada con el fluido de transferencia de calor potencia la tasa de carga y descarga de la energía térmica hacia o desde el segmento del circuito de tubo incrementando la tasa de transferencia de calor mediante la provisión de una transferencia de calor sustancial por convección en el fluido de transferencia de calor, transferencia de calor por convección que viene a añadirse a la conducción y radiación de calor.

Otra forma de realización sencilla del acumulador térmico de la invención es un cierto número de recipientes de transferencia de calor dispuestos lado con lado, a una distancia apropiada en un único bloque de hormigón que puede ser moldeado en una operación, pudiendo el bloque de hormigón ser pequeño o grande. Esta forma de realización puede ser ventajosa debido a su producción sencilla. Por ejemplo, pueden unos tubos de la transferencia de calor preensamblados estar dispuestos lado con lado dentro de los límites exteriores del acumulador, el volumen entre los tubos dentro de los límites exteriores del acumulador pueden ser construidos mediante el vertido de cemento o de enlechado fluido, por ejemplo por bombeo.

El sencillo diseño del acumulador, sin ningún tipo de necesidad de cualesquiera canales o tubos adicionales dentro de las partes del acumulador de calor en estado sólido por fuera de los recipientes de transferencia de calor, facilitan la producción, el ensamblaje, el aumento a escala o la reducción a escala y la versatilidad, así como el mantenimiento, la sustitución de los tubos dañados, y la capacidad para soportar una temperatura y unos gradientes de temperatura elevados sin deterioro.

El acumulador comprende numerosas formas de realización de elementos característicos preferentes algunos de los cuales se describirán a continuación.

El medio para la entrada y salida de energía, de modo preferente, comprende unos tubos dispuestos para el flujo de un fluido más cálido que la temperatura del acumulador para la entrada de energía de calor o un fluido más frío que la temperatura del acumulador para la salida de la energía de calor. Los tubos para la entrada de energía de calor pueden ser los mismos tubos utilizados para la salida de energía, o pueden disponerse bucles o segmentos de circuito de tubos diferentes para la entrada y la salida de energía, de modo pertinente si se utilizan diferentes fluidos como portador de calor para la entrada y salida de energía. Cualquier medio de calentamiento eléctrico viable, como por ejemplo un calentamiento por efecto Joule, cables de calentamiento y termosensores pueden disponerse como medio para la entrada de energía, solos o en combinación con tubos de transporte de fluido. Incluso el fluido dispuesto dentro del recipiente de transferencia de calor puede ser directamente utilizado como medio para distribuir calor o para la extracción de calor. A modo de ejemplo, el calor puede ser distribuido al acumulador haciendo circular el fluido del intercambiador de calor, por ejemplo aceite, mientras el calor puede ser extraído por un bucle de tubos de presión de agua / vapor separado dentro del intercambiador de calor.

De modo preferente, el medio para la entrada o salida de energía comprende un tubo situado dentro del recipiente de transferencia de calor de arriba abajo y de nuevo hacia arriba, de modo preferente, las secciones de tubo del flujo descendente y ascendente están dispuestas separadas por una distancia, con el fin de cargar o descargar el calor a lo largo de la total longitud según queda sumergido dentro del fluido de transferencia de calor. El tubo puede presentar unas corrugaciones u otra estructura que incremente el área de superficie dispuesta longitudinalmente a lo largo de sus partes y una pared de separación entre una parte de las secciones de tubo del flujo ascendente y descendente, con el fin de potenciar la tasa de la transferencia de calor. Como alternativa los tubos están dispuestos en la parte superior y fuera en el fondo del recipiente de transferencia de calor, o enfrente, o dentro y fuera en el fondo de las cavidades. La colocación del tubo dentro y fuera en uno u otro extremo del recipiente de transferencia

de calor es una disposición alternativa. Como alternativa, el medio para la entrada y la salida de energía comprende un tubo exterior colocado dentro del recipiente de transferencia de calor de arriba abajo, donde queda cerrado, y un tubo interior trasero desde cerca del extremo inferior del tubo exterior, donde está abierto, hasta la parte superior, dispuesto concéntricamente en un recipiente de transferencia de calor cilíndrico como un tubo concéntrico en la disposición de tubo. Un diseño concéntrico puede ser preferente con respecto a incluso una distancia radial para la convección y la posibilidad de contar con una forma de realización completamente concéntrica con un único recipiente de transferencia de calor concéntrico, lo que puede ser preferente para las temperaturas más altas debido a los perfectos perfiles de temperatura simétricos circulares sin anomalías.

El medio para la entrada y la salida de energía, de modo preferente, comprende unos tubos que conducen agua supercrítica, vapor, agua, aceites térmicos sintéticos o naturales, sales fundidas y sintéticas o naturales, gas de combustión o gas de escape. De modo preferente, los tubos o las partes del circuito de tubos para la entrada o salida de energía, están pertinentemente provistos de un medio para corregir su posicionamiento dentro de los recipientes de transferencia de calor, como por ejemplo estructuras separadoras, como por ejemplo abrazaderas separadoras dispuestas a intervalos de elevación. Una ventaja concreta de la presente invención es que el sistema puede ser directamente conectado para utilizar el típico fluido calentado suministrado por las plantas generadoras como por ejemplo el agua calentada, el vapor y el agua supercrítica. Las plantas generadoras de carbón modernas pueden proporcionar agua supercrítica a 375 - 700° C, que es preferente cuando se encuentra disponible. Las plantas generadoras nucleares proporcionan vapor o agua a 150 - 300° C, lo que es preferente cuando se encuentran fácilmente disponibles. Las plantas de quema de residuos y las plantas de energía verde proporcionan vapor o agua a diferentes temperaturas y presiones dependiendo de la tecnología utilizada. Las plantas de energía solar pueden proporcionar aceites calentados o sales fundidas las cuales pueden ser intercambiadas por calor con agua - vapor para producir electricidad. Los tubos viables de pequeño diámetro para una elevada temperatura y una alta presión y los empalmes y las válvulas se encuentran fácilmente disponibles, por ejemplo a base de acero ferrítico. Las temperaturas y presiones altísimas pueden requerir el uso de las llamadas superaleaciones. La conexión directa del agua supercrítica o del vapor de alta presión caliente es eficaz dado que no se requiere una ulterior transformación de energía para cargar o descargar la energía térmica, y los intervalos de la temperatura y presión más elevados para la entrada de calor térmico según se encuentran disponibles en las plantas de carbón y de energía nuclear modernas, pueden ser utilizados para operar generadores eléctricos accionando turbinas eficientes. Los elementos o dispositivos de calentamiento eléctrico, los medios de calentamiento por efecto Joule, como por ejemplo, varillas o cables de calentamiento, se incluyen, de modo preferente, para formas de realización con aceite, sal fundida o metales en los tubos de entrada o salida o en las cavidades de transferencia de calor, para mantener dichos materiales en estado fluido en el caso de una parada de larga duración, y, así mismo, o como alternativa, unas vasijas de acumulación en las que dichos fluidos puedan solidificarse con seguridad pueden estar operativamente conectadas para acumular dichas sales o fusiones.

De modo preferente, el recipiente de transferencia de calor es un cilindro, conducto o tubo dispuesto verticalmente con una parte superior que se extiende hacia arriba en un lado superior del acumulador y con una brida, tapa o capuchón o elemento similar en el extremo superior a través del cual están dispuestos los medios para la entrada y salida de energía en forma de tubos de alta presión de pequeño diámetro, el recipiente de transferencia de calor es llenado con aceite térmico u otro fluido de transferencia de calor hasta al menos un nivel igual al material sólido circundante, la parte de más arriba es completamente llenada o llenada de vapor y, de modo preferente, presenta unos sensores y unos medios para la detección y el tratamiento de fugas dispuestos con el fin de detectar y tratar cualquier fuga procedente de los medios para la entrada y salida de calor. Así mismo, el extremo inferior del recipiente o conducto puede comprender una brida, tapa o elemento similar. De modo preferente, unos orificios de alimentación o manguitos están dispuestos en dichas bridas para alimentar los conductos de alta presión y los termosensores de calor opcional como medio para la entrada y salida de energía, y también un medio de sensor, el recipiente se llena de aceite térmico y, de modo preferente, es mantenido a una presión inferior a 20 bares, de modo más preferente inferior a 8 bares, de modo aún más preferente a la presión atmosférica, el medio sensor controla la presión u otros parámetros indicativos de fugas a partir de los conductos de alta presión.

El material del acumulador térmico en estado sólido, de modo preferente, comprende enlechado y hormigón, el hormigón forma una unidad de acumulación básica y comprende una o más cavidades o canales orientadas verticalmente cada una de las cuales contiene un recipiente de transferencia de calor en forma de cilindro, tubo o conducto o una sección de estos, alrededor del cual el enlechado está dispuesto, llenando el enlechado el volumen dispuesto entre la superficie del recipiente y el hormigón. El número escogido de canales y de recipientes de transferencia de calor dispuestos dentro de una unidad depende del rendimiento deseado de carga y extracción de calor así como de las extensiones específicos y del diseño físico de cada recipiente de cambio de calor. El enlechado tiene dos funciones principales: proporcionar un enlace continuo entre el intercambiador de calor y el material en estado sólido principal y, en segundo lugar, facilitar el uso de un material de rendimiento potenciado en la zona térmica más crítica. El enlechado es típicamente un mortero o pasta de hormigón de gran calidad, de gran resistencia que proporciona una resistencia mejorada incluso con variaciones de alta temperatura o de gran temperatura asegurando al tiempo un contacto directo sin ningún espacio entre el conducto y el hormigón, proporcionando tanto una resistencia mecánica mejorada como una elevada conductividad térmica. El acumulador, de modo preferente, comprende un enlechado con fibras reforzado de gran resistencia entre los recipientes de transferencia de calor y el hormigón reforzado de alta resistencia con barras o fibras de gran resistencia, gran

densidad, el hormigón, de modo preferente comprende, una estructura de refuerzo prefabricada. Las fibras son fibras, por ejemplo, de acero, carbono o basalto. Las barras de refuerzo pueden, de modo similar, estar fabricadas en acero o en fibras de carbono o basalto en haces. De modo preferente, el acumulador no contiene agregados desfavorables para un servicio a altas temperaturas, como por ejemplo SiO_2 . Sin embargo, el basalto, la serpentina, la magnetita y la olivina son ejemplos de agregados de rocas que pueden ser aceptables para una operación a muy altas temperaturas debido a la conducción de calor y a la capacidad de calor elevadas.

De modo preferente, un número preferente de unidades de hormigón están dispuestas unas encima de otras. Las cavidades y canales están alineadas y se extienden desde la superficie superior de la unidad de más arriba hasta al menos una parte inferior de la unidad de más abajo, el conducto o tubo superior termina con unas tapas, esto es, los recipientes de transferencia de calor, se extienden hacia arriba sobre el hormigón, la pluralidad de unidades de hormigón forman una pila de unidades de hormigón, diversas pilas están dispuestas lado con lado dentro de las paredes, suelo y techo de aislamiento térmico, los extremos de los conductos o tubos superiores son, sin embargo, fácilmente accesibles desde la parte superior levantando el aislamiento, de manera opcional el aislamiento está dispuesto entre pilas o grupos de pilas con el fin de proveer zonas de temperatura diferentes dentro del acumulador. Sin embargo, espacios libres de dimensión apropiada para evitar el contacto están convenientemente dispuestos entre pilas de unidades de hormigón, haciendo posible la expansión y contracción térmicas y proporcionando algunas rutas de aislamiento y escape de humedad. El aislamiento térmico puede ser de utilidad por diversas razones y preferente cuando una parte del acumulador es operado a una temperatura operativa diferente, como por ejemplo a una temperatura operativa elevada viable para la operación de un generador de turbina - eléctrico concreto. El acumulador típicamente estará situado en un edificio u otra estructura y estar conectado a varias fuentes y a varios usuarios, cada uno suministrando o utilizando calor a diferentes temperaturas que pueden incorporar unas partes correspondientes del acumulador asignado. En otra forma de realización preferente, el acumulador está parcial o completamente dispuesto enterrado.

De modo preferente, la distancia entre el medio para la entrada y salida de energía y la pared interior de un recipiente de transferencia de calor orientado verticalmente lleno de fluido está adaptado para constituir una componenda entre la velocidad de transferencia de calor máxima por convección y conducción y el coste asociado. Una transferencia de calor a una distancia demasiado corta se produce principalmente mediante conducción y posiblemente alguna radiación, en una convección a una distancia apropiada resulta dominante y potencia la velocidad de transferencia de calor. Un intercambiador de calor de mayor tamaño significa un área de superficie mayor para transferir calor al sólido circundante. Pero unas cavidades de transferencia de calor grandes significa más aceite térmico expansivo o que debe ser llenado otro fluido expansivo dentro del espacio anular dispuesto entre los conductos de conducción de energía térmica y la pared interior del recipiente de transferencia de calor. La simulación o las pruebas numéricas relevarán las dimensiones apropiadas de los fluidos de transferencia de calor relevantes, las dimensiones del recipiente de transferencia de calor y las transferencias operativas de acuerdo con las características operativas en blanco del acumulador. Como punto de arranque, la anchura del espacio anular lleno de fluido de transferencia de calor radial del recipiente de transferencia de calor debe ser de 2 a 10 veces el diámetro de los conductos para la entrada y salida de energía.

El acumulador está de modo preferente adaptado para operar a una temperatura en el intervalo de -70 a $+700^\circ\text{C}$, por ejemplo de 0 a -650 o de 60 a 600°C , en un intervalo de temperaturas dinámico que puede variar ampliamente y ser muy extenso. El intervalo de temperatura dinámico Δt puede ser de ≥ 50 , 100 , 200 o incluso 400°C . Ningún acumulador de calor comparable anteriormente conocido, por lo que sabemos, opera en unos intervalos de temperatura tan amplios sin agrietamientos, fugas u otros problemas operativos indebidos. La temperatura operativa y el intervalo de temperatura dinámico pueden variar ampliamente de acuerdo con las fuentes y los usuarios conectados, dentro del intervalo estimado más amplio realista actual de temperatura de -70 a $+700^\circ\text{C}$. En principio, hay limitaciones con respecto a los materiales, los aceites térmicos y las sales fundidas las que limitan la temperatura y los intervalos operativos. En un diseño practico se escogen unos parámetros de acuerdo con los parámetros operativos definidos por el tipo de fuentes y turbinas conectados, que rigen las temperaturas del fluido que fluye dentro y fuera del acumulador, y del intervalo de temperaturas dinámicas resultantes, que requieran unas elecciones apropiadas con respecto a los materiales y a la forma. Se encuentran comercialmente disponibles unos materiales de hormigón, enlechado, conductos y cilindros. De modo preferente, el acumulador comprende o está conectado a unos conductos y a unas válvulas dispuestas como cabezales de tubos o colectores para que fluya el fluido a través de los conductos para la entrada y salida de energía, en serie o en paralelo, controlables por válvulas. Para acumuladores de energía con varios recipientes de transferencia de calor el flujo a través de tuberías de entrada y salida puede disponerse en paralelo con el fin de conseguir que el calentamiento y el enfriamiento sean lo más óptimo posible. De modo preferente, el acumulador comprende o está conectado a un medio para el acondicionamiento del fluido de transferencia de calor, como por ejemplo un condensador de vapor y una bomba de un bucle de acondicionamiento. El control de la presión de vapor es crucial para la seguridad. Pueden requerirse disposiciones similares también para el fluido de conducción de energía dentro de los conductos para la entrada y salida de energía, dependiendo de la elección del fluido y de los parámetros operativos. Las válvulas y los conductos de seguridad que dirigen cualquier fuga de fluido caliente hasta un emplazamiento seguro están, de modo preferente, dispuestos sobre las tapas o las bridas dispuestas en la parte superior, de manera opcional, también en el fondo de los recipientes de transferencia de calor. De modo preferente, todas las válvulas y bombas están dispuestas por fuera de las tapas y bridas de la parte superior de los recipientes de transferencia de calor, mientras

que las conexiones de los conductos están dispuestas en las tapas o bridas, como orificios roscados, por ejemplo, y unos medios sensores están dispuestos en el recipiente de transferencia de calor pero conectado a la tapa o brida. Esto representa una enorme ventaja en cuanto se mejora la accesibilidad, lo que se traduce en una operación y mantenimiento más fáciles.

5 La invención provee también un procedimiento de construcción de un acumulador de energía térmica de acuerdo con la invención, disponiendo un cierto número de recipientes de transferencia de calor verticalmente orientados en el acumulador, y vertiendo en lechado o cemento en el volumen por fuera de dichos recipientes hasta un nivel próximo a los extremos superiores de dichos recipientes. Esto proporciona una enorme ventaja respecto de los acumuladores térmicos de la técnica anterior, lo que quedará esclarecido a partir del análisis posterior. Para formas de realización típicas del procedimiento, los recipientes de transferencia de calor están dispuestos en canales a través de bloques de hormigón apilados y el enlechado es vertido dentro de los volúmenes anulares entre los recipientes y los bloques. Esto asegura un íntimo contacto favorable para la conducción de calor y hace posible la utilización de un enlechado de gran calidad adaptado dentro de los volúmenes anulares donde los esfuerzos térmicamente inducidos son más elevados.

15 Sin embargo, una forma de realización simple del procedimiento consiste en disponer un cierto número de recipientes de transferencia de calor lado con lado a una distancia apropiada en un único bloque de hormigón que pueda ser moldeado en una operación, pudiendo el bloque de hormigón ser pequeño o grande. La estandarización de esta forma de realización puede ser ventajosa debido a su producción sencilla. Por ejemplo, pueden ser preensablados tubos de recipiente de transferencia de calor dispuestos lado con lado dentro de los límites exteriores o encofrado del acumulador, el bloque de hormigón simple puede ser construido vertiendo cemento o enlechado de fluido, por ejemplo bombeando, en el volumen dispuesto entre los tubos dentro de los límites del acumulador exteriores. Los recipientes de transferencia de calor pueden ser utilizados para el control de la temperatura, por ejemplo el enfriamiento de un bloque grande de hormigón durante el proceso de construcción. Los canales o los espacios libres divisorios para la expansión y contracción térmicas, y el escape de agua que no esté químicamente limitado, pueden, de modo preferente, quedar dispuestos en un gran acumulador. Unos separadores apropiados pueden ser utilizados como cimentación pertinente. En una forma de realización preferente, los tubos de los recipientes de transferencia de calor son distribuidos a pie de obra con unos segmentos de circuito de conducto para la entrada y salida de energía preinstalados, de modo preferente con conexiones fácilmente disponibles bajo la protección de unas cubiertas dispuestas en los extremos superiores de los recipientes y, posiblemente, los recipientes son prellenados con el fluido de transferencia de calor.

En una forma de realización preferente del procedimiento, los bloques de unidades con canales verticales distribuidos entre una cara superior y una inferior son fabricados en primer lugar, presentando un recipiente de transferencia de calor un diámetro menor que los canales, están dispuestos en los respectivos canales, el enlechado es vertido dentro de los volúmenes entre los recipientes y las superficies de los canales de hormigón, y el medio para la entrada y salida de energía y los medios de sensor quedan dispuestos dentro de los recipientes y dichos medios están dispuestos de manera liberable y conectados a una tapa de los respectivos recipientes de transferencia de calor. El fluido de transferencia de calor también es situado dentro de dicho recipiente, y unos separadores para posicionar el segmento de circuito de conductos para la entrada y salida de energía y unas válvulas de control y otros medios para la operación y control están previstos y operativamente dispuestos. Los bloques de las unidades de hormigón están, de modo preferente, prefabricados y con un tamaño y un peso apropiados para su manejo mediante una grúa a pie de obra normal de un edificio.

La invención también proporciona una planta para la producción de energía, que comprende una fuente de energía y unos medios para la distribución, consumo y producción de energía, estando la fuente y los medios operativamente dispuestos. La planta es genuina en el sentido de que un acumulador de energía térmica está operativamente dispuesto entre dicha fuente y dichos medios, el acumulador comprende un material de acumulación térmica en estado sólido, un fluido de transferencia de calor, y unos medios para la entrada y salida de energía, comprendiendo además el acumulador un recipiente de transferencia de calor, estando el material de acumulación térmica en estado sólido dispuesto alrededor del recipiente de transferencia de calor, y el recipiente de transferencia de calor contiene el fluido de transferencia de calor y los medios para la entrada y salida de energía, para que toda la convección y las conducciones de transferencia de calor por el fluido de transferencia de calor tenga lugar dentro de los respectivos recipientes de transferencia de calor. La planta de la invención comprende el acumulador de energía térmica de la invención operativamente dispuesto hacia un cierto número de fuentes y un cierto número de usuarios.

La fuente de energía sobre la planta es una fuente térmica o una fuente eléctrica, o una combinación de ambas. Por ejemplo, en una forma de realización preferente, un cierto número de fuentes están conectadas, en concreto unas fuentes térmicas, a diferentes temperaturas de suministro y unas fuentes eléctricas, el acumulador de calor está adaptado para acumular calor a diferentes temperaturas en diferentes zonas, las zonas pueden ser separadas por aislamiento o por espacios de aire, y diversos medios de distribución, consumo y producción están conectados, incluyendo combinaciones de generador de turbina - eléctricos para cada fluido utilizado para la entrada y salida de energía, por ejemplo agua supercrítica y vapor, respectivamente, y unas tuberías para el calentamiento sectorial y la provisión de vapor a la industria.

5 La planta o el acumulador pueden, en un modo especial de utilización, ser utilizadas fundamentalmente como un intercambiador de calor entre diferentes fluidos más bien que para la acumulación de energía. Por ejemplo, se puede hacer circular un aceite térmicamente calentado, como por ejemplo distribuido a partir de una planta de energía solar concentrada, dentro de los recipientes del intercambiador de calor donde es fundamentalmente cambiado térmicamente de forma directa con el agua / vapor que se hace circular dentro del sistema de conductos internos.

10 La invención también proporciona un procedimiento de producción de energía de una planta de acuerdo con la invención, genuina mediante la acumulación de energía en periodos de producción máxima, precio de mercado bajo o producción en exceso y la distribución de energía en periodos de producción baja o de elevado precio del mercado. En una forma de realización preferente de procedimiento, mediante el cual un cierto número de fuentes están conectadas a la planta, las fuentes presenten unos ciclos fuera de fase para su producción y coste, de manera que se escoja una fuente para el acumulador cuando dicha fuente está en un modo de producción máxima, de producción en exceso o de un precio de energía bajo.

15 Así mismo, la invención permite el uso de un acumulador de acuerdo con la invención, en cualquier forma de realización de la misma, o una planta de acuerdo con la invención, en cualquier forma de realización de la misma, para la acumulación de energía a partir de fuentes de energía en periodos de producción máxima o en exceso o en periodos de un precio de mercado bajo, para distribuir dicha energía en periodos de suficiente producción o de precio de mercado elevado. La utilización de acuerdo con la invención se traduce en una o más de estas ventajas: reduce la demanda de la capacidad de transferencia de la red de energía eléctrica, aumenta la seguridad del suministro de energía y el consumo eléctrico máximo puede incrementarse sin sobrecarga de la red.

20 La invención puede también desempeñar la importante finalidad de proporcionar la seguridad del suministro de energía mediante la acumulación de diversos tipos de fuentes de energía renovables como por ejemplo viento, olas, corrientes oceánicas y solar, las cuales pueden presentar unas prestaciones hasta cierto punto impredecibles de distribución de energía. Dichas capacidades de acumulación de energía por parte de la invención pueden resultar particularmente importantes en el futuro en cuanto puede esperarse que se produzca una cuota creciente de suministro de energía procedente de fuentes renovables. Así mismo, es digno de destacarse que la invención está adecuadamente indicada en conexión con una fuente de calor geotérmica la cual por medio de la acumulación de calor por la noche puede incrementar la producción de energía durante el día.

30 El acumulador de energía térmico de la invención evidentemente resulta ventajoso también utilizado como acumulador de frío. En climas cálidos y países desarrollados una parte muy significativa del consumo de energía está destinada al enfriamiento, el acumulador de la invención puede acumular energía a una baja temperatura (sumidero de energía) para la distribución como fluido frío con fines de enfriamiento o acondicionamiento del aire, a un coste reducido

Figuras

35 La invención se ilustra con 8 figuras, de las cuales:

La Fig. 1 ilustra una forma de realización de un acumulador de acuerdo con la invención,

la Fig. 2 ilustra otra forma de realización de un acumulador de acuerdo con la invención,

la Fig. 3 ilustra la forma en que los conductos para la entrada y salida de energía pueden quedar dispuestos para un acumulador de acuerdo con la invención,

40 la Fig. 4 ilustra la forma en que puede un refuerzo quedar dispuesto en un bloque de hormigón en un acumulador de acuerdo con la invención,

la Fig. 5 ilustra una forma de realización de un acumulador de la invención,

la Fig. 6 ilustra una planta de la invención,

la Fig. 7 ilustra otra forma de realización de una planta de la invención,

45 la Fig. 8 ilustra otra forma de realización adicional de una planta de la invención,

las Figuras 9 - 13 ilustran algunas disposiciones diferentes de los medios para la entrada y salida de energía del recipiente de transferencia de calor, y

la Figura 14 ilustra uno de los procedimientos para el moldeo de un bloque de unidades de hormigón para un acumulador de calor de la invención.

50 **Descripción detallada**

Se hace referencia a la Fig. 1, que ilustra una sencilla pero eficaz forma de realización de un acumulador de la invención. Un acumulador de energía térmica y una unidad 1 de cambio de calor se ilustran en sección longitudinal y en sección transversal. El acumulador comprende un material 2, 4 de acumulador térmico en estado sólido, más concretamente el hormigón 2 y el enlechado 4 en la forma de realización ilustrada, un fluido 3 de transferencia de calor y unos medios para la entrada y salida 5 de energía, esto es, unos conductos de presión en la forma de realización ilustrada. El número de conductos de presión puede variar de acuerdo con la aplicación. El acumulador comprende además al menos un recipiente 6 de transferencia de calor, como una sección de un cilindro o conducto en la forma de realización ilustrada. El material del acumulador térmico en estado sólido, el enlechado 4 del hormigón 2, está dispuesto alrededor del recipiente 6 de transferencia de calor. El recipiente 6 de transferencia de calor contiene un fluido 3 de transferencia de calor y el medio para la entrada y salida 5 de energía, para que toda la convección y conducción de transferencia de calor por el fluido de transferencia de calor tenga lugar dentro del recipiente de transferencia de calor frente a las soluciones de la técnica anterior. La parte de entrada y la parte de salida del conducto 5, con el flujo descendente y ascendente, respectivamente, pueden, de modo preferente, estar dispuestas con una distancia de separación para las condiciones de convección óptimas. En operación, el conducto contendrá un fluido más caliente o más frío que el fluido de transferencia de calor circundante, dependiendo del modo de operación, que esté cargando o descargando calor. Durante la carga de calor, los conductos están más calientes que el fluido de transferencia de calor que es más caliente que la pared del recipiente de transferencia de calor que es más caliente que el enlechado, por consiguiente la convección es de tal naturaleza que el fluido de transferencia de calor principalmente fluye hacia arriba a lo largo de los conductos 5 más calientes y hacia abajo de la pared del recipiente 6 de transferencia de calor más frío. Durante la descarga de calor, los conductos 5 son más fríos que el conducto de transferencia de calor que es más frío que la pared del recipiente de transferencia de calor que es más frío que el enlechado. Por consiguiente, la convección es de tal naturaleza que el fluido de transferencia de calor principalmente fluye hacia abajo a lo largo de los conductos 5 más fríos y hacia arriba de la pared del recipiente 6 de transferencia de calor. Toda la materia objeto o partes del acumulador contribuye a la capacidad de acumulación de calor del acumulador. En la forma de realización ilustrada, se ilustran dos bloques 7 de hormigón cilíndricos, con unos conductos y con un recipiente de transferencia de calor que se extiende a través de los bloques, los cuales son a parte de una pila de bloques.

En aras de la claridad, solo algunos de los elementos idénticos, en algunas de las Figuras, incorporan referencias numéricas, y algunas partes pueden estar fuera de escala u orientación o incluso se omiten con el fin de ilustrar otras partes con mayor claridad. Elementos idénticos o similares presentan la misma referencia numérica en diferentes figuras.

En la Fig. 2, se ilustran dos formas de realización diferentes, primeramente unos bloques 7 de hormigón hexagonales como unidad de acumulador única, con siete canales para recipientes 6 de transferencia de calor dispuestos verticalmente a través de los bloques. En segundo lugar un bloque 7 de hormigón en sección transversal cuadrada se ilustra como unidad de acumulador básica, con nueve canales para recipientes de transferencia de calor. La figura también muestra ocho bloques 7 de hormigón en sección transversal cuadrada apilados uno encima de otro en sección longitudinal. Los bloques apilados están fuera de escala, la separación entre los bloques se indica mediante líneas de puntos y cada canal se indica brevemente mediante una línea de puntos, pero esto ilustra parte de la simplicidad y versatilidad de la invención. Los bloques apilados se situarán de modo preferente en vertical, proporcionando una larga distancia para la conducción y convección de calor, y con ello la capacidad potenciada de transferencia de calor.

La Fig. 3 ilustra una disposición de conducto 5 para la entrada y salida de energía con el fin de cargar y descargar calor. Pueden utilizarse otras diversas disposiciones, permitiendo las válvulas 17 un flujo en serie o paralelo en pilas o unidades. Un sistema de conductos estará en muchas formas de realización también dispuesto en los recipientes 6 de transferencia de calor, y también unos medios de sensor, para tratar el vapor y controlar la presión y las fugas, sin embargo, en aras de la claridad dichos medios y conductos no se ilustran. Una cubierta 16 de seguridad de columna está dispuesta sobre la parte superior de las pilas pero por debajo de las válvulas 17 de las plataformas 18 de acceso y de otros dispositivos de control que están por debajo de una capa 19 de aislamiento.

La Fig. 4 ilustra la forma en que una estructura de refuerzo con un refuerzo 8 vertical y un refuerzo 9 en bucle pueden estar dispuestos en un bloque 7 de hormigón. El refuerzo puede también estar dispuesto por fuera del bloque de hormigón, y partes del refuerzo pueden extenderse por fuera del bloque de hormigón, por ejemplo como una estructura que comprenda unas orejetas de elevación. El refuerzo puede estar dispuesto como unas rejillas o como una membrana metálica sobre el lado del bloque de hormigón y la superficie de fondo, con o sin unas aberturas para el escape del vapor de agua.

La Fig. 5 ilustra un acumulador 1 térmico de la invención en sección transversal, como queda dispuesto dentro de una estructura 10 de un edificio con un aislamiento 11, una membrana 12, una planta 13 de fondo, una losa 14 de fondo y un habitáculo 15 para operaciones o acceso. El acumulador 1 está dispuesto verticalmente sobre el suelo 20. Componentes tales como conductos, bridas, válvulas y medios de sensor son fácilmente disponibles desde el habitáculo 15 de operaciones o acceso para el mantenimiento, la reparación y el funcionamiento. El techo y el aislamiento superior pueden levantarse con una grúa normal, así como los bloques de hormigón individuales y los recipientes de transferencia de calor. Debido al diseño sencillo, el acumulador es fácil de aumentar de escala o

reducir de escala y es fácil de mantener o reparar. La parte superior del acumulador puede estar a nivel con el nivel de la tierra o del suelo construyendo al acumulador enterrado.

A modo de ejemplo, un acumulador de acuerdo con la invención puede comprender muchas pilas iguales con ocho unidades de hormigón reforzado dispuestas unas encima de otras en las que cada unidad tenga una dimensión de 180 cm por 180 cm en el plano horizontal y 200 cm de altura. Dentro de cada unidad hay una formación de 3 por 3 cavidades o canales cilíndricos, verticales, de 30 cm de diámetro y situados a 60 cm separados entre centros, proporcionando unos canales continuos para la altura total del acumulador de 16 metros. Dentro de cada canal o cavidad y para su total altura hay insertado un recipiente de transferencia de calor cilíndrico de 20 cm de diámetro que está lleno de fluido de transferencia de calor, y un medio para la entrada y salida de energía está dispuesto en el recipiente, más concretamente, un segmento en bucle de conducto de pequeño diámetro de alta presión. El espacio libre de 5 cm entre el recipiente de transferencia de calor y las paredes de la cavidad del cemento está lleno de enluchado de hormigón de gran resistencia reforzado con fibras. Los conductos de fluido térmico para el flujo de entrada están conectados en la parte superior a través de un único conducto de entrada y con un colector que asegura un flujo de calor igual hacia todos los recipientes de calor de la pila. Así mismo, todos los conductos de salida están conectados entre sí por medio de un colector dispuesto en la parte superior de la pila haciendo posible un único conducto para el flujo de salida. Sin embargo, los colectores, los conductos y las válvulas de control pueden estar dispuestos de muchas maneras.

Las Figuras 6, 7 y 8 ilustran formas de realización de una planta de acuerdo con la invención, incluyendo cada forma de realización al menos un acumulador 1 de energía térmica de la invención. De una manera muy simplificada, la Fig. 6 ilustra una planta con una fuente 21 térmica, como por ejemplo una planta de carbón moderna o una planta de energía nuclear, utilizando un medio de fluido caliente de fuente directamente como calor que conduce fluido para la entrada de energía, el fluido caliente es transportado a través de unos conductos hasta el acumulador 1 o la turbina 23, como se indica con las líneas. La pérdida de calor se ilustra con las flechas 22, el calor reciclado o utilizado con la flecha 26, la turbina - generador con las referencias numéricas 23 y 24, respectivamente, y la potencia eléctrica hacia el mercado se ilustra con la referencia numérica 25. La Fig. 7 ilustra una planta con una fuente de unidad de energía eléctrica o una fuente 27 de red eléctrica y la Fig. 8 ilustra una planta con una fuente de unidad de potencia térmica o una unidad 31 de combustión de residuos. La salida es la energía eléctrica 25 para las formas de realización ilustradas en las Figuras 6 y 7, y el calor hacia la industria o los consumidores 32 para la forma de realización ilustrada en la Fig. 8. Una característica alternativa con una caldera 30 conectada como fuente de entrada alternativa a la fuente eléctrica, se ilustra en la Fig. 7, sin embargo, esta alternativa es menos eficaz que el calentamiento 29 eléctrico directo ilustrado dentro de los recipientes de transferencia de calor. En la Fig. 7, la fuente está directamente conectada por la red de energía eléctrica 28 hacia el mercado 25 e indirectamente por medio del calentamiento 29 eléctrico, y la caldera 30 para el acumulador de energía cuando la producción de la fuente es más elevada que la demanda del mercado o el precio bajo.

Las Figuras 9 - 13 ilustran algunas de las diferentes disposiciones del medio 5 para la entrada y salida de energía en el recipiente de transferencia de calor y, de esta manera, ejemplifican la extrema versatilidad de la invención. El medio 5 de entrada y salida de energía en el recipiente de transferencia de calor comprende unos conductos, un bucle de conductos o unos segmentos de circuitos de conductos, los elementos calentadores eléctricos y en unas pocas formas de realización un fluido como por ejemplo el fluido de transferencia de calor. En la Fig. 9 se utiliza el mismo tipo de fluido para la entrada de calor como para la salida de calor, mientras que el fluido de transferencia de calor del recipiente de transferencia de calor es típicamente de otro tipo. Un ejemplo de esto sería que se utilizara agua / vapor para la entrada como para la salida mientras que el fluido de transferencia de calor es aceite. En la Fig. 10, la entrada de calor se provee por medio de un elemento 5 de calentamiento eléctrico tipo efecto Joule dispuesto directamente dentro del fluido de transferencia de calor mientras la salida de calor se provee por medio de un fluido de conducto. Ejemplo de esto sería que el acumulador estuviera conectado con una red de energía eléctrica o con una granja eólica y en el que la salida fuera un vapor que se utilizara para regenerar electricidad por medio de turbinas y generadores cuando se necesitaran. El fluido de transferencia de calor puede ser aceite o sal fundida, u otro fluido apropiado. En la Fig. 11 el fluido de entrada de calor es el mismo que para el fluido de transferencia de calor mientras que la salida de calor se produce por medio de otro fluido. Un ejemplo de esto es que la entrada de calor es aceite procedente de una planta solar concentrada (CSP) y el mismo aceite es utilizado como fluido de transferencia de calor. La salida de calor, por otro lado, se provee mediante vapor u otro fluido. En la Fig. 12 los fluidos del sistema de entrada de calor, del sistema de salida de calor y el fluido de transferencia de calor son todos diferentes. Por ejemplo, la entrada puede disponerse por medio de sal fundida a partir de una planta CSP, la salida puede ser vapor, y el fluido de transferencia de calor puede ser aceite o sal fundida. En la Fig. 13 todos los fluidos son los mismos. Esto sería típico de un acumulador de frío donde todos los fluidos serían el mismo líquido refrigerante. Sería el mismo supuesto en el que la entrada de calor así como la salida de calor se produjera por medio de aceite, y cualquier conversión ulterior, por ejemplo de aceite a vapor, tuviera lugar por fuera del acumulador. Nótese que el tubo 5 de entrada se extiende sustancialmente sobre la altura total del recipiente de transferencia de calor, de modo preferente en el centro del recipiente de transferencia de calor, en cuanto ello proporciona una línea de máxima o mínima temperatura a lo largo de la línea central del recipiente de transferencia de calor durante la operación, lo que proporciona una elevada velocidad de transferencia de calor. Una alternativa posiblemente menos favorable es simplemente presentar los medios para la entrada o salida de transferencia de calor como conexiones con recipientes de transferencia de calor, por ejemplo introducidos en el fondo del centro del

recipiente y una o varias salidas en la parte superior hacia las paredes laterales, que está destinado a quedar incluido en el término medio de entrada o salida de calor en el contexto de la presente invención.

5 Es particularmente digno de destacar que el "acumulador" en la mayoría de los casos sirve no solo como acumulador de calor, sino también como intercambiador de calor; de hecho este es un sistema con un intercambiador de calor "incrustado". Más en concreto, el acumulador proporciona el cambio de calor entre diferentes medios e intercambio de calor a lo largo del tiempo. Notablemente, esto también puede ser utilizado fundamentalmente en un modo de intercambiador de calor como para una operación de calor durante el día en plantas de energía solar concentrada.

10 La Figura 14 ilustra uno de los procedimientos de bloqueo de un bloque de unidad de hormigón para un acumulador de calor de la invención. Más concretamente, se ilustran una placa 33 de fondo, unas varillas 34 de canal, un hormigón 35, unas paredes 36 engoznadas y una placa 39 superior perforada. El hormigón es vertido desde arriba, 40, el hormigón es compactado haciendo vibrar la forma o mediante vibradores insertados, la placa 39 superior con las varillas 34 de canal son traccionadas hacia arriba después de que haya tenido lugar un suficiente endurecimiento del hormigón, las paredes son plegadas hacia fuera 37 y la placa 33 de fondo es también retirada cuando el curado sea suficiente. Dicho procedimiento representa una forma de realización de la invención. También son viables otras formas de fabricación del bloque de hormigón como por ejemplo la utilización de una chapa de metal exterior, de cierre como un encofrado así como refuerzo exterior permanente.

15 La pérdida de calor de un gran acumulador térmico de la invención es sorprendentemente baja. Para un acumulador aislado con una capacidad de acumulación de 100.000 m³ de 10.000 MWh, la pérdida de calor por día será típicamente inferior a un 1 ‰ (por mil) de la energía de calor acumulada.

20 Las plantas generadoras actuales, particularmente las versiones más antiguas son rígidas con respecto a la adaptación de la producción de energía a la demanda. A lo largo del día la variación del precio de la energía puede ser un factor por encima de 2. El coste mayor de la planta de energía de carbón, de la planta de energía nuclear en general de cualquier planta generadora es la inversión. La inversión adicional para la utilización de un acumulador térmico de la invención en una planta generadora se estima en estudios de supuestos como sorprendentemente ventajosa, con respecto al beneficio y a la seguridad de la distribución. Esto es posible debido a que se derrocha o se comercializa poca o ninguna producción al precio más bajo, mientras que una mayor producción se comercializará a un precio más alto y, adicionalmente la seguridad del suministro de energía aumenta. De manera simultánea, la seguridad de la distribución de la energía aumenta, lo que también representa un valor significativo.

25 El acumulador de calor de la invención puede comprender cualquier característica según se describe o ilustra en el presente documento, cualquier combinación operativa de este tipo es una forma de realización de la invención. La planta de la invención puede comprender cualquier elemento característico según se describe o ilustra en el presente documento, cualquier combinación operativa de este tipo es una forma de realización de la invención. Los procedimientos de la invención pueden comprender cualquier característica o etapa según se describe o ilustra en el presente documento, cualquier combinación operativa de este tipo es una forma de realización de la invención.

30
35
40

REIVINDICACIONES

1.- Acumulador de energía térmica, que comprende un material de acumulación térmica en estado sólido, un fluido de transferencia de calor y un medio para la entrada y salida de energía,

caracterizado porque

5 el acumulador (1) comprende al menos un recipiente (6) de transferencia de calor,
 el material (2, 4) de acumulación térmica en estado sólido está dispuesto alrededor del recipiente (6) de transferencia de calor, el recipiente (5) de transferencia de calor contiene el fluido (3) de transferencia de calor y el medio para la entrada y salida (5) de energía, para que toda la convección y conducción de transferencia de calor por el fluido (3) de transferencia de calor tenga lugar dentro del respectivo recipiente
 10 (6) de transferencia de calor, y
 un aislamiento (11) térmico ha sido dispuesto debajo, alrededor y sobre el material (2, 4) de acumulación térmica en estado sólido.

2.- Acumulador de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el medio para la entrada y salida de energía comprende unos conductos dispuestos para el flujo de fluido más caliente que la temperatura de acumulación para la entrada de energía calorífica o de fluido más frío que la temperatura de acumulación para la salida de energía calorífica y, de modo preferente, también un dispositivo de calentamiento eléctrico para la entrada de energía por conexión con una fuente de electricidad.

3.- Acumulador de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el recipiente de transferencia de calor es un cilindro, un tubo o un conducto dispuesto verticalmente, con una parte superior que se extiende hacia arriba en un lado superior del acumulador y con una brida o elemento similar en el extremo superior a través de la cual el medio para la entrada y salida de energía está dispuesto, el recipiente de transferencia de calor se llena de aceite térmico hasta al menos un nivel igual al material sólido circundante, la parte más alta está llena de gas y presenta unos sensores y un medio para la detección y tratamiento de fugas dispuesto con el fin de detectar y tratar cualquier fuga procedente del medio para la entrada y salida de calor.

4.- Acumulador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 3, en el que cada recipiente de transferencia de calor es un recipiente, un tubo o conducto cilíndrico vertical alargado que presenta una brida o elemento similar en el extremo superior y también en el extremo inferior, unos orificios de alimentación, unos conectores, penetradores o manguitos están dispuestos a través de al menos una de dichas bridas para la alimentación a través de los conductos de alta presión y del medio de calentamiento eléctrico opcional como medio para la entrada y salida de energía, y también un medio sensor, el recipiente o el conducto está lleno de aceite térmico, sal fundida u otro fluido apropiado, y es mantenido a una presión de 1 - 8 bares, de modo preferente a la presión atmosférica, el medio sensor controla la presión u otros parámetros indicativos de una fuga de los conductos de alta presión.

5.- Acumulador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4, en el que el material de acumulación térmica en estado sólido comprende enlechado o cemento y hormigón, el hormigón forma una unidad de acumulación de base y comprende una o más cavidades o canales orientados verticalmente, cada una de las cuales contiene un recipiente de transferencia de calor en forma de cilindro, tubo o conducto, o una sección de estos, alrededor del cual se dispone el enlechado o el cemento, llenando el enlechado o el cemento el volumen entre el recipiente y el hormigón.

6.- Acumulador de acuerdo con la reivindicación 5, en el que un cierto número de unidades de hormigón están dispuestas unas encima de otras, las cavidades o canales están alineados y se extienden desde la superficie superior de la unidad de más arriba hasta al menos una parte inferior de la unidad de más abajo, unos extremos de recipiente de transferencia de calor superiores con unas bridas o tapas se extienden hacia arriba por encima del hormigón, el número de unidades de hormigón forma una pila de unidades de hormigón, varias pilas están dispuestas lado con lado dentro de una pared de aislamiento térmico; el suelo y el techo, las bridas o tapas son sin embargo fácilmente accesibles desde la parte superior levantando el aislamiento, de manera opcional el aislamiento o los espacios de aire están dispuestos entre las pilas o grupos de pilas con el fin de proporcionar unas partes del acumulador de temperatura diferente.

7.- Acumulador de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el medio para la entrada y salida de energía comprende un conducto dispuesto dentro del recipiente de transferencia de calor de arriba a abajo y de nuevo hacia arriba.

8.- Acumulador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 7, en el que el medio para la entrada y salida de energía comprende unos conductos que conducen agua supercrítica, agua caliente, vapor, gas de combustión, aceite térmico o sal fundida.

- 9.- Acumulador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 8, en el que la distancia entre el medio para la entrada y salida de energía y la pared interior de un recipiente de transferencia de calor orientado verticalmente lleno de fluido de transferencia de calor está adaptada para ser un óptimo entre la tasa de transferencia de calor máxima por convección y conducción y un coste asociado.
- 5 10.- Acumulador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 9, en el que el acumulador comprende enlechado reforzado con fibras de gran resistencia en el exterior de las cavidades de transferencia de calor pero en el interior de hormigón reforzado con fibras de gran densidad, el hormigón, de modo preferente, comprende una estructura de refuerzo prefabricada.
- 10 11.- Acumulador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 10, en el que el acumulador está adaptado para operar a una temperatura en el intervalo de -70 a $+700^{\circ}\text{C}$, de modo preferente de 40 a 700°C , en un intervalo de temperatura dinámica que puede exceder los 200°C .
- 12.- Acumulador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 11, en el que los conductos y válvulas están dispuestos como cabezales de tubos y colectores para el flujo de fluido a través de los conductos para la entrada y salida de energía, en serie o en paralelo controlables por válvulas.
- 15 13.- Acumulador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 12, en el que el acumulador comprende o está conectado a un medio para el acondicionamiento del fluido de transferencia de calor, como por ejemplo un condensador de vapor y una bomba.
- 20 14.- Procedimiento de construcción de un acumulador de energía térmica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 13, **caracterizado por** la disposición de un cierto número de recipientes de transferencia de calor orientados verticalmente dentro del acumulador, y por el llenado de enlechado o cemento en el volumen en el exterior de dichos recipientes hasta un nivel próximo a los extremos superiores de dichos recipientes, y la disposición de un aislamiento térmico por debajo, alrededor o sobre el acumulador.
- 25 15.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14, por medio del cual son fabricados en primer lugar unos bloques de unidades de hormigón con unos canales verticales distribuidos entre una cara superior y una cara inferior, presentando un recipiente de transferencia de calor un diámetro más pequeño que el de los canales, están dispuestos en unos respectivos canales, el enlechado es vertido en los volúmenes dispuestos entre los recipientes y las superficies de canal de hormigón, y el medio para la entrada y salida de energía y el medio sensor quedan dispuestos dentro de los recipientes y dichos medios están dispuestos hasta una tapa en unos respectivos recipientes de transferencia de calor.
- 30 16.- Planta para la producción de energía, que comprende una fuente de energía y un medio para la distribución, el consumo o la producción de energía, la fuente y el medio están dispuestos operativamente, **caracterizada porque** un acumulador de energía térmica está operativamente dispuesto entre dicha fuente y dicho medio, el acumulador comprende un material de acumulación térmica en estado sólido, un fluido de transferencia de calor y un medio para la entrada y salida de energía, el acumulador comprende además al menos un recipiente de transferencia de calor,
- 35 un material de acumulación térmica en estado sólido dispuesto alrededor del recipiente de transferencia de calor que contiene el fluido de transferencia de calor y el medio para la entrada y salida de energía, y el aislamiento térmico dispuesto por debajo, alrededor y sobre el acumulador, para que toda la convección y conducción de transferencia de calor por el fluido de transferencia de calor tenga lugar dentro de los respectivos recipientes de transferencia de calor y un aislamiento térmico ha sido dispuesto por debajo, alrededor y sobre el material de acumulación térmica en estado sólido.
- 40 17.- Planta de acuerdo con la reivindicación 16, en la que la fuente es una fuente térmica.
- 18.- Planta de acuerdo con la reivindicación 16 o 17, en la que la fuente es eléctrica.
- 45 19.- Planta de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 16 - 18, en la que un cierto número de fuentes están conectadas, en concreto unas fuentes térmicas, a diferentes temperaturas de distribución, y unas fuentes eléctricas, el acumulador de calor está adaptado para acumular calor a diferentes temperaturas en diferentes zonas del mismo, de modo opcional separadas por un aislamiento o unos espacios de aire, y están conectados varios medios para la distribución, el consumo o la producción, incluyendo combinaciones de turbina - generador eléctrico para cada fluido utilizado para la entrada y salida de energía, como por ejemplo el agua supercrítica y vapor, respectivamente, y unas tuberías para el calentamiento sectorial y vapor para la industria.
- 50 20.- Procedimiento de producción de energía con una planta de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 16 - 19, **caracterizado por** la acumulación de energía en periodos de demanda baja, el precio de mercado bajo o producción en exceso; y la distribución de energía en periodos de demanda alta, precio de mercado alto o producción baja.
- 55 21.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 20, por medio del cual un cierto número de fuentes están conectadas a la planta, las fuentes presentan unos ciclos fuera de fase para la producción y el coste, por medio de lo

cual una fuente es elegida para la acumulación cuando dicha fuente se encuentra en el modo de producción máxima, de producción en exceso o de precio de energía bajo.

- 5 22.- Utilización de un acumulador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 13 o una planta de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 16 - 19, para la acumulación de energía a partir de fuentes de energía en periodos de producción máxima o en exceso o en supuestos de precio de mercado bajo, para distribuir dicha energía en periodos de producción baja o de precio de mercado alto.

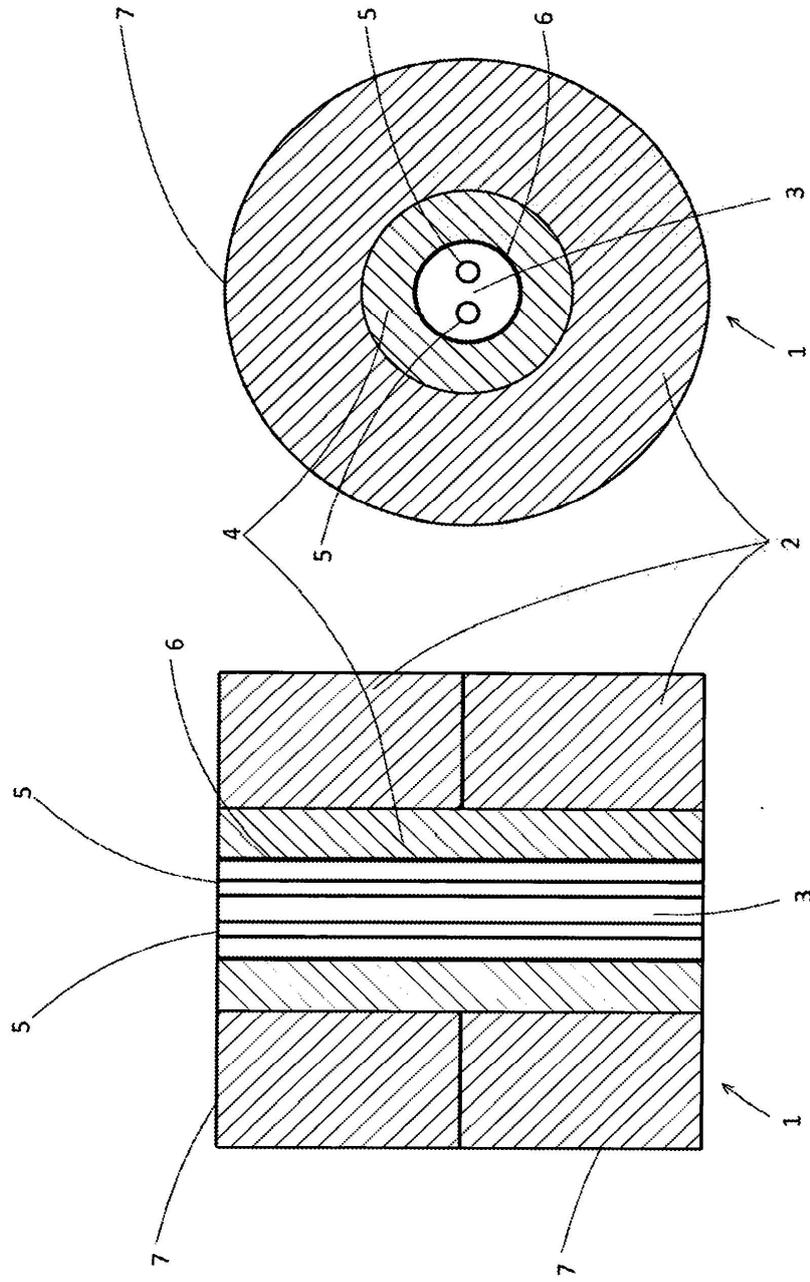


Fig 1

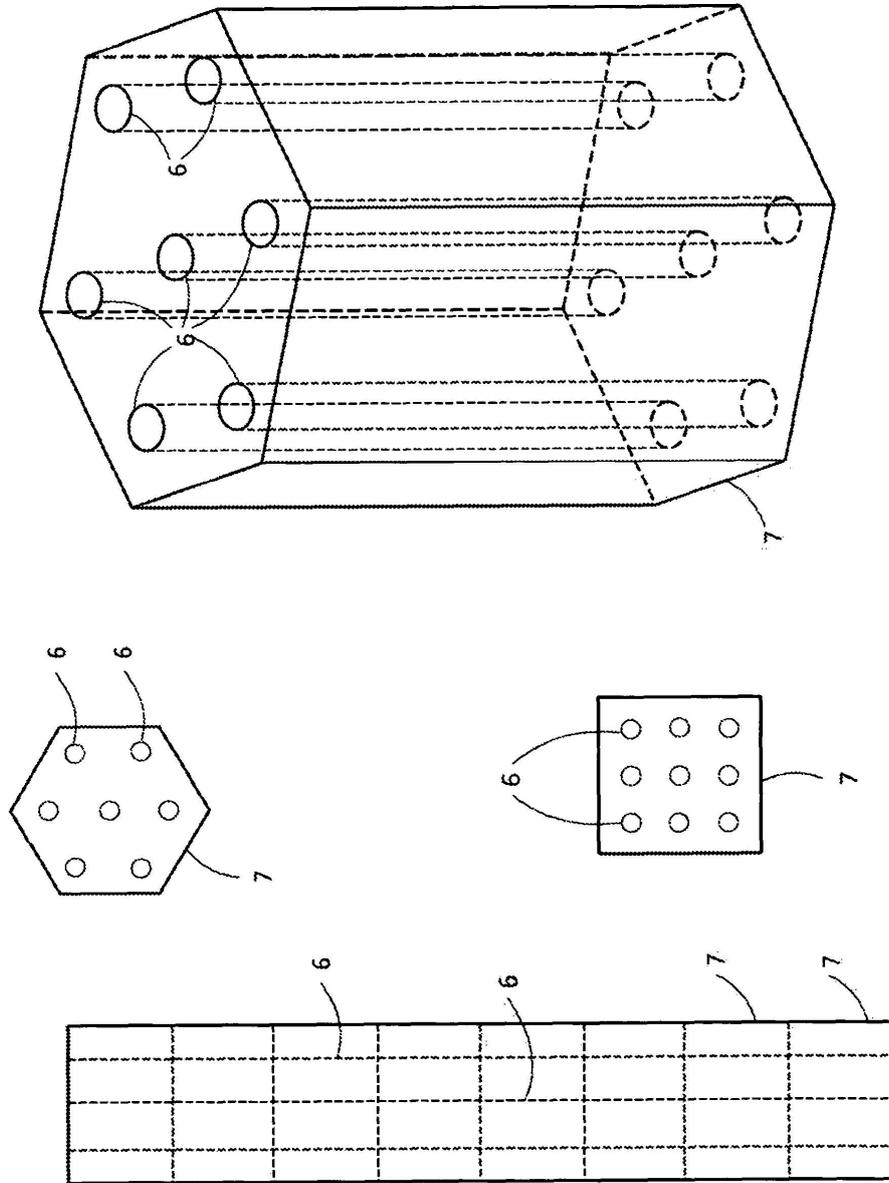


Fig 2

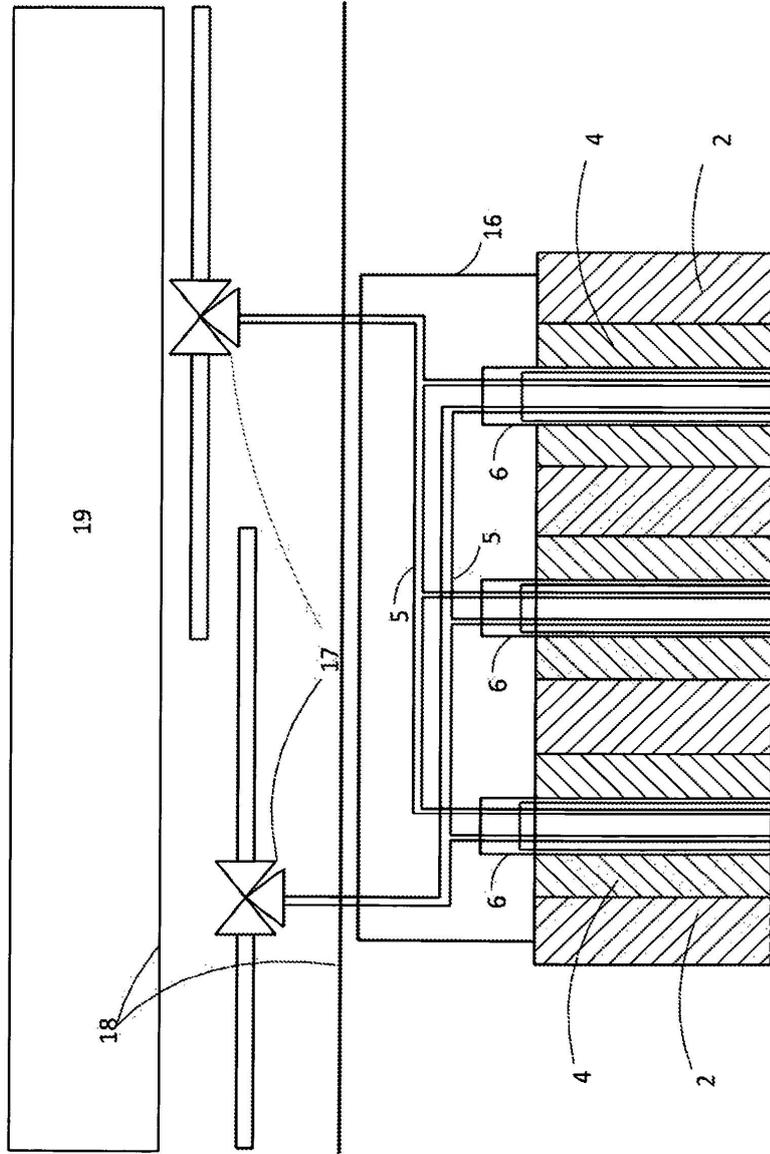


Fig 3

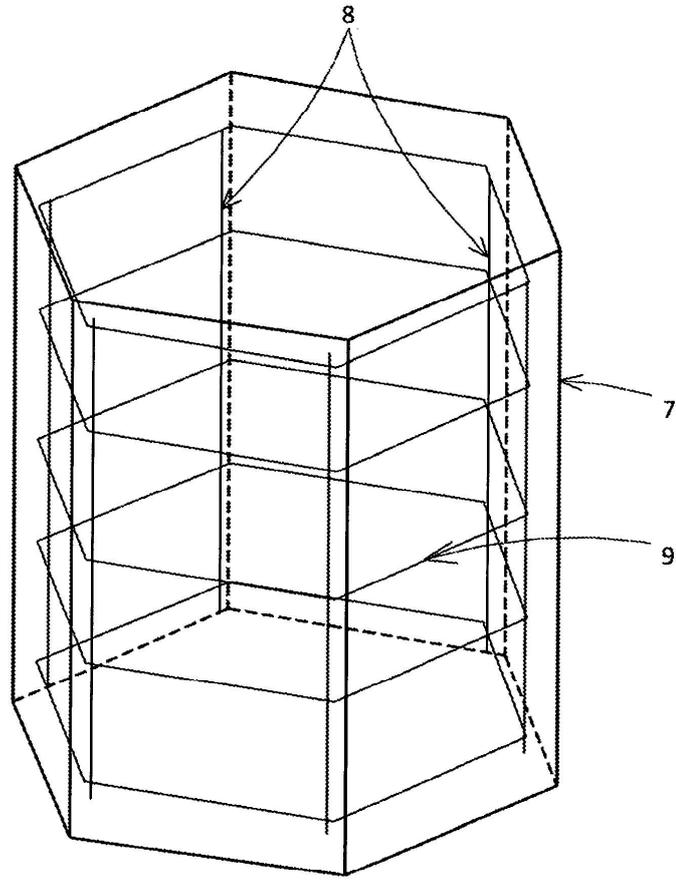


Fig 4

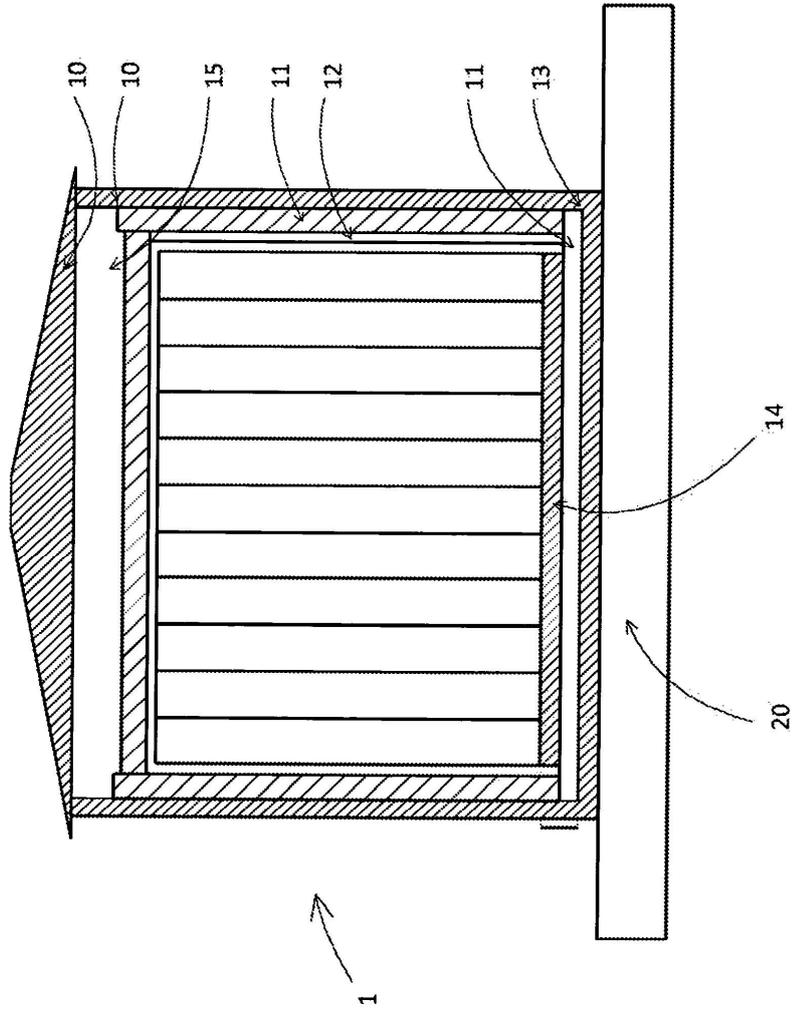


Fig 5

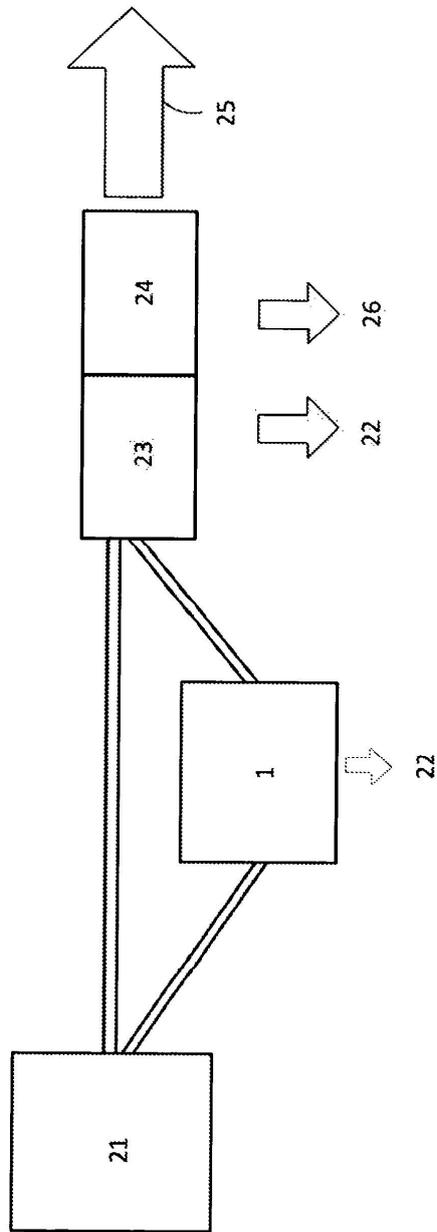


Fig 6

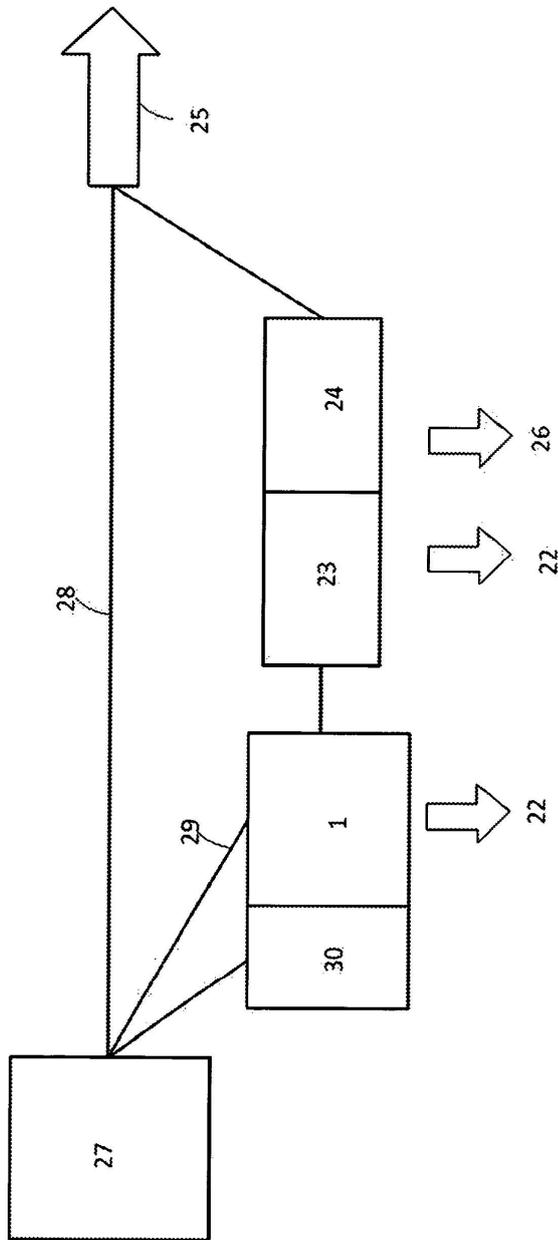


Fig 7

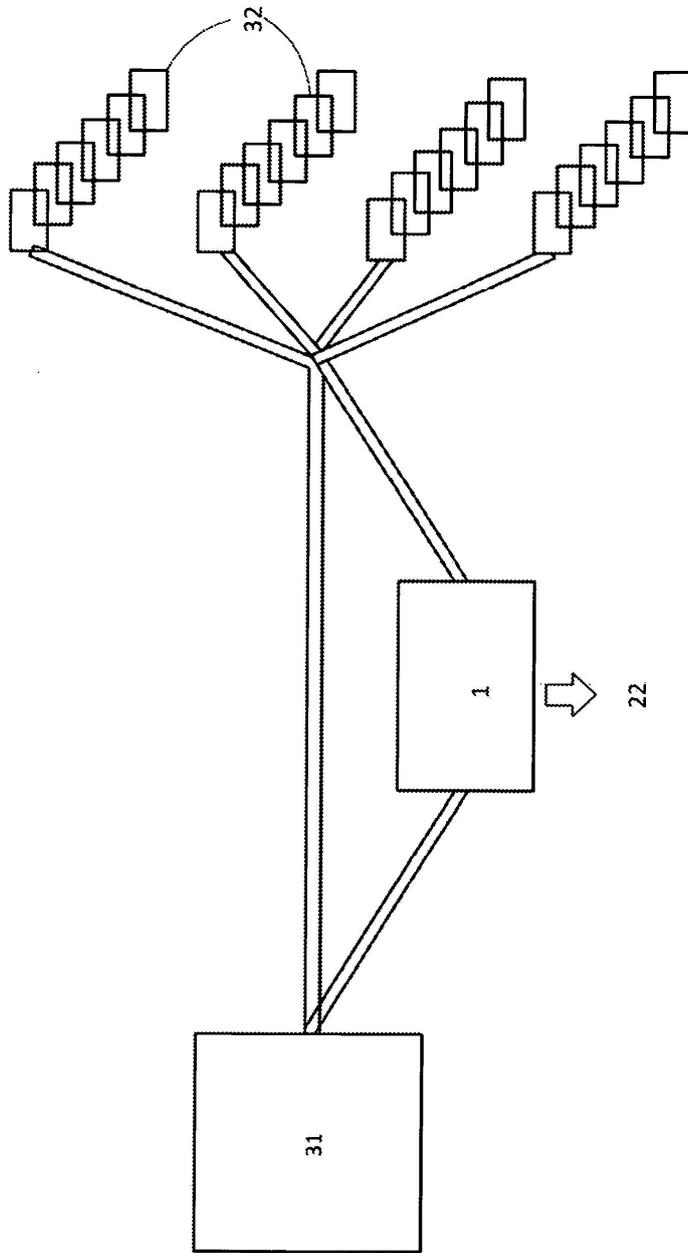


Fig 8

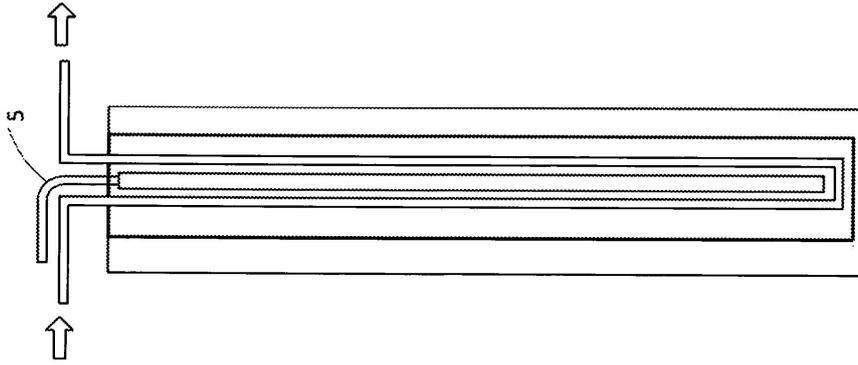


Fig 10

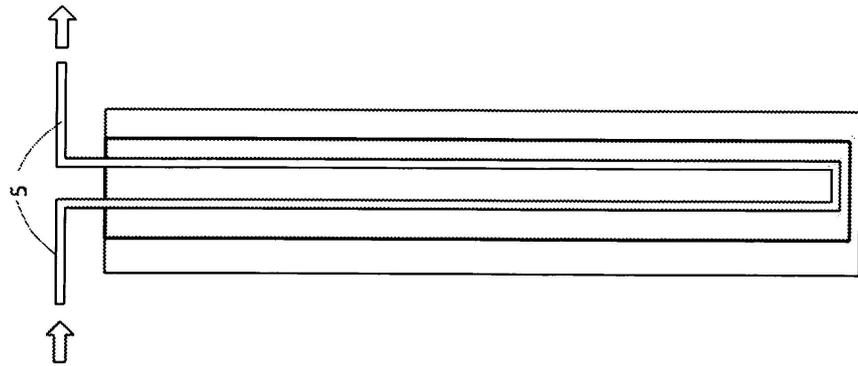


Fig 9

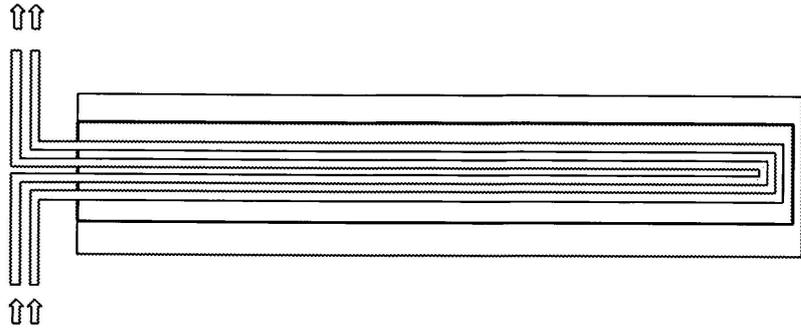


Fig 12

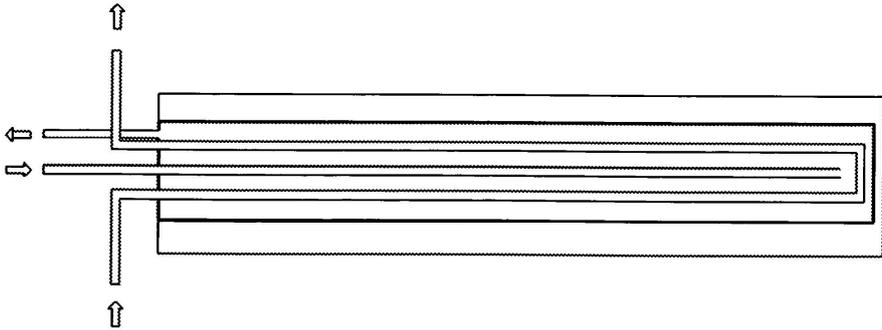


Fig 11

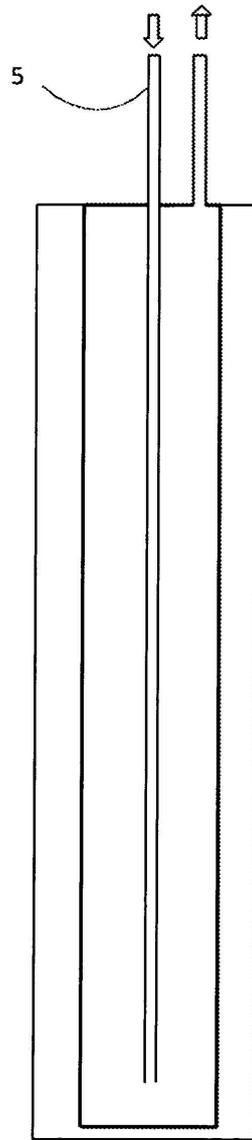


Fig 13

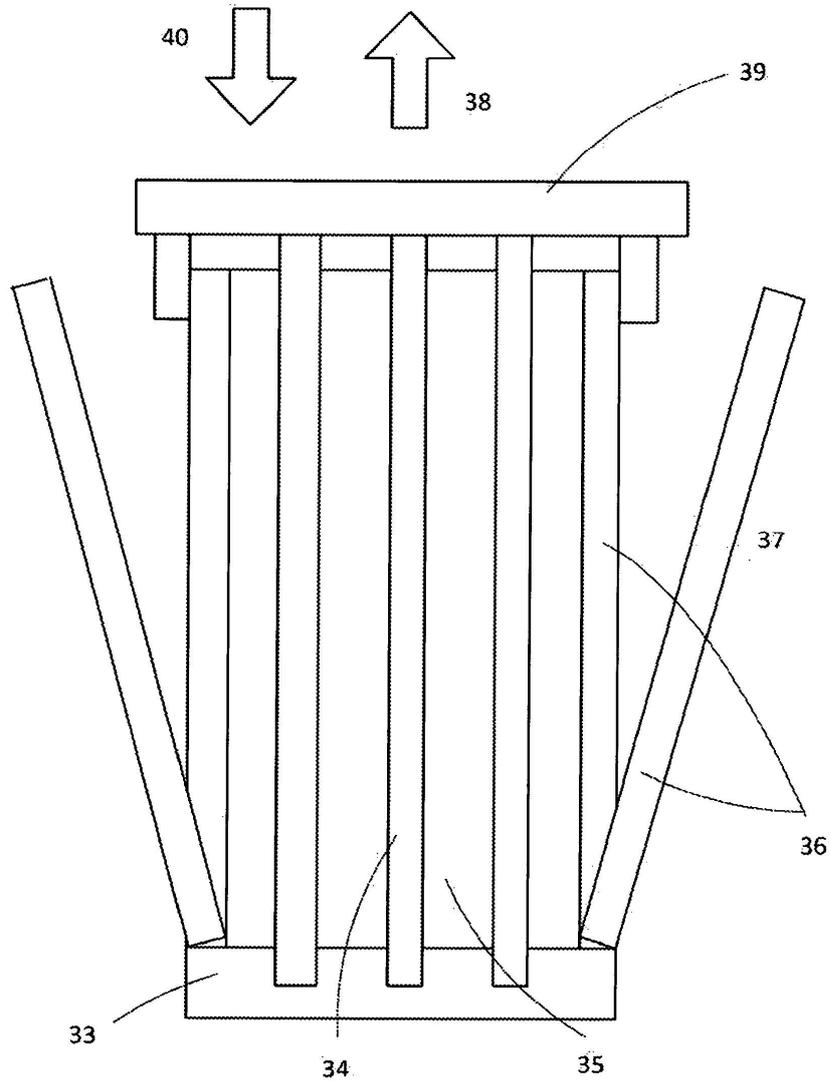


Fig 14