

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 784 773**

51 Int. Cl.:

**F28D 20/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.08.2011 PCT/EP2011/063453**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.02.2012 WO12017041**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.08.2011 E 11752502 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.02.2020 EP 2601456**

54 Título: **Acumulador de calor de alta temperatura para centrales térmicas de energía solar**

30 Prioridad:

**23.12.2010 DE 102010055997**  
**06.08.2010 DE 102010033571**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**30.09.2020**

73 Titular/es:

**ENOLCON GMBH (100.0%)**  
**Pleidelsheimerstraße 47A**  
**74321 Bietigheim-Bissingen, DE**

72 Inventor/es:

**SCHNEIDER, GÜNTER;**  
**MAIER, HARTMUT y**  
**STENGLEIN, MARTIN**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

**ES 2 784 773 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 calor de alta temperatura para centrales térmicas de energía solar

La invención se refiere a un dispositivo de almacenamiento y un procedimiento para el almacenamiento a gran escala de energía térmica en forma de calor de alta temperatura a un nivel de temperatura de al menos 280 °C.

5 Las plantas de energía solar térmica sólo pueden producir electricidad, calor o vapor sin almacenamiento durante períodos de alta radiación solar directa. Cuanto más alta sea la temperatura del calor proporcionado por una red de colectores solares de concentración (en lo sucesivo denominado campo solar), mejor será la eficiencia de la central eléctrica conectada. El calor generado por el sol a alta temperatura también es requerido en una planta desalinizadora de agua de mar.

10 Por regla general, el generador de vapor térmico solar o el campo solar está sobredimensionado, de manera que, poco después del amanecer por la mañana, pueden ser generadas cantidades adecuadas de vapor para la generación de electricidad o la desalinización del agua de mar. Durante la hora del almuerzo, normalmente es generado demasiado vapor, por lo que las superficies de los espejos del campo solar son plegadas o el exceso de calor es almacenado térmicamente.

15 El almacenamiento de calor puede tener lugar en tanques de almacenamiento a corto plazo, que suelen estar diseñados como tanques de almacenamiento de vapor, los denominados tanques de almacenamiento de Ruth, o en tanques de almacenamiento de sal, en los que una solución de sal líquida absorbe el calor a ser almacenado. Después de la puesta de sol, el calor almacenado en la instalación de almacenamiento a corto plazo es liberado a través de un intercambiador de calor nuevamente al ciclo de agua-vapor de la central eléctrica de vapor, a un ciclo de aceite térmico o a una planta de desalinización de agua de mar.

20 Hasta la fecha no ha habido demanda de sistemas de almacenamiento de calor a gran escala a altos niveles de temperatura, dado que la aplicación central en una planta de energía solar térmica ha estado ausente recientemente, con algunas excepciones. Mientras tanto, el número de centrales termosolares en construcción y en funcionamiento, y por lo tanto la demanda de sistemas de almacenamiento térmico fiables y económicos con una gran capacidad de almacenamiento, está aumentando en todo el mundo.

25 En los tanques de almacenamiento de hormigón, la escasa transferencia de calor entre el hormigón y las tuberías en las que circula el medio de transferencia de calor es una desventaja fundamental.

30 Los acumuladores de materiales de cambio de fase PCM (acumuladores de "Phase Change Material") son en principio sistemas de almacenamiento muy interesantes. Sin embargo, para aplicaciones de alta temperatura por encima de los 280 °C, actualmente sólo hay pequeñas plantas piloto en el rango de kilovatios. En la presente memoria, la disipación y absorción de calor durante el cambio de fase de líquido a sólido y viceversa son usadas a la misma temperatura. Cabe esperar que la densidad de energía sea mayor que la de los tanques de almacenamiento de hormigón o sal. Una desventaja es el alto costo previsto de los tanques de almacenamiento de PCM así como de las tuberías y superficies metálicas requeridas para la transferencia de calor. Un gran desafío es la carga y descarga del tanque de almacenamiento en tiempos aceptables. Además, pueden ser observados efectos de histéresis con los pequeños tanques de almacenamiento piloto, que hacen que el tanque de almacenamiento sea más ineficaz y reduzca la capacidad útil de almacenamiento. Tampoco está del todo claro hasta qué punto los materiales PCM pueden soportar el elevado número de ciclos de carga y descarga sin que su rendimiento se vea afectado.

35 40 En la actualidad, son suministradas las sales correspondientes para el almacenamiento de PCM, tal como  $\text{NaNO}_2$ ,  $\text{NaNO}_3$  o  $\text{KNO}_3$ . Aún no está claro qué materiales pueden ser usados a temperaturas más altas, por encima de aproximadamente 340°C, y a qué costo. Una desventaja de los tanques de almacenamiento de PCM es la fijación en ciertos niveles de temperatura, en función del material usado.

45 Al igual que con los tanques de almacenamiento de hormigón, una importante desventaja de costo de los tanques de almacenamiento de PCM son las muy largas y costosas tuberías de vapor de alta presión que tienen que ser colocadas en el tanque de almacenamiento de PCM y que tienen que ser conducidas a través de PCM.

50 En la solicitud publicada DT 24 44 217 de 01/04/1976, por ejemplo, es explicado la forma en que puede ser usada la arena o la grava como medio de almacenamiento de calor si se pasa un sistema de tuberías correspondiente por el medio de almacenamiento de energía térmica y qué características debe cumplir. En la práctica industrial, son necesarios varios miles de  $\text{m}^3$  para absorber las cantidades correspondientes de calor a través de un medio de almacenamiento de arena o grava. Este sistema propuesto en el documento DT 24 44 217 no puede ser aplicado en la práctica para una aplicación a escala industrial porque, por un lado, los costos del sistema de tuberías son demasiado elevados y, por otro, los tiempos de carga y descarga son demasiado extensos debido a la escasa transferencia de calor entre el sistema de tuberías y el medio de almacenamiento así como dentro del medio de almacenamiento. Incluso con una disposición optimizada de los oleoductos, como es descrito en el documento DT 24 44 217, los tiempos de carga y descarga siguen siendo demasiado extensos. Por consiguiente, cabe esperar que este sistema tenga características de funcionamiento considerablemente peores que los tanques de almacenamiento de hormigón descritos anteriormente.

En la solicitud publicada DE 27 31 115 de 25/01/1979, es descrito un sistema que usa una gran cantidad de partículas sólidas granulares y es mencionado la magnesita natural o el olivino como material de almacenamiento. Este sistema está destinado a aplicaciones más pequeñas y tiene como característica decisiva que la corriente de carga circula en un circuito cerrado. El calor en este sistema no es introducido a través de un intercambiador de calor, sino a través de elementos calefactores eléctricos. Por lo tanto, este sistema no puede ser usado para aplicaciones a gran escala con una capacidad de almacenamiento requerida mayor que 20 MWh. El intento de usar este sistema a gran escala, se enfrenta al problema de que la corriente de carga aumenta cada vez más con el tiempo y eleva la presión en el circuito cerrado de carga. Esto requiere un diseño de sistema resistente a la presión y también está asociado con altos costos. Este efecto del aumento de la temperatura y la presión también tiene un efecto negativo en el ventilador que mueve la corriente de carga en el circuito. Además, la carga de un acumulador térmico para una central termosolar a través del desvío de la generación de electricidad y la producción de calor a través de barras calefactoras no es razonable debido a la pérdida de eficiencia en la generación de electricidad.

A partir del documento US 4 222 365 A es conocido un acumulador de calor en el que son usados como material de almacenamiento grava o piedra triturada de granito o mármol, entre otros materiales.

El material de almacenamiento está dispuesto junto con un ventilador, un intercambiador de calor 48 y un canal de aire 56 dentro de una carcasa 46. Un metal alcalino líquido fluye a través del intercambiador de calor 48, en el que desprende calor al aire que circula en un circuito cerrado dentro de la carcasa. El aire calentado de esta manera fluye a través de un lecho de grava, que de esta forma es calentado. Cuando el tanque de almacenamiento es descargado, la dirección del flujo de aire es invertida y el calor de la grava es transferido al aire y al medio de transferencia de calor que fluye a través del intercambiador de calor.

A partir del documento WO 2010/060524 es conocido un acumulador de calor en el que son usados varios cuerpos sólidos atravesados por canales paralelos como medio de almacenamiento. En el centro del acumulador de calor hay un intercambiador de calor. El medio de almacenamiento es cargado y descargado a través de aire circulante en un circuito cerrado dentro del tanque de almacenamiento de calor.

Una desventaja de este sistema son las grandes dimensiones externas de la carcasa, porque además del medio de almacenamiento real, los conductos de aire, un ventilador y un intercambiador de calor deben ser dispuestos dentro de la carcasa. Esto aumenta los costos y reduce la eficacia del sistema de almacenamiento.

Además, el sistema conocido a partir del documento US 4 222 365 A requiere dos intercambiadores de calor durante la descarga (un primer intercambiador de calor dentro de la carcasa y un segundo intercambiador de calor en un generador de vapor para poder usar el calor almacenado en una turbina de vapor) para generar electricidad. A partir del documento US 4.286.141 A es conocido un sistema de almacenamiento que es cargado con aire. Este aire circula en un circuito cerrado.

En el documento DE 101 49 806 A1, un medio de almacenamiento (arena) para almacenar calor es movido activamente y guiado en contracorriente al aire caliente.

A partir del documento WO 2008/109746 A2 es conocido un sistema de almacenamiento que funciona con aire como medio de transferencia de calor. El aire es calentado en los colectores solares y luego es alimentado en un tanque de almacenamiento de calor.

Básicamente, no hay nada en la bibliografía o en las memorias de las patentes que cumpla con los requerimientos de alta capacidad de almacenamiento a altas temperaturas con tiempos de carga y descarga rápidos y un alto número de ciclos. Incluso las modificaciones de las aplicaciones relacionadas no conducen a una solución aceptable.

La siguiente terminología es usada en relación con la invención reivindicada:

Un acumulador de calor de alta temperatura es uno o más módulos acumuladores que incluyen los periféricos asociados (intercambiadores de calor, ventiladores, tuberías, amortiguadores, etc.).

Un módulo de almacenamiento comprende una carcasa hermética al gas que contiene uno o más medios de almacenamiento. Estos medios de almacenamiento pueden ser cargados o descargados a través de las tuberías de suministro y las tuberías de descarga.

El objeto de la invención es, por lo tanto, proporcionar un procedimiento para el almacenamiento de energía térmica y un acumulador de calor de alta temperatura que pueda ser usado a altas temperaturas y en un amplio intervalo de temperaturas y en el que el calor pueda ser introducido y eliminado rápidamente incluso durante muchos años con muchos ciclos de carga y descarga. Al mismo tiempo, el sistema de almacenamiento debe tener una inversión y unos costos de funcionamiento bajos.

El objeto es logrado mediante un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o mediante un acumulador de calor de alta temperatura de acuerdo con la reivindicación 3. El módulo de almacenamiento está llenado con un material de almacenamiento poroso y/o granular, tal como arena, grava, piedra, corindón y/o grafito. Este material de almacenamiento poroso y/o granular absorbe el calor del aire que pasa muy rápidamente y con una pequeña diferencia

- de temperatura (diferencial). El aire es desplazado a la presión ambiente o a ligeras sobrepresiones, de modo que ni los conductos de aire ni el propio módulo de almacenamiento tienen que estar diseñados para presiones absolutas superiores a 0,2 – 0,3 MPa. Además, el ventilador (aireador o ventilador) usado para transportar el aire a través del acumulador de calor de alta temperatura de conformidad con la invención sólo tiene que transportar aire frío del ambiente, de manera que pueden ser usados componentes disponibles comercialmente y rentables. Esto reduce los costos y aumenta considerablemente la disponibilidad.
- Por último, esto también reduce la potencia de accionamiento eléctrico necesaria para el ventilador porque el volumen del aire ambiental frío es mucho menor que el del aire caliente. Esto reduce aún más los costos de operación y aumenta la eficacia del sistema.
- El calor es descargado de la misma manera, es decir, el aire frío, preferentemente el aire ambiental, es pasado a través del medio de almacenamiento y absorbe el calor presente en el módulo de almacenamiento. El aire caliente es conducido a través de canales adecuados a un intercambiador de calor, que transfiere el calor nuevamente a una sal fundida, aceite térmico u otro medio o preferentemente agua o vapor.
- La ventaja de este sistema sobre otros sistemas de almacenamiento de calor es que con arena, grava, piedra o corindón, y si es necesario también con grafito, pueden ser usados materiales de almacenamiento de calor muy económicos y disponibles en todas partes. Estos materiales tienen una estabilidad muy alta de los ciclos de carga y descarga en amplios rangos de temperatura y pueden ser usados continuamente en cualquier intervalo de temperatura técnicamente interesante. El calor es llevado al material de almacenamiento de calor a través del aire a bajas presiones como un medio que puede ser fácilmente transportado por los ventiladores. La transferencia de calor entre el aire y el material de almacenamiento de calor es muy buena debido al flujo alrededor del material de almacenamiento de calor.
- En una realización ventajosa, sólo el aire frío con temperaturas por debajo de 50 - 60 °C es pasado alguna vez por el ventilador, lo que es muy ventajoso para el rendimiento del ventilador y el consumo de energía del sistema.
- Otra realización ventajosa prevé la recuperación del calor residual del flujo de aire de escape. Esto significa que la corriente de aire de salida libera el calor residual existente a la corriente de aire frío después del ventilador a través de un intercambiador de calor aire-aire recuperativo o regenerativo. La recuperación de calor permite una operación de descarga más extensa y aumenta la eficacia del sistema en general. Técnicamente, tal intercambiador de calor aire-aire es fácil de controlar.
- En una realización optimizada operacionalmente, parte del flujo de aire también puede circular. Esto puede ser implementado en todo el sistema o sólo a través del intercambiador de calor. Los conductos de aire del sistema pueden estar fabricados con componentes y materiales estándares a bajo costo.
- Los grandes sistemas de intercambiadores de calor disponibles en el mercado (por ejemplo, intercambiadores de calor vapor-aire) u otros sistemas de calderas de calor de residuos modificados disponibles en el mercado pueden ser usados como intercambiadores de calor. El uso opcional de un quemador auxiliar o de un sistema auxiliar de encendido con combustibles convencionales tal como gas natural o petróleo permite optimizar el procedimiento de carga y, sobre todo, de descarga y estabilizarlo operacionalmente.
- En principio, no es necesario usar materiales o aparatos especiales y costosos para este procedimiento o sistema. Esto significa que incluso los sistemas de almacenamiento de calor a gran escala pueden ser implementados a bajo costo.
- Mediante las posibilidades de optimización adecuadas, por ejemplo, en la estratificación del medio de almacenamiento o la variación de los diámetros promedio del tamaño de grano del material de almacenamiento usado, este sistema también puede ser mantenido dentro de las dimensiones aceptables en cuanto a tamaño y densidad de almacenamiento en su volumen requerido y las áreas requeridas.
- Otra aplicación de este procedimiento o sistema es la alimentación directa de aire caliente calentado, por ejemplo, de plantas de energía solar, tal como centrales eléctricas de torre, o aire de escape de las turbinas de aire caliente o gases de escape calientes de las turbinas de gas al canal de aire (segunda línea de alimentación) del sistema después del ventilador presente en la segunda línea de suministro.
- Esto permite que el calor correspondiente sea fácilmente transferido al sistema de almacenamiento sin afectar al ventilador. De acuerdo con los parámetros de temperatura y presión establecidos, el ventilador puede funcionar en consecuencia y, por lo tanto, transporta un flujo de aire correspondiente del entorno, que luego es mezclado con los flujos suministrados. Es incluso concebible que el ventilador no sea necesario si, por ejemplo, la temperatura de los gases de escape de una turbina de gas es lo suficientemente alta y hay una presión de gases de escape correspondientemente alta que es suficiente para superar la pérdida de presión a través del sistema de almacenamiento.
- En principio, este sistema también puede ser usado para almacenar y usar el calor de corrientes de aire caliente o de escape en aplicaciones industriales.

La medida en que un intercambiador de calor aire-aire para recuperar el calor residual, como es descrito en una sección anterior, puede contribuir a la optimización en estas aplicaciones, y entonces su sitio de instalación, depende de los parámetros respectivos.

5 El cumplimiento de las normas y regulaciones relevantes en relación a las emisiones no es un problema para este procedimiento o sistema cuando son usados gases de escape de combustión, tal como, por ejemplo, gases de combustión auxiliar o gases de escape de las turbinas de gas.

10 Dependiendo de la aplicación y de los requisitos de temperatura del aire, el material de almacenamiento también puede ser optimizado en términos de material y/o estructura de capas. Por ejemplo, esta optimización puede incluir el uso de esferas cerradas llenadas con un material de cambio de fase (PCM) en lugar de arena, grava, corindón o grafito. En ese diseño, las ventajas del acumulador de calor (por ejemplo, altas temperaturas de entrada durante la carga, transferencia de calor favorable y uso de materiales eficaces en función de los costos) pueden ser combinadas con las ventajas de PCM para esa aplicación (a saber, una temperatura en gran medida estable en la salida del aire). La temperatura estable en la salida del aire aporta ventajas en la gestión operativa y el diseño de los componentes en muchos procedimientos posteriores (generadores de vapor, etc.).

15 Para la realización de un acumulador de calor de alta temperatura, ha sido demostrado que es ventajoso disponer el material de almacenamiento en el módulo o módulos de almacenamiento en forma de una superficie de almacenamiento, que puede, por ejemplo, estar dispuesta como una pared divisoria entre el suelo y el techo de la carcasa. La superficie de almacenamiento también puede estar dispuesta horizontalmente. Con esto son logrados diversos efectos positivos.

20 En primer lugar, la disposición del material de almacenamiento en forma de una o más superficies de almacenamiento asegura que la resistencia al flujo del medio de transferencia de calor cuando fluye a través de las superficies de almacenamiento sea muy baja. Esto es debido a que una superficie de entrada y una superficie de salida de al menos una superficie de almacenamiento es muy grande en comparación con la sección transversal del flujo en la tubería de suministro o en la tubería de descarga. Por lo tanto, el medio de transferencia de calor fluye a muy baja velocidad a través de al menos una superficie de almacenamiento y sólo ocurren pérdidas de presión muy pequeñas al fluir a través de la al menos una superficie de almacenamiento.

25 Otro efecto importante es que la superficie de almacenamiento es relativamente delgada en la dirección del flujo del medio de transferencia de calor, de modo que el medio de transferencia de calor sólo tiene que cubrir una distancia corta a través de la superficie de almacenamiento. Esto también conduce a la reducción de las pérdidas de presión. Sin embargo, dado que el portador de calor, como ya ha sido mencionado, fluye a través de la superficie de almacenamiento a una velocidad de flujo muy baja, una gran parte del calor sensible almacenado en el portador de calor es transferido, no obstante, al material de almacenamiento y, por tanto, es almacenado en el depósito o módulo de almacenamiento.

30 Por supuesto, también es posible que el medio de transferencia de calor fluya a través de diferentes paredes de almacenamiento varias veces en su trayectoria desde el suministro hasta la descarga. Si el medio de transferencia de calor fluye sucesivamente a través de varias superficies de almacenamiento, por ejemplo, también dispuestas en cascada, entonces las diferentes superficies de almacenamiento tienen temperaturas diferentes, de modo que la pérdida de energía es reducida al mínimo si el medio de transferencia de calor frío fluye a través de las paredes de almacenamiento en la dirección opuesta al flujo cuando el almacenamiento es descargado. Esto es debido a que el medio de transferencia de calor inicialmente frío es calentado por una pared de almacenamiento cuya temperatura es sólo ligeramente superior a la temperatura del medio de transferencia de calor frío. El medio de transferencia de calor precalentado de esta manera fluye entonces a través de una segunda superficie de almacenamiento cuya temperatura es ligeramente superior a la de la primera superficie de almacenamiento, y así sucesivamente. Esto hace posible, de manera similar a un intercambiador de calor en contracorriente, llevar a cabo la transferencia de calor tanto durante la carga como durante la descarga con una diferencia de temperatura casi constante entre el material de almacenamiento y el medio de transferencia de calor, lo que minimiza las pérdidas de energía durante la carga y descarga del módulo de almacenamiento de acuerdo con la invención.

35 Dado que el módulo de almacenamiento está lleno de un medio de almacenamiento granular y que este medio de almacenamiento granular en general fluye libremente o es vertible, es necesario en muchos casos que al menos el área de entrada y el área de salida de las superficies de almacenamiento estén delimitadas por una malla, una rejilla, una placa perforada, un vellón y/u otra interfaz porosa permeable al gas. Esto asegura que el material almacenado permanezca en el lugar previsto. Esto puede ser imaginado como una pared de almacenamiento similar a una cesta de malla metálica llena de piedras o piedra triturada o grava.

40 Por supuesto, es importante asegurar que la malla, la rejilla, la placa perforada y/o el vellón proporcionen al medio de transferencia de calor la menor resistencia posible al flujo para minimizar las pérdidas de presión al fluir a través del área de almacenamiento.

45 Puede ser necesario proporcionar una estructura de apoyo en el área de la superficie de entrada y/o la superficie de salida. Esta estructura de soporte puede estar formada, por ejemplo, por varias varillas metálicas dispuestas

paralelamente entre sí, que sostienen, por ejemplo, una rejilla o una placa perforada o un vellón que impide que el material almacenado en las superficies de almacenamiento caiga. Por supuesto, debe asegurarse que la estructura de soporte reduzca el área de la sección transversal de la superficie de almacenamiento lo menos posible, a fin de mantener las ventajas ya mencionadas de baja velocidad de flujo y bajas pérdidas de presión.

5 Un diseño particularmente ventajoso en este sentido es que el área de almacenamiento esté diseñada como una pared vertical y que diversas láminas dispuestas verticalmente una sobre la otra estén provistas dentro de las áreas de almacenamiento. Estas láminas pueden ser de chapa de acero, por ejemplo, y sirven para mantener el material de almacenamiento en su posición. Estas láminas pueden, por ejemplo, ser formadas como placas de acero inclinadas. A través de las láminas inclinadas, la gravedad fuerza el material de almacenamiento en el centro de la superficie de almacenamiento. Por lo tanto, puede omitirse una estructura de apoyo en las superficies de entrada y salida. Además, en muchos casos no es necesaria una red, una rejilla, una placa perforada o un vellón en las superficies de entrada y salida. Esto reduce de manera adicional la resistencia al flujo de la superficie de almacenamiento y también reduce los costos de fabricación.

10 Para crear tal superficie de almacenamiento es suficiente construir en primer lugar las láminas en una estructura de soporte correspondiente dentro de la carcasa y luego verter el material de almacenamiento en el espacio entre las tablillas. La disposición inclinada hacia adentro de las láminas forma así una superficie de almacenamiento.

En una sección vertical, este muro de almacenamiento parece un número de conos de descarga apilados verticalmente, en el que las láminas aseguran que los diferentes conos de descarga tengan la misma área base, de modo que sea creada una pared de almacenamiento vertical con un espesor de pared aproximadamente constante.

15 Otro diseño ventajoso establece que al menos una superficie de almacenamiento está limitada por paredes herméticas al gas, con la excepción del área de entrada y el área de salida. Estas paredes herméticas al gas son necesarias para asegurar que el medio de transferencia de calor sea forzado a fluir a través de la superficie de almacenamiento y así evitar un cortocircuito entre la entrada y la salida, pasando por alto al menos un área de almacenamiento. Sólo así puede ser garantizado que todo el material almacenado en el módulo de almacenamiento sea usado también para almacenar calor sensible y, por lo tanto, la eficacia y el rendimiento del módulo de almacenamiento es elevado.

20 La arena, la grava, las piedras, el corindón o el grafito y/o el denominado material de cambio de fase (PCM) pueden ser usados como material de almacenamiento. Los diámetros de 2 mm a 80 mm han demostrado ser de un tamaño adecuado para los granos individuales de estos materiales granulares, con la excepción del PCM posiblemente usado. Si son usados PCM, deben ser almacenados en recipientes adecuados en el depósito de almacenamiento, cuya forma y tamaño son optimizados en términos de transferencia de calor y expansión térmica.

25 En principio, cuanto más pequeño es el diámetro, más rápido es calentado el grano en el núcleo. Sin embargo, los espacios entre los granos también son reducidos y como resultado la resistencia al flujo aumenta. En este caso, cabe encontrar un compromiso adecuado de acuerdo con las exigencias del caso concreto.

30 También es posible que el material de almacenamiento esté en capas horizontales o verticales dentro de una pared de almacenamiento y que el diámetro del material de almacenamiento usado o el propio material de almacenamiento varíe de capa a capa. De esta manera, las propiedades térmicas del material de almacenamiento pueden ser adaptadas a las condiciones fluidicas y térmicas que prevalecen en la zona respectiva de la pared de almacenamiento, y así es optimizado aún más el rendimiento del módulo de almacenamiento.

35 Para evitar que el material de almacenamiento sea "segregado" con el tiempo, debido a que los granos más pequeños del material de almacenamiento caen hacia abajo bajo la fuerza de la gravedad y los granos más grandes permanecen en la parte superior, puede ser necesario disponer una estructura formadora de espacio que consista en pequeños tubos, anillos de Raschig, rejillas tridimensionales y/u otros materiales de empaque dentro del área de almacenamiento. Esto asegura que el material de almacenamiento no sea comprimido ni segregado con el tiempo y, como resultado, la resistencia al flujo a través de la superficie de almacenamiento sea aumentada en esta área con el material de almacenamiento comprimido.

40 Para poder controlar la carga y descarga del módulo de almacenamiento de acuerdo con la invención, es proporcionado un elemento de cierre, en particular una compuerta, en al menos una tubería de suministro y/o en al menos una tubería de descarga.

45 Al menos una de las superficies de almacenamiento puede tener la forma de una pared de almacenamiento cilíndrica o espiral. Es particularmente ventajoso que diversas paredes de almacenamiento cilíndricas estén dispuestas concéntricamente entre sí. Esto da como resultado un rendimiento muy alto con un bajo volumen de construcción del módulo de almacenamiento y al mismo tiempo es optimizada la transferencia de calor durante la carga y descarga.

Por supuesto, dependiendo de la geometría del módulo, al menos una capa de almacenamiento puede ser diseñada como un cuboide, paralelepípedo, cilindro, cilindro hueco y/o como una pared con una base en forma de espiral.

55 En principio, es posible instalar una tubería de suministro y una tubería de descarga para el medio de transferencia de calor en cualquier punto de la carcasa. Se debe poner cuidado de modo que al menos una tubería de entrada y otra

de salida permitan un flujo uniforme a través de las superficies de almacenamiento y que la pérdida de presión del medio de transferencia de calor sea reducida al mínimo cuando fluya a través de las superficies de almacenamiento. Por lo tanto, a menudo es aconsejable proporcionar la tubería de suministro en el lateral y la tubería de descarga en la parte superior de la carcasa del módulo de almacenamiento. Por supuesto, los conductos de suministro y de descarga también pueden ser instalados en cualquier punto del módulo de almacenamiento.

Con el fin de minimizar las fluctuaciones de temperatura de la carcasa durante la carga y descarga, también ha sido demostrado que es ventajoso revestir el interior de la carcasa con una capa de material de almacenamiento. Este material de almacenamiento participa así en el almacenamiento de calor. Otra ventaja de esta capa de material de almacenamiento que reviste el interior de la carcasa es que son amortiguadas sus fluctuaciones de temperatura, reduciendo así sus cargas térmicas.

No es necesario señalar que el recinto, preferentemente en su exterior, está térmicamente aislado para minimizar la pérdida de energía por radiación o convección en el ambiente. El módulo de almacenamiento puede ser conectado en serie o en paralelo con diversos módulos de almacenamiento similares o idénticos. Esto hace posible proporcionar un tanque de almacenamiento de alta temperatura que puede ser ensamblado a partir de varios módulos de almacenamiento según sea necesario. Los módulos de almacenamiento pueden estar fabricados de forma rentable en tamaños estandarizados. Este diseño modular también simplifica el transporte al sitio de instalación.

Otra ventaja de este diseño modular es que los módulos de almacenamiento individuales pueden ser añadidos más tarde si es necesario o, en caso de daños, pueden ser reemplazados sin necesidad de que la planta de energía solar sea apagada.

Como material de almacenamiento es usado arena, grava, piedra, corindón, grafito o materiales similares (por ejemplo, PCM) o sus combinaciones.

La ventaja de este tipo de tanque de almacenamiento en comparación con otros posibles sistemas de almacenamiento de calor es que con arena, grava, piedra o corindón, y si es necesario también con grafito o materiales PCM, puede ser usado un material de almacenamiento de calor muy económico y disponible en todas partes. El diseño del módulo de almacenamiento y de las superficies de almacenamiento permite que el tanque de almacenamiento sea cargado y descargado con mínimas pérdidas de presión.

El acumulador puede ser construido en diversos diseños, pero ha sido demostrado que es ventajoso diseñar los módulos de almacenamiento individuales en forma de recipientes con dimensiones estándar. Por consiguiente, son fáciles de transportar y de fabricación económica. Estos módulos pueden ser alineados o colocados uno encima del otro, de manera que la capacidad total de almacenamiento pueda ser aumentada fácilmente en consecuencia. De acuerdo con la aplicación, puede ser útil usar diseños estándares de recipientes tal como, por ejemplo, diseños de recipientes de tanque.

Los canales de aire correspondientes para el suministro y la salida de aire con compuertas de aire están conectados a estos módulos de almacenamiento. Los módulos de almacenamiento pueden estar diseñados de manera tal que las conexiones de los canales de aire estén dispuestas por encima y por debajo o a los lados. Esto permite una gran flexibilidad en cuanto a las necesidades de espacio.

En principio, no es necesario usar materiales o equipos especiales con este acumulador, dado que el acumulador también puede funcionar a presiones absolutas inferiores a 0,15 MPa. Esto significa que incluso los grandes sistemas de almacenamiento de calor pueden ser implementados a bajo costo.

Las posibilidades de optimización adecuadas, por ejemplo, en la estratificación del medio de almacenamiento o la variación del diámetro promedio del tamaño de grano del material de almacenamiento usado dentro de un módulo o de un módulo a otro, también permiten una interconexión óptima de acuerdo con los requisitos.

El funcionamiento a presiones superiores a 0,15 MPa también es posible en principio, pero se espera que la inversión y los costos de explotación sean considerablemente mayores.

#### 45 **Dibujos**

Las realizaciones de ejemplo de las Figuras 1 a 9 no son parte del alcance de la protección de las reivindicaciones.

La Fig. 1 muestra la carga del sistema de almacenamiento de calor

La Fig. 2 muestra la descarga del sistema de almacenamiento de calor

La Fig. 3 muestra la carga del sistema de almacenamiento de calor, realización de ejemplo con compuertas de control 15,

Las Figs. 4 a 9 muestran realizaciones de ejemplo de acumuladores de calor de alta temperatura y

La Fig. 10 muestra un diagrama de bloques de una segunda realización de ejemplo del acumulador de calor de alta temperatura de acuerdo con la invención.

**Descripción de los ejemplos de diseño**

- 5 La Figura 1 a) muestra un diseño básico del acumulador de calor de alta temperatura y su funcionamiento durante la carga. El aire frío del ambiente es suministrado a un intercambiador de calor 3 a través de un conducto de aire, en adelante también denominado segunda tubería de suministro 19, una tubería de derivación 21 y la compuerta 11 con la ayuda del ventilador 4. Un módulo de memoria es designado con el número de referencia 29. Una compuerta 10 es cerrada durante la carga.
- 10 El exceso de calor del campo solar es alimentado a través del medio de transferencia de calor del campo solar, por ejemplo, vapor o aceite térmico, al intercambiador de calor 3 a través de una tubería 1.
- 15 A través del intercambiador de calor 3, el exceso de calor del campo solar es transferido al flujo de aire que es pasado. El medio de transferencia de calor refrigerado del campo solar sale del intercambiador de calor 3 a través de una tubería 2. El aire calentado es introducido en el módulo de almacenamiento 29 a través del canal de aire 5, una primera tubería de suministro 17 y la compuerta de aire 13. El aire caliente es distribuido en una sección transversal mayor dentro de una carcasa 16 del módulo de almacenamiento 29 y fluye a través del material de almacenamiento térmico 6, por ejemplo, a través de placas perforadas 7 o lanzas. La carcasa 16 puede ser de metal, hormigón y/u otro material adecuado y está provista con aislamiento térmico si es necesario (no mostrado).
- 20 El material de almacenamiento de calor 6 también puede estar dividido en diversas capas, con diferentes espesores de capa, diferentes materiales de almacenamiento y diferentes diámetros promedio del material de almacenamiento. Para evitar que resulten mezcladas, las diferentes capas pueden ser separadas entre sí mediante un vellón resistente a las altas temperaturas y permeable al aire o placas o redes perforadas o estructuras cerámicas porosas.
- El aire caliente libera el calor al material de almacenamiento de calor 6 y sale del módulo de almacenamiento 29 a través de la primera tubería de descarga 18 y la compuerta 9 abierta. Al cargar el módulo de almacenamiento 29, las compuertas 8, 12 y 10 son cerradas.
- 25 La Figura 1b muestra una realización de ejemplo alternativa que, además de los componentes ya descritos en relación con la Figura 1a, tiene una tubería 24 y una compuerta 23 dispuestas de forma controlable en esta tubería 24.
- 30 Si está disponible, el aire caliente o los gases de escape calientes de un procedimiento anterior pueden ser introducidos directamente en el módulo de almacenamiento 29 a través de esta tubería 24, de modo que el calor sensible que contiene puede ser almacenado en el módulo de almacenamiento 29 sin el “desvío” a través de un intercambiador de calor aire/aire.
- Dado que la tubería 24, corriente abajo del ventilador 4, es desembocada en la segunda tubería de suministro 19, el ventilador 4 no está expuesto a las altas temperaturas del aire o los gases de escape que fluyen en la tubería 24. La tubería 24 permite así la inyección de calor sensible de un medio gaseoso (aire o gases de escape) a temperaturas más bajas que en el intercambiador de calor 3.
- 35 La Figura 2 muestra esquemáticamente la descarga del sistema de almacenamiento de calor de alta temperatura de acuerdo con la Figura 1 a). La descarga del sistema de almacenamiento de calor de alta temperatura de acuerdo con la Figura 1 b) es llevada a cabo de la misma manera con la compuerta 23 cerrada, de modo que no es necesaria una descripción separada.
- 40 Durante la descarga, el aire frío del ambiente con una temperatura inferior a aprox. 50°C también es aspirado por el ventilador 4 y alimentado al módulo de almacenamiento 29 a través de la segunda tubería de suministro 19 y la compuerta 10 abierta. La compuerta 11 es cerrada durante la descarga.
- 45 A través de placas perforadas 7 o lanzas, el aire frío es distribuido dentro de la carcasa 16 y conducido a través del medio de almacenamiento 6, en el que absorbe el calor. El aire calentado sale del tanque de almacenamiento a través de la segunda tubería de descarga 20 y de la compuerta 12 abierta, y después es dirigido a través de la tubería de derivación 21 al intercambiador de calor 3, en el que es calentado el medio de transferencia de calor que fluye en las tuberías 1 y 2.
- El intercambiador de calor 3 puede estar diseñado básicamente como una caldera de recuperación de calor estándar, corriente abajo de las turbinas de gas.
- 50 En el intercambiador de calor 3, el aire caliente libera el calor a un procedimiento posterior de la central eléctrica con un ciclo agua-vapor, que no es mostrado en la presente memoria, por ejemplo, en el que el agua es pasada al intercambiador de calor 3 por la tubería 2 y deja el intercambiador de calor 3 por la tubería 1 como vapor con las correspondientes altas temperaturas.
- Puede ser instalada una alimentación suplementaria 14 antes del intercambiador de calor 3, que puede ser usado para aumentar en forma adicional la temperatura del aire y/o mantener estable la transferencia de calor en el intercambiador

de calor. Este diseño con alimentación suplementaria 14 es particularmente ventajoso si el tanque de almacenamiento es descargado hasta un punto tal que la temperatura del aire haya sido descendida a un nivel en el que ya no es posible un funcionamiento razonable del procedimiento de la central eléctrica.

5 El diseño práctico detallado depende de un gran número de parámetros de marco. Por ejemplo, en el caso de los grandes acumuladores puede ser útil dividir el flujo hacia el material del acumulador en varias secciones e instalar reguladores individuales controlables 15 para nivelar el flujo. Estas compuertas 15 de control son ajustados de manera tal que las condiciones de flujo de aire y de presión sean distribuidas de forma óptima.

La Figura 3 muestra un principio correspondiente para cargar el tanque de almacenamiento con compuertas 15 de control.

10 Estos amortiguadores de control también pueden ser usados sensatamente durante la descarga, por ejemplo, para descargar el tanque de almacenamiento sección por sección y para mantener el nivel de temperatura del aire después del tanque de almacenamiento más estable a un nivel alto durante un período de tiempo más largo.

15 La Figura 4 muestra una vista en planta desde arriba de una primera realización ejemplar de un módulo de memoria 29, que consiste en una carcasa 16 en la que es desembocada una tubería de suministro 17. Un medio de transferencia de calor caliente, tal como aire, puede ingresar al interior de la carcasa 16 a través de la tubería de suministro 17. En el lado del módulo de almacenamiento 29, frente a la tubería de suministro 17, está dispuesta una tubería de descarga 18 para la extracción del medio de transferencia de calor enfriado en el módulo de almacenamiento 29.

20 Un total de ocho superficies de almacenamiento vertical 31.1 a 31.8 están dispuestas en la carcasa 16. Estas superficies de almacenamiento 31 son paralelas entre sí y están separadas. Consisten esencialmente en un material de almacenamiento tal como arena, grava, piedra triturada o similar.

En la realización de ejemplo mostrada, las superficies de almacenamiento 31 están diseñadas como una pared vertical (de almacenamiento); comienzan en la parte inferior 41 de la carcasa 16 y terminan en el techo de la carcasa 16. Este techo no es mostrado en la Figura 4 para permitir una vista del interior del módulo de almacenamiento 29.

25 Para distribuir el medio de transferencia de calor caliente que fluye a través de la tubería de suministro en la carcasa 16 de manera uniforme en todo el ancho del módulo de almacenamiento 29, es proporcionada una expansión del diámetro 33, que a modo de difusor provoca un retraso del medio de transferencia de calor que fluye a través de la tubería de suministro 17. La trayectoria del medio de transferencia de calor a través del módulo de almacenamiento 29 es indicada con una serie de flechas (sin números de referencia). Es evidente que el medio de transferencia de calor es forzado a fluir a través de una de las paredes de almacenamiento 31.1 a 31.8 para llegar de la tubería de suministro 17 a la tubería de descarga 18.

30 Para que sea logrado, las caras frontales de las paredes de almacenamiento 31 son cerradas con paredes herméticas al gas 35. Una pared hermética al gas 35 conecta dos capas de almacenamiento adyacentes 31 entre sí. En el caso de las superficies de almacenamiento 31.1 y 31.2, las superficies de almacenamiento están conectadas entre sí de forma hermética al extremo orientado a la tubería de suministro 17. En el caso de las paredes de almacenamiento 35 31.2 y 31.3, los extremos de las superficies de almacenamiento orientados a la tubería de descarga 18 están delimitados por una pared hermética al gas 35.

40 La pared de almacenamiento 31.1 está conectada a la carcasa 16 a través de una pared hermética al gas 35 en su extremo orientado a la tubería de descarga 18. De manera similar, las superficies herméticas al gas 35 están dispuestas alternativamente en las otras superficies de almacenamiento 31.3 a 31.8 en las caras de extremo. Esto significa que el medio de transferencia de calor caliente de la tubería de suministro 17 sólo puede fluir en cada segundo espacio intermedio entre dos superficies de almacenamiento 31 o una superficie de almacenamiento 31.1, 31.8 y la carcasa 16.

45 El medio de transferencia de calor fluye entonces a través de las superficies de almacenamiento 31 y puede entonces fluir en la dirección de la tubería de descarga 18 cuando alcanza el otro lado de la superficie de almacenamiento. Como ya es visible en la representación simplificada de la Figura 4, el total de ocho superficies de almacenamiento 31.1 a 31.8 tienen varias propiedades ventajosas para la carga y descarga del material de almacenamiento.

50 Las superficies de almacenamiento 31 forman una superficie de entrada muy grande 37 y, dado que es una pared de almacenamiento 31 recta, tienen una superficie de salida igualmente grande 39, lo que asegura que el medio de transferencia de calor pueda fluir a través de las paredes de almacenamiento 31 a una velocidad muy baja y por lo tanto con bajas pérdidas de presión.

Debido a la baja velocidad del flujo, el tiempo de residencia del medio de transferencia de calor en la superficie de almacenamiento 31 es relativamente extenso, de modo que una buena transferencia de calor entre el medio de transferencia de calor gaseoso y el material de almacenamiento 40 puede tener lugar en las superficies de almacenamiento 31.

Además, en la Figura 4, es evidente que, debido a que el espesor de las superficies de almacenamiento 31 es relativamente pequeño, el trayectoria de flujo del medio de transferencia de calor a través de las superficies de almacenamiento 31 es relativamente corta, lo que también tiene un efecto positivo en la pérdida de presión del medio de transferencia de calor cuando fluye a través de las superficies de almacenamiento 31.

5 La Figura 4 muestra la carga del módulo de memoria 29. Si el módulo de almacenamiento debe ser descargado, esto puede ser llevado a cabo, por ejemplo, invirtiendo la dirección del flujo e introduciendo aire frío en el módulo de almacenamiento 29 a través de la descarga 18. Este aire frío fluye en sentido contrario a la dirección del flujo al cargar el módulo de almacenamiento 29. El calor sensible allí almacenado es absorbido en gran medida a través de las paredes de almacenamiento 31 y sale de la carcasa 16 como medio de transferencia de calor caliente a través de la tubería de suministro 17. Por supuesto, también es posible y en muchas aplicaciones también ventajoso si la carga y descarga del módulo de almacenamiento son realizada a través de tuberías de suministro y descarga separadas, como es explicado por ejemplo en las Figuras 1 y 2. Estas tuberías adicionales de suministro y descarga no son mostradas en la Figura 4.

10 La Figura 5 muestra una primera realización de ejemplo de una superficie de almacenamiento ampliada y mostrada en una sección vertical.

15 La superficie del filtro 31 está limitada en la parte inferior por un piso 41 y en la parte superior por un techo 43 de la carcasa 16. Para evitar que el material de almacenamiento, que es mostrado como guijarros en la Figura 5, resulte deslizado hacia abajo por la gravedad, está dispuesta una placa o rejilla perforada 45 en la superficie de entrada 37 y en la superficie de salida 39. Esta placa o rejilla perforada 45 debe ser adaptada al material de almacenamiento en lo que respecta al tamaño de malla o al tamaño de los orificios, de manera que el material de almacenamiento no pueda pasar por los orificios o la rejilla 45. Al mismo tiempo, hay que asegurar que la resistencia al flujo a través de la rejilla 45 o la placa perforada sea aumentada lo menos posible. También es concebible proporcionar una rejilla estable 45 con una gran malla y colocar un vellón o una rejilla con una malla mucho más pequeña entre el material de almacenamiento y esta rejilla 45 (no mostrado).

20 La Figura 6 muestra otra realización de ejemplo de una pared de almacenamiento 31. En este ejemplo de diseño, no es necesaria una placa o rejilla perforada 45 dado que un gran número de láminas 47 están dispuestas verticalmente una encima de la otra en la superficie de entrada 37 y la superficie de salida 39.

25 Estas láminas 47, cuyo eje longitudinal es perpendicular al plano del dibujo, están inclinadas en ángulo para que el material de almacenamiento no caiga hacia afuera. La resistencia al flujo del medio de transferencia de calor a través de tal superficie de almacenamiento 31 con las compuertas 47 es muy baja. Además, esa superficie de almacenamiento 31 puede ser fabricada muy fácilmente in situ construyendo una estructura de apoyo (no mostrada) para las compuertas 47 de la carcasa 16. El espacio entre las compuertas 47 es llenado entonces con el material de almacenamiento. La posición inclinada de las compuertas 47 debe ser tal que, por un lado, no caiga ningún material de almacenamiento por el lado de la superficie de almacenamiento. Por otra parte, hay que poner cuidado para que la distancia entre las compuertas 47 en dirección vertical no sea demasiado grande, de modo que el espesor de la superficie de almacenamiento 31 sea mantenido relativamente constante en relación con el espesor de la pared. Si el espesor de la pared disminuye demasiado en ciertas áreas debido al ángulo de reposo del material de almacenamiento, entonces el medio de transferencia de calor fluiría preferentemente a través de esta área más delgada de la superficie de almacenamiento, como es indicado por las flechas sólidas de la Figura 6, y las otras áreas a nivel de las láminas 47 sólo tendrán poco flujo.

30 La distancia A también depende de la longitud de las láminas y de su ángulo de inclinación. Puede ser ventajoso disponer de un arreglo de compensación entre las láminas del lado de arriba y las del lado de abajo.

35 La distancia vertical A entre dos láminas 47 es, por lo tanto, un parámetro importante para el diseño de una superficie de almacenamiento 31.

40 La Figura 7 muestra una sección vertical a través de una realización de ejemplo de un módulo de memoria 29 cuya carcasa 16 es cilíndrica en la vista de planta desde arriba. La superficie de almacenamiento 31 es de diseño anular y está delimitada en dirección radial por las láminas 47 anteriormente descritas. Como también puede ser observado en la sección a lo largo de la línea A-A de la Figura 8, la superficie de almacenamiento 31 tiene forma circular. En este ejemplo de diseño, las láminas 47 también son circulares. A través de la tubería de suministro 17 el medio transmisor de calor caliente fluye hacia un espacio anular, que está limitado en el exterior por la carcasa 16 y en el interior por la superficie de almacenamiento 31, hacia el módulo de almacenamiento 29, fluye radialmente hacia el interior a través de la superficie de almacenamiento 31 y sale del módulo de almacenamiento 29 a través de una tubería de descarga dispuesta centralmente 18.

45 Del corte a lo largo del plano A-A de la Figura 8 es evidente que en este caso también hay un retraso muy fuerte del medio de transferencia de calor que fluye a través de la tubería de suministro y, por lo tanto, el medio de transferencia de calor puede fluir muy lentamente y con bajas pérdidas de presión a través de la pared del tanque de almacenamiento 31.

Otra gran ventaja del módulo de memoria es que las superficies de almacenamiento 31 consisten en última instancia en un material a granel de bajo costo que está fijado por una estructura simple y generalmente metálica. De esta manera se evitan problemas tal como las grietas por tensión, causadas por el calentamiento y enfriamiento regular de las capas de almacenamiento. También es fácil reemplazar el material de almacenamiento cuando sus propiedades térmicas resultan deterioradas debido al envejecimiento o cuando las condiciones de funcionamiento han sido cambiadas.

La Figura 9 muestra una vista en corte de otra realización de ejemplo de un módulo de memoria 29, en el que hay tres paredes de filtro concéntricas 31.1, 31.2, 31.3. Entre la carcasa 16 y la pared de almacenamiento más exterior 31.1 está formado el canal de entrada en forma de chaqueta de cilindro 49.1 ya descrito anteriormente. Además, entre la segunda pared del filtro 31.2 y la tercera pared del filtro 31.3 está formado otro espacio anular 49.2 que está conectado a la tubería de suministro 17 y es cargado así con el medio de transferencia de calor caliente. De estos dos espacios anulares 49.1 y 49.2 el medio transmisor de calor caliente fluye a través de las paredes de almacenamiento 31.1, 31.2 y 31.3 y es desembocado en la tubería de descarga 18 dispuesta centralmente. Para que el medio transmisor de calor refrigerado, que se encuentra en un tercer espacio anular 49.3 entre la primera superficie de almacenamiento 31.1 y la segunda superficie de almacenamiento 31.2, pueda ser descargado en la tubería de descarga 18, ha sido previsto un canal de conexión 51 para la tubería de descarga 18 en el centro de la carcasa 16.

La Figura 10 muestra una representación esquemática del acumulador de calor de alta temperatura de acuerdo con la invención. Es muy similar a las realizaciones de ejemplo mostradas en las Figs. 1 a 3, por lo que aquí sólo son explicados los componentes adicionales.

En el acumulador de calor de alta temperatura hay un intercambiador de calor aire/aire regenerativo o recuperativo 25 que, cuando es cargado el acumulador de calor de alta temperatura, transfiere el calor del aire de escape aún caliente del módulo del acumulador 29 que fluye en la primera tubería de descarga 18 al aire ambiente (aún) frío que fluye en la segunda tubería de suministro 19.

Esto reduce drásticamente las pérdidas de calor causadas por el aire de escape que sale del módulo de almacenamiento 29 a través de la primera tubería de descarga 18 y, como resultado, mejora la eficacia del almacenamiento y el rendimiento de la unidad de almacenamiento de calor a alta temperatura de acuerdo con la invención.

Al descargar el módulo de memoria 29, son abiertas las compuertas 8, 10 y 12 y son cerradas las compuertas 9, 11 y 13.

La compuerta 23 es controlada de la misma manera explicada con relación a la Figura 1b.

El aire ambiente aspirado por el ventilador 4 es calentado así a través del intercambiador de calor aire-aire 25 en el que el flujo de aire de escape en la tubería de descarga 18 aún libera calor residual antes de abandonar el sistema.

El flujo de aire de escape puede tener temperaturas de aproximadamente 90 a 250 grados centígrados, dependiendo del diseño y los parámetros.

Una gran parte del calor puede ser transferido al aire ambiente entrante a través del intercambiador de calor aire-aire 25 y así puede ser recuperado. Este calor permanece en el sistema y las pérdidas de calor causadas por el aire de escape que sale del módulo de almacenamiento 29 por el conducto 22 son drásticamente reducidas.

El intercambiador de calor aire-aire 25 requerido para este fin siempre puede operar en un buen punto de funcionamiento, dado que la masa de aire que entra por la segunda tubería de suministro 19 y la masa de aire de salida que sale por la primera tubería de descarga 18 o la tubería 22 son aproximadamente iguales.

De este modo, puede ser alcanzada una eficacia y un rendimiento del acumulador de calor de alta temperatura 29 para la inyección y extracción mayor que 90%.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de almacenamiento de la energía térmica en forma de calor de alta temperatura, en el que el calor es liberado al aire a través de un medio, como por ejemplo, vapor, agua, aceite térmico y/o sales líquidas o mezclas de sales, por medio de un intercambiador de calor (3), este aire calentado transporta el calor al medio de almacenamiento (6) y libera allí el calor al medio de almacenamiento (6), en el que el aire, después de haber liberado el calor al medio de almacenamiento (6), deja el medio de almacenamiento (6) como aire de escape,

**caracterizado porque**

10 para cargar el medio de almacenamiento (6) es usado aire ambiente, porque el aire ambiente es extraído del medio ambiente a través de un ventilador (4), y porque el aire ambiente es precalentado después del ventilador (4) a través de un intercambiador de calor aire-aire (25) con el aire de escape que sale del sistema.
- 15 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** para descargar el medio de almacenamiento (6) el aire es forzado a pasar a través del medio de almacenamiento (6) y así el calor es absorbido, y este aire calentado luego es pasado al intercambiador de calor (3) en el que el calor es transferido nuevamente a un medio, como por ejemplo, vapor, agua, etc., aceite térmico y/o sales líquidas o mezclas de sales, en el que el aire ambiente es usado para descargar el medio de almacenamiento (6), y en el que el aire ambiente es extraído del medio ambiente a través del ventilador (4), y en el que el aire ambiente después del ventilador (4) es precalentado a través del intercambiador de calor aire/aire (25) con el aire de salida del sistema.
- 20 3. Acumulador de calor de alta temperatura que comprende un módulo de almacenamiento (29) con una carcasa (16), en el que la carcasa (16) está al menos parcialmente llenada con un medio de almacenamiento (6), así como fuera de la carcasa (16), está dispuesto un primer intercambiador de calor (3) con un lado caliente y un lado frío, un ventilador (4), un intercambiador de calor aire-aire (25) que precalienta el aire ambiente con el aire de escape que sale del módulo de almacenamiento (29), una primera tubería de suministro (17), una segunda tubería de suministro (19), una primera tubería de descarga (18) y una segunda tubería de descarga (20), en el que la primera tubería de suministro (17), la segunda tubería de suministro (19), la primera tubería de descarga (18) y la segunda tubería de descarga (20) están conectadas a la carcasa (16), una primera tubería de derivación (21) y una segunda tubería de derivación (22), así como compuertas controlables (8 - 13) en la primera tubería de derivación (21), la segunda tubería de derivación (22), la primera tubería de suministro (17), la segunda tubería de suministro (19), la primera y la segunda tubería de descarga (18, 20), así como la primera tubería de derivación (21), en el que las compuertas controlables (8, 9, 12, 13) en la primera y segunda tubería de suministro (17, 19), la primera y segunda tubería de descarga (18, 20) están dispuestas directamente delante de la carcasa (16), en el que la primera tubería de derivación (21) conecta la segunda tubería de suministro (19) con la segunda tubería de descarga (20), sin pasar por la carcasa (16), en el que la segunda tubería de derivación (22) conecta la primera tubería de suministro (17) con la primera tubería de descarga (18) sin pasar por la carcasa (16), en el que la segunda tubería de descarga (20) está conectada con la primera tubería de derivación (21) corriente arriba del lado frío del primer intercambiador de calor (3), en el que el ventilador (4) y las compuertas están adaptados para transportar selectivamente el aire ambiente a través de la segunda tubería de suministro (19), la primera tubería de derivación (21), la segunda tubería de descarga (20), el primer intercambiador de calor (3) y la primera tubería de suministro (17) a la carcasa (16) o directamente a través de la segunda tubería de suministro (19) a la carcasa (16), en el que la primera tubería de descarga (18) y la segunda tubería de suministro (19) están conectadas al intercambiador de calor aire/aire (25).
4. Acumulador de calor de alta temperatura de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado porque** el medio de almacenamiento (6) es arena, grava, piedras, corindón y/o grafito con diámetros promedio de 2 a 80 mm.
- 45 5. Acumulador de calor a alta temperatura de acuerdo con la reivindicación 3 o 4, **caracterizado porque** el medio de almacenamiento (6) está en capas horizontales o verticales y cada capa puede tener un diámetro promedio diferente del medio de almacenamiento y/o diferentes materiales en cada capa.
6. Acumulador de calor de alta temperatura de acuerdo con las reivindicaciones 3 a 5, **caracterizado porque** el medio de almacenamiento (6) está distribuido en varios volúmenes individuales y estos pueden estar dispuestos unos junto a otros o también encima de otros o pueden estar dispuestos en cascada.
- 50 7. Acumulador de calor de alta temperatura de acuerdo con las reivindicaciones de la patente 3 a 6, **caracterizado porque** es introducido aire en el medio de almacenamiento (6) a través de lanzas con aberturas de rendijas y/u orificios.
8. Acumulador de calor de alta temperatura de acuerdo con las reivindicaciones 3 a 7, **caracterizado porque** el intercambiador de calor (3) está equipado con un sistema de encendido suplementario (14) para combustibles convencionales tal como, por ejemplo, petróleo o gas natural.
- 55 9. Acumulador de calor de alta temperatura de acuerdo con las reivindicaciones 3 a 8, **caracterizado porque** el flujo de aire en la primera tubería de descarga (18) después de la liberación de calor en el intercambiador de calor (3)

cuando el acumulador de calor es cargado a través del segundo intercambiador de calor (25) puede liberar el calor residual al aire que fluye en el primer conducto de derivación (21).

- 5 **10.** Acumulador de calor de alta temperatura de acuerdo con las reivindicaciones 3 a 9, **caracterizado porque** el flujo de aire en la segunda tubería de derivación (22) puede liberar el calor residual al aire que fluye en la segunda tubería de suministro (19) durante la descarga.
- 11.** Acumulador de calor de alta temperatura de acuerdo con las reivindicaciones 3 a 10, **caracterizado porque** una tubería (24) desemboca en la segunda tubería de suministro (19), y porque el aire caliente, en particular el aire caliente generado por el sol, o los gases de escape calientes, en particular los gases de escape de una turbina de gas, pueden ser transportados a través de la tubería (24) a la segunda tubería de suministro (19).
- 10 **12.** Acumulador de calor de alta temperatura de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado porque** la tubería (24) corriente abajo del ventilador (4) desemboca en la segunda tubería de suministro (19).
- 13.** Acumulador de calor de alta temperatura de acuerdo con las reivindicaciones 3 a 12, **caracterizado porque** tiene una compuerta controlable (23) en la tubería (24).
- 15 **14.** Acumulador de calor de alta temperatura de acuerdo con las reivindicaciones 3 a 13, **caracterizado porque** una sección de almacenamiento o capa de almacenamiento del módulo de almacenamiento (29) está llenada con bolas que están llenadas con un material de cambio de fase (PCM).
- 20 **15.** Acumulador de calor de alta temperatura de acuerdo con las reivindicaciones 3 a 14, **caracterizado porque** una sección de almacenamiento o capa de almacenamiento del módulo de almacenamiento (29) está llenada con elementos de almacenamiento termoquímicos y materiales de almacenamiento tal como esferas de zeolitas o de hidruros metálicos o materiales tal como CaO o Ca(OH)<sub>2</sub>.
- 16.** Acumulador de calor de alta temperatura de acuerdo con las reivindicaciones 14 a 15, **caracterizado porque** cada capa de acumulador (31) tiene una superficie de entrada (37) y una superficie de salida (39), y porque las capas de acumulador (31) están delimitadas en las superficies de entrada (37) y/o de salida (39) por una malla, una rejilla, una placa perforada y/o un vellón.
- 25 **17.** Acumulador de calor de alta temperatura de acuerdo con una de las reivindicaciones 14 a 16, **caracterizado porque** las capas del acumulador (31) están formadas como una pared vertical u horizontal, en forma de un cuboide, paralelepípedo, cilindro, cilindro hueco o como una pared con una base en forma de espiral.
- 18.** Acumulador de calor de alta temperatura de acuerdo con la reivindicación 17, **caracterizado porque** las capas del acumulador (31) consisten en o están delimitadas por una pluralidad de láminas (47), y porque las láminas (47) están dispuestas una sobre otra en dirección vertical.
- 30 **19.** Acumulador de calor de alta temperatura de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 18, **caracterizado porque** el medio de almacenamiento está en capas horizontales o verticales y cada capa tiene un diámetro promedio diferente del material de almacenamiento y/o un material de almacenamiento diferente.
- 35 **20.** Acumulador de calor de alta temperatura de acuerdo con una de las reivindicaciones 14 a 18, **caracterizado porque** dentro de las capas del acumulador (31) está intercalada una estructura que forma una red espacial de pequeños tubos, anillos de Raschig, rejillas tridimensionales u otro tipo de empaquetamiento para asegurar que el material del acumulador no resulte comprimido con el tiempo y no aumente la pérdida de presión a través del material del acumulador.
- 40 **21.** Acumulador de calor de alta temperatura de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 20, **caracterizado porque** una pluralidad de paredes cilíndricas del acumulador (31.1, 31.2, 31.3) están dispuestas concéntricamente unas con otras.
- 22.** Acumulador de calor de alta temperatura de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 21, **caracterizado porque** la carcasa (16) tiene al menos una tubería de suministro lateral (17) o al menos una tubería de descarga lateral (18) para el portador de calor.
- 45 **23.** Acumulador de calor de alta temperatura de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 22, **caracterizado porque** la primera y segunda tubería de suministro (17, 19) o la primera y segunda tubería de descarga (18, 20) para el portador de calor están conectadas a la carcasa (16) en un piso (41) y/o un techo (43).
- 24.** Acumulador de calor de alta temperatura de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 a 23, **caracterizado porque** la carcasa (16) está revestida en su interior por una capa de material acumulador.
- 50 **25.** Acumulador de calor de alta temperatura de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 24, **caracterizado porque** una pluralidad de módulos acumuladores (29) pueden estar dispuestos en conexión en serie o en conexión en paralelo.

26. Acumulador de calor de alta temperatura de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 25, **caracterizado porque** la carcasa (16) está diseñada en una construcción de recipiente modular en un tamaño de recipiente estándar y/o en un tamaño de recipiente de tanque.
- 5 27. Acumulador de calor de alta temperatura de acuerdo con una de las reivindicaciones 14 a 15, **caracterizado porque** al menos una de las capas del acumulador (31) está formada como una pared acumuladora cilíndrica (31.1, 31.2, 31.3), como una pared acumuladora en forma de espiral, como un cuboide o un paralelepípedo.

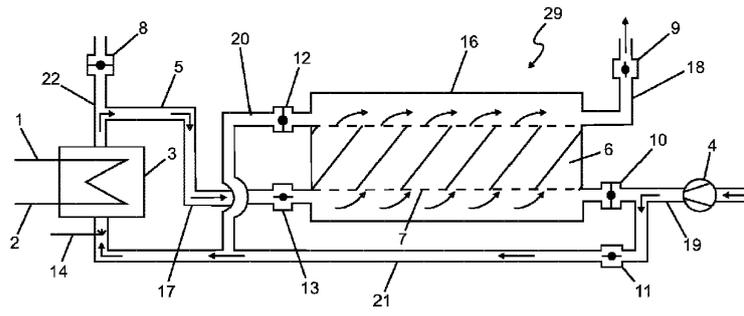


Fig. 1a

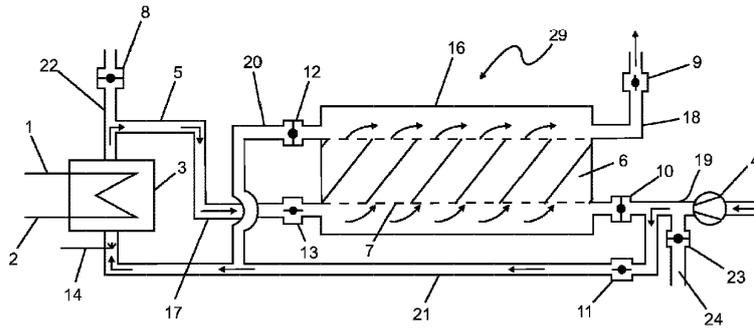


Fig. 1b

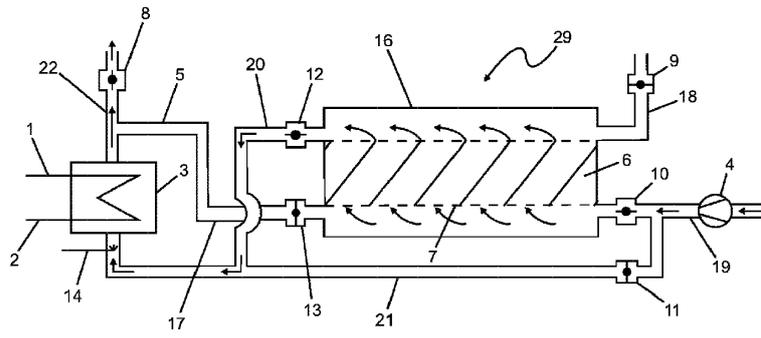


Fig. 2

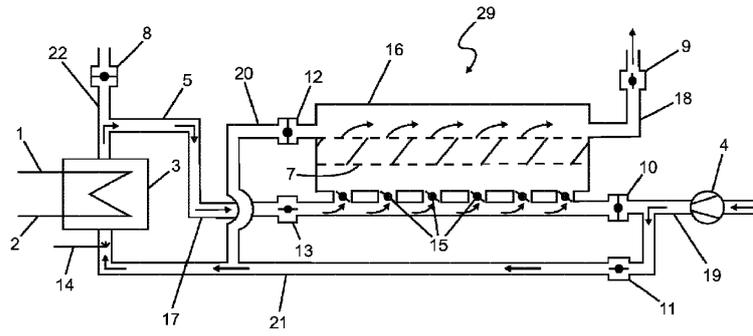


Fig. 3

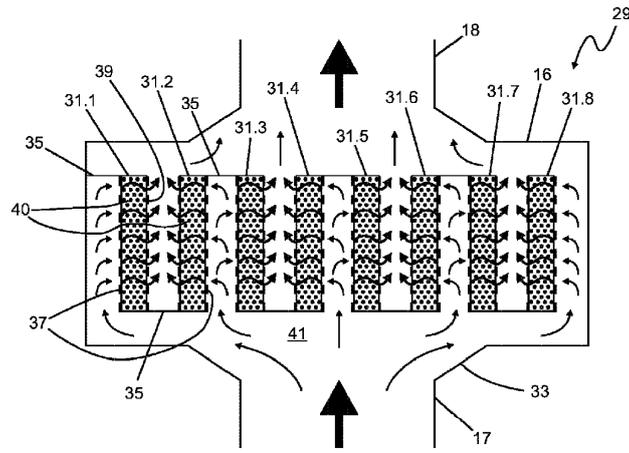


Fig. 4

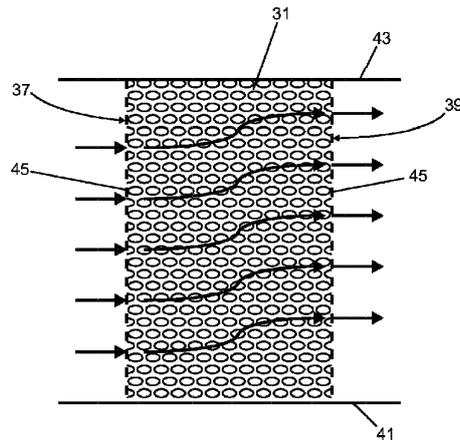


Fig. 5

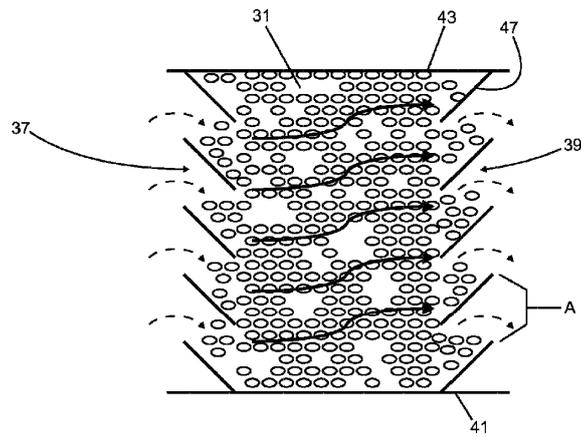


Fig. 6

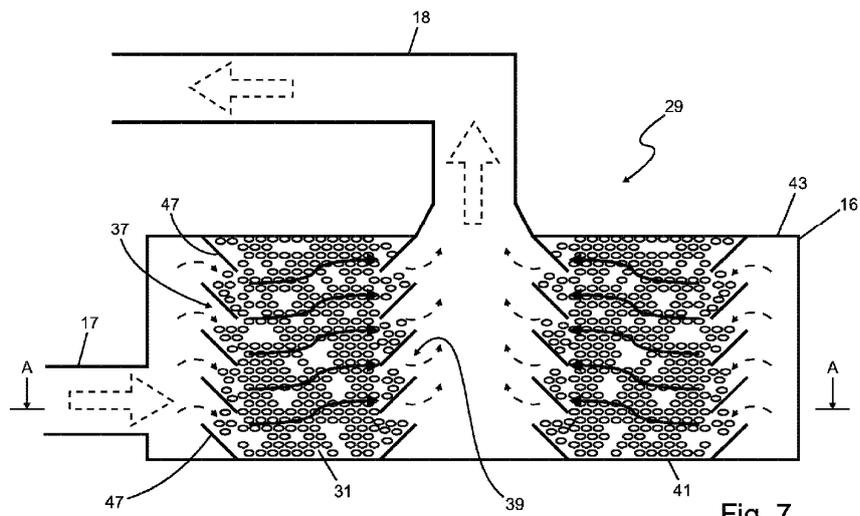


Fig. 7

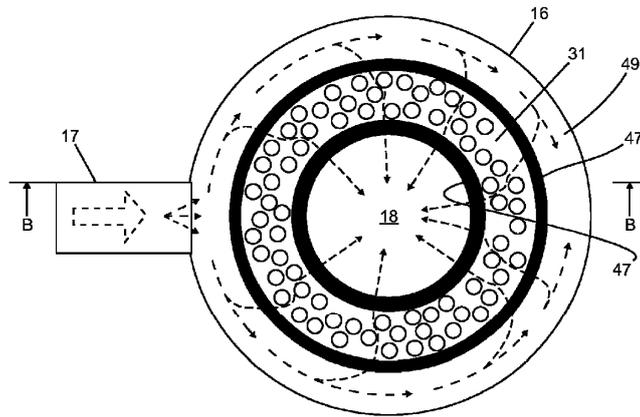


Fig. 8

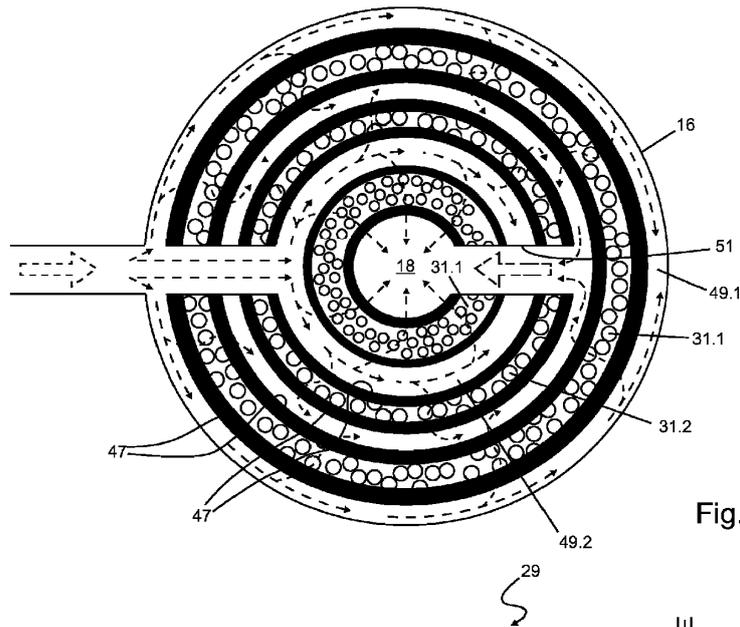


Fig. 9

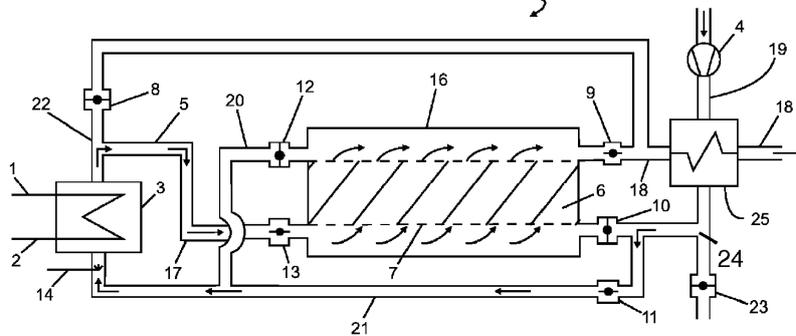


Fig. 10