

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 630 170**

51 Int. Cl.:

F24J 2/42 (2006.01)

F24J 2/48 (2006.01)

F28D 20/00 (2006.01)

C04B 35/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.11.2011 PCT/JP2011/075761**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.05.2012 WO12063838**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.11.2011 E 11839351 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.06.2017 EP 2639527**

54 Título: **Método y sistema para almacenar calor solar**

30 Prioridad:

08.11.2010 US 411249 P

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

18.08.2017

73 Titular/es:

**TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY (100.0%)
2-12-1, Ookayama Meguro-ku
Tokyo 152-0033, JP**

72 Inventor/es:

TAMAURA YUTAKA

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 630 170 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

Método y sistema para almacenar calor solar

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un método de almacenamiento térmico solar y un sistema para almacenar calor usando la energía de la luz solar.

10 Antecedentes de la técnica

En los últimos años, ha habido un creciente interés por la generación de energía usando energías renovables, tales como la luz solar y la energía eólica desde el punto de vista de la protección medioambiental global. Sin embargo, puesto que dicha energía renovable disminuye la estabilidad debido a su dependencia de las condiciones climáticas o similares, parece difícil que la energía renovable desempeñe un papel como fuente de energía de base.

Por el contrario, la energía solar que usa el calor solar genera energía de tal manera que concentra la luz solar con una lente y hace rotar una turbina con el vapor generado por el calor resultante de la concentración de la luz solar. Es decir, siempre que la luz solar golpea fuertemente en todo momento, es posible generar energía de manera estable y económica. Por esta razón, los países que tienen regiones desérticas y regiones secas han promovido la introducción de la generación de energía solar, y ha habido una creciente demanda de una energía térmica solar excelente en rentabilidad y fiabilidad a nivel internacional.

El almacenamiento de energía térmica solar es una tecnología recomendada para responder a la demanda de una energía térmica solar excelente en rentabilidad y fiabilidad puesto que la energía térmica concentrada en un sistema de energía solar concentrada (CSP) puede almacenarse directamente sin necesidad de transformar la energía térmica solar en otra forma de energía. Téngase en cuenta que la energía térmica puede almacenarse en un recipiente aislado y recogerse a través de un motor térmico o similar que genere electricidad (es decir, puede transformarse en energía eléctrica).

En cuanto a la energía solar, la literatura de patente 1, por ejemplo, propone un colector térmico de luz solar que recoge energía térmica solar con alta eficiencia y alta calidad y almacena la misma en un medio de calentamiento, un reflector de concentración de luz solar, un sistema de concentración de luz solar y un sistema que usa energía de luz solar, usando cada uno el colector térmico de luz solar.

Además, la literatura de patente 1 divulga un sistema de concentración de luz solar de haz descendente como un sistema que concentra luz solar. Téngase en cuenta que el sistema de concentración de luz solar de haz descendente también se divulga en la literatura de no patente 2.

El documento US 2010/0215897 A1 divulga unos recubrimientos de espinela de ferrita metálica que son capaces de almacenar energía, tal como energía solar, y liberar esa energía almacenada a través de una reacción de reducción-oxidación. El documento CN 101737957 A divulga un calentador de aire, con un cuerpo rotatorio de absorción de calor, para una central de energía térmica solar.

En este caso, como se muestra en la figura 6, el sistema de concentración de luz solar de haz descendente se refiere a un sistema en el que una pluralidad de espejos reflectores (heliostatos) 61 está dispuesta sobre el suelo y la luz de reflexión de la luz solar SB reflejada por la pluralidad de heliostatos 61 se refleja hacia abajo por un espejo reflectante de concentración de luz 62 dispuesto en un lugar alto y concentrado en un colector de calor 63.

50 Referencia de la técnica anterior

Literatura de patente

55 Literatura de patente 1: WO 2006/025449

Literatura de no patente

Literatura de no patente 1: "A molten salt system with a ground base-integrated solar receiver storage tank" por E. Epstein, A. Segal y A. Yogev, J. Phys. IV Francia 9, 95-104 (1999).

60 Sumario de la invención

Problemas a resolver por la invención

65 El sistema de concentración de luz solar de haz descendente divulgado en la literatura de patente 1 y la literatura de no patente 1 da lugar al problema de que puede concentrarse luz solar y suministrarse calor de aproximadamente

1000 a 1300 Kelvin (K) (de aproximadamente 700 a 1000 °C) a una instalación o construcción externa (en lo sucesivo en el presente documento denominada instalación externa) durante la jornada diurna, pero no puede suministrar calor de la alta temperatura mencionada a la instalación externa durante un período de tiempo prolongado (por ejemplo, 12 horas) durante la jornada nocturna, ya que el calor se almacena en un medio de calentamiento (sal fundida) que circula por el interior de una tubería.

Además, una velocidad de generación de calor que usa un haz concentrado de alto flujo es más rápida que una velocidad de conductividad térmica de un material de almacenamiento térmico. Por lo tanto, en un caso en el que el calor se almacena en un medio de calentamiento como en la literatura de patente 1, es realmente difícil equilibrar la velocidad de generación de calor y la velocidad de conductividad térmica. Este problema puede resolverse, por ejemplo, mediante la circulación del medio de calentamiento a una velocidad muy rápida, pero el método no es preferible ya que la instalación se hace más compleja y más grande y se reduce la eficiencia térmica.

La presente invención se ha hecho en vista de las circunstancias anteriores y tiene como objeto proporcionar un método de almacenamiento térmico solar y un sistema capaz de suministrar calor de aproximadamente 1000 a 1300 K a una instalación externa durante 24 horas con una configuración simple.

Medios para solucionar el problema

La presente invención proporciona un método de almacenamiento térmico solar para almacenar el calor procedente de la energía de la luz solar usando una capa de cerámica reactiva que se transforma de una forma oxidada a una forma reducida con una liberación de oxígeno cuando se calienta y vuelve a la forma oxidada cuando se pone en contacto con el oxígeno, comprendiendo el método de almacenamiento térmico solar: una etapa de irradiación de haz concentrado para irradiar una capa de cerámica reactiva con un haz concentrado obtenido por concentración de luz solar para calentar la misma; y una etapa de almacenamiento térmico para almacenar el calor emitido desde la capa de cerámica reactiva en el medio de almacenamiento térmico mientras que la capa de cerámica reactiva calentada en la etapa de irradiación de haz concentrado se pone en contacto con el gas que contiene oxígeno; en el que la capa de cerámica reactiva se mueve con el fin de pasar a una primera posición en la que se irradia por dicho haz concentrado y pasa a una segunda posición en la que emite dicho calor; en el que la etapa de irradiación de haz concentrado y la etapa de almacenamiento térmico se realizan repetidamente sobre la capa de cerámica reactiva; en el que el medio de almacenamiento térmico se proporciona con el fin de que tenga un pequeño hueco entre el medio de almacenamiento térmico y la capa de cerámica reactiva; y en el que el calor se transfiere al medio de almacenamiento térmico a través de la radiación procedente de la capa de cerámica reactiva y la convección del aire generada entre la capa de cerámica reactiva y el medio de almacenamiento térmico.

La presente invención incluye, preferentemente, una etapa de extracción de calor para hacer circular un medio de calentamiento para extraer el calor almacenado en el medio de almacenamiento térmico al exterior del medio de almacenamiento térmico después de la etapa de almacenamiento térmico.

Además, la presente invención proporciona un sistema de almacenamiento térmico solar para realizar el método de almacenamiento térmico solar anterior, incluyendo el sistema de almacenamiento térmico solar un cuerpo de rotación que tiene una capa de cerámica reactiva formada en una superficie delantera del mismo, formándose la capa de cerámica reactiva mediante el uso de una cerámica reactiva que se transforma de una forma oxidada a una forma reducida con una liberación de oxígeno cuando se calienta; un medio de accionamiento para hacer rotar el cuerpo de rotación en una dirección periférica; un elemento de aislamiento térmico proporcionado con el fin de cubrir una superficie periférica exterior del cuerpo de rotación y que tiene una parte de abertura que permite que el cuerpo de rotación se irradie con un haz concentrado obtenido por concentración de luz solar; un medio de almacenamiento térmico dispuesto cerca del cuerpo de rotación en una posición distante de la parte de abertura; y un medio de suministro de gas para suministrar el gas que contiene el oxígeno al cuerpo de rotación, estando el medio de rotación alcanza en rotación el medio de almacenamiento térmico después de pasar a través de la parte de abertura; en el que el calor se transfiere al medio de almacenamiento térmico a través de la radiación y la convección procedentes de la capa de cerámica reactiva.

En la presente invención, la capa de cerámica reactiva está formada, preferentemente, de ferrita de níquel. Además, en la presente invención, el medio de almacenamiento térmico incluye, preferentemente, un medio de extracción de calor para hacer circular un medio de calentamiento para extraer el calor almacenado en el medio de almacenamiento térmico al exterior del medio de almacenamiento térmico. Además, en la presente invención, el cuerpo de rotación es, preferentemente, un cuerpo cilíndrico formado de fibras de alúmina. En la presente invención, el medio de almacenamiento térmico se forma, preferentemente, usando un material de almacenamiento térmico formado por al menos uno de entre un material de carbono y sal.

Efecto de la invención

De acuerdo con la presente invención, es posible proporcionar un método de almacenamiento térmico solar capaz de suministrar calor de aproximadamente 1000 a 1300 K a una instalación externa durante 24 horas. Además, de

acuerdo con la presente invención, es posible proporcionar un sistema de almacenamiento térmico solar capaz de suministrar calor de aproximadamente 1000 a 1300 K a una instalación externa durante 24 horas.

Breve descripción de los dibujos

5 La figura 1 es un diagrama de flujo que muestra el flujo de un método de almacenamiento térmico solar de acuerdo con una realización de la presente invención;
la figura 2 es un diagrama explicativo para explicar el esquema de reacción y transferencia de calor;
la figura 3 es un diagrama de configuración que muestra la configuración de un aparato de almacenamiento
10 térmico solar de acuerdo con una realización de la presente invención;
la figura 4 es una gráfica que muestra los resultados de simulación de una operación de 8 horas en un modo diurno, en la que el eje horizontal representa el tiempo de operación (jornada diurna) (hora), el primer eje vertical representa la cantidad acumulada de calor almacenado (MJ) (curva B) y la temperatura del calor almacenado (0,1 K) (curva D), y el segundo eje vertical representa la cantidad de calor de salida por hora (kJ/h) (curva C);
15 la figura 5 es una gráfica que muestra la relación entre la distribución de temperatura (K) y la distribución de cantidad de calor almacenado (MJ/m) en relación con la altura de un tanque de almacenamiento térmico, en la que el eje horizontal representa la altura (m) y el eje horizontal representa la distribución de temperatura (K) y la distribución de cantidad de calor almacenado (MJ/m); y
20 la figura 6 es un diagrama conceptual para explicar un ejemplo convencional de un sistema de concentración de luz solar de haz descendente.

Realizaciones para realizar la invención

25 En lo sucesivo en el presente documento, haciendo referencia a los dibujos, según se requiera, se proporcionará una descripción detallada de los modos (realizaciones) para realizar la presente invención.

[Método de almacenamiento térmico solar]

30 Haciendo referencia a la figura 1, se proporcionará en primer lugar una realización de un método de almacenamiento térmico solar de acuerdo con la presente invención. Como se muestra en la figura 1, el método de almacenamiento térmico solar de acuerdo con la realización de la presente invención incluye una etapa de irradiación de haz concentrado S1 y una etapa de almacenamiento térmico S2.

(Etapa de irradiación de haz concentrado)

35 La etapa de irradiación de haz concentrado S1 se refiere a la etapa para irradiar una capa de cerámica reactiva con un haz concentrado obtenido por concentración de luz solar para calentar la misma mientras se mueve la capa de cerámica reactiva formada usando una cerámica reactiva que se transforma de una forma oxidada a una forma reducida con la liberación de oxígeno cuando se calienta y vuelve a la forma oxidada cuando se pone en contacto con el oxígeno.
40

45 Los ejemplos de medios para obtener el haz concentrado pueden incluir una pluralidad de heliostatos y un sistema de concentración de luz solar de haz descendente que refleja la luz reflejada por los heliostatos hacia abajo a través de un espejo de reflexión de concentración de luz dispuesto en un lugar alto. Específicamente, el medio se describe en el documento WO 2006/025449 y en "A molten salt system with a ground base-integrated solar receiver storage tank" por E. Epstein, A. Segal y A. Yogev, J. Phys. IV Francia 9, 95-104 (1999). Téngase en cuenta que el medio para obtener el haz concentrado no se limita a los mismos sino que puede incluir, por ejemplo, una lente de concentración.

50 El haz concentrado obtenido por el medio anterior tiene un alto flujo de aproximadamente 1300 a 2000 kW/m². Con el haz concentrado de un alto flujo como este, la capa de cerámica reactiva 21 puede calentarse hasta aproximadamente 1800 K, como se describirá a continuación, y el calor puede almacenarse en un medio de almacenamiento térmico como se describirá a continuación.

55 Los ejemplos de las cerámicas reactivas pueden incluir cerámicas de óxido férrico. Específicamente, los ejemplos de las cerámicas reactivas pueden incluir ferrita espinela (AFe₂O₄ (donde A representa uno de entre Mn, Co, Ni, Cu y Zn)). En particular, la NiFe₂O₄ (ferrita de Ni, ferrita de níquel) puede ser la de uso más adecuado. Además, también pueden usarse Mn₂O₃ (óxido de manganeso), Co₃O₄ (óxido de cobalto) o similares.
60

La capa de cerámica reactiva puede moverse por cualquier medio. Por ejemplo, una capa de cerámica reactiva formada usando las cerámicas reactivas se forma sobre la superficie periférica exterior de un cuerpo de rotación cilíndrico, y el cuerpo de rotación se hace rotar por un medio de accionamiento, tal como un motor. De esta manera, la capa de cerámica reactiva puede moverse como se ha descrito anteriormente.
65

(Etapa de almacenamiento térmico)

5 La etapa de almacenamiento térmico S2 subsiguiente hace referencia a la etapa para almacenar el calor emitido desde la capa de cerámica reactiva en el medio de almacenamiento térmico mientras que la capa de cerámica reactiva calentada en la etapa de irradiación de haz concentrado S1 se pone en contacto con un gas que contiene oxígeno. Téngase en cuenta que la capa de cerámica reactiva se mueve continuamente, incluso en la etapa de almacenamiento térmico S2.

10 El gas que contiene oxígeno puede ser cualquier sustancia que contenga oxígeno. Por ejemplo, puede usarse aire como tal. Téngase en cuenta que el gas oxígeno que tiene una alta concentración de oxígeno suministrado desde un cilindro de oxígeno o similar también puede usarse solo o en combinación con aire en cualquier proporción.

15 El medio de almacenamiento térmico se forma, preferentemente, usando un material de almacenamiento térmico formado por al menos uno de entre, por ejemplo, un material de carbono y sal. Los ejemplos del material de carbono pueden incluir grafito, un compuesto de carbono, o similares. Además, los ejemplos de la sal pueden incluir NaCl, sal de roca o similares. Téngase en cuenta que en el caso de usar el material de carbono, el material de carbono no está, preferentemente, en contacto con oxígeno para evitar la combustión. Con el fin de realizar esto, por ejemplo, un recipiente sellado que aloja el material de carbono se evacua o se llena con un gas inerte tal como helio y argón.

20 Como se describirá a continuación, el medio de almacenamiento térmico se proporciona con el fin de tener un pequeño hueco entre el medio de almacenamiento térmico y la capa de cerámica reactiva. En este caso, la transferencia de calor desde la capa de cerámica reactiva al medio de almacenamiento térmico se realiza mediante la radiación del calor procedente de la capa de cerámica reactiva y la convección del aire generada entre la capa de cerámica reactiva y el medio de almacenamiento térmico.

25 Después de la transferencia de calor al medio de almacenamiento térmico en la etapa de almacenamiento térmico S2, el proceso vuelve a la etapa de irradiación de haz concentrado S1 para realizar repetidamente las mismas operaciones. De esta manera, el calor solar puede almacenarse de manera continua y eficiente en el medio de almacenamiento térmico. Además, si la capacidad del medio de almacenamiento térmico se controla apropiadamente, el medio de almacenamiento térmico puede almacenar el calor con una cantidad de calor que permite el suministro de calor a una instalación externa durante la jornada nocturna (durante aproximadamente 12 horas) en la que no puede obtenerse luz solar.

35 El método de almacenamiento térmico solar de acuerdo con la realización descrita anteriormente incluye además, preferentemente, una etapa de extracción de calor.

(Etapa de extracción de calor)

40 La etapa de extracción de calor (no mostrada en la figura 1) hace referencia a la etapa para hacer circular un medio de calentamiento para extraer el calor almacenado en el medio de almacenamiento térmico en el exterior del medio de almacenamiento térmico, es decir, una instalación externa. La etapa puede realizarse mediante el intercambio de calor entre el medio de almacenamiento térmico y la instalación externa, y el calor de aproximadamente 1000 a 1300 K puede suministrarse a la instalación externa.

45 (Esquema de reacción y transferencia de calor)

50 En el método de almacenamiento térmico solar de acuerdo con la realización descrita anteriormente, la reacción y la transferencia de calor que se muestran en la figura 2 se realizan entre el haz concentrado, la capa de cerámica reactiva y el medio de almacenamiento térmico de acuerdo con las etapas respectivas descritas anteriormente.

55 En primer lugar, tal como se muestra en la figura 2, en la fase primaria de la etapa de irradiación de haz concentrado S1, se absorbe calor específico hasta la cantidad de limitación de absorción de calor específico (1800 K) por el haz concentrado de 1000 a 2000 kW/m². Al mismo tiempo, la energía del haz concentrado se absorbe por un fenómeno de defecto de Frenckel sin equilibrio. El fenómeno hace referencia a una reacción química en términos de cambios de coordinación en la estructura reticular sólida, que actúa como una reacción endotérmica con un cambio de alta entalpía, es decir, un estado sin equilibrio en la estructura de defecto de Frenckel. Por lo tanto, la reacción puede absorber la energía del haz concentrado con el cambio de alta entalpía de un material de reacción. Además, puesto que la etapa es un movimiento aniónico (o catiónico) en la estructura reticular, se supone que la reacción química en la etapa actúa de acuerdo con la absorción de energía de haz concentrado. Téngase en cuenta que el estado sin equilibrio en la estructura de Frenckel en la reacción química se forma después de la absorción de energía de alto flujo.

65 A medida que la temperatura de la cerámica reactiva alcanza aproximadamente 1800 K, la velocidad de reacción de la formación de gas O₂ a partir del oxígeno reticular (O₂) se hace grande. Además, la energía absorbida por la estructura de defecto de Frenckel sin equilibrio (formación con vacante de oxígeno) se transforma en la energía química de la forma reducida del material generado con la reacción de liberación de gas O₂. Es decir, se produce

una transformación de energía química de forma reducida (reacción endotérmica) con la reacción de la liberación rápida de oxígeno (véase la figura 2). En otras palabras, en la etapa de irradiación de haz concentrado S1, el haz concentrado se absorbe por la cerámica reactiva y, a continuación, se transforma en la energía química de la forma reducida del material cerámico.

5 A continuación, en la etapa de almacenamiento térmico S2, la cerámica reactiva transformada en la forma reducida en la etapa anterior se oxida con el fin de generar calor mediante el gas O₂ suministrado en esta etapa de almacenamiento térmico S2 (reacción exotérmica). La reacción de oxidación tiene lugar a aproximadamente 1400-1600 K, de 200 a 400 K por debajo con respecto a la etapa de irradiación de haz concentrado S1. Téngase en cuenta que la entalpía cambia con la reacción exotérmica (cambio de entalpía exotérmica) (véase la figura 2).

15 En la etapa de almacenamiento térmico S2, el calor correspondiente a una disminución de la temperatura de 1800 K a 1300 K de la absorción de calor específico de la cerámica reactiva, es decir, el calor de 500 K, se transfiere al medio de almacenamiento térmico por la radiación y la convección de la capa de cerámica reactiva. Al mismo tiempo, el calor correspondiente al cambio de entalpía exotérmica contenido en la capa de cerámica reactiva se transfiere al medio de almacenamiento térmico por la radiación y la convección (véase la figura 2). Como resultado, el calor de aproximadamente 1000 a 1300 K se almacena en el medio de almacenamiento térmico.

20 Puesto que el proceso retorna a la etapa de irradiación de haz concentrado S1 después de la etapa de almacenamiento térmico S2, la capa de cerámica reactiva calentada por el haz concentrado se somete continuamente a la misma reacción química (reacción reducida acompañada de absorción de calor y reacción de oxidación acompañada de generación de calor) como se ha descrito anteriormente.

25 Se describirá con detalle el esquema descrito anteriormente tomando como ejemplo un caso en el que se usa ferrita de Ni como la cerámica reactiva y el grafito se usa como el material de almacenamiento térmico del medio de almacenamiento térmico.

30 La capa de cerámica reactiva irradiada con el haz concentrado en la etapa de irradiación de haz concentrado S1 se calienta a aproximadamente 1300 a 1800 K. En un caso en el que se usa ferrita de Ni como la cerámica reactiva, el cambio de entalpía en la estructura de defecto de Frenkel de la magnetita (Fe₃O₄) para el movimiento catiónico en el sitio intersticial se considera que debe ser de 754 kJ/mol, que es casi el mismo que el de la ferrita de Ni.

35 Téngase en cuenta que cuando la capa de cerámica reactiva se irradia con el haz concentrado de alto flujo de luz de lámpara Xe que se calienta a 1800 K y se libera el gas O₂ de la ferrita de Ni, la densidad (número de iones de oxígeno separados/número de iones de oxígeno total) de la ferrita de Ni a 1800 K es 0,28 (0,42 mol/un mol de hierro). Por lo tanto, la energía del haz concentrado que puede absorberse por un mol de la ferrita de Ni es de 317 kJ/mol. Téngase en cuenta que la conductividad térmica de la ferrita de Ni da un valor cercano a la conductividad metálica del metal a 1800 K de la medición de conductividad. Además, el cambio de entalpía en la oxidación de FeO a Fe₃O₄ es de 340 kJ/mol.

40 En consecuencia, basándose en estas figuras de los parámetros, se alcanza el equilibrio térmico en la etapa de almacenamiento térmico S2 entre los 1500 K de la cerámica reactiva (ferrita de Ni) y los 1273 K del material de almacenamiento térmico (grafito con la conductividad metálica de 800 W/m·K) (temperatura del disipador de calor T = 600 K), y los 1400 kW/m² del flujo de calor se transfieren en la etapa de almacenamiento térmico S2. Téngase en cuenta que, en este caso, la longitud de la zona del gradiente térmico se estima en 0,8 m.

45 Además, la reacción de la etapa de irradiación de haz concentrado S1 progresa rápidamente, mientras que la reacción de la etapa de almacenamiento térmico S2 progresa moderadamente. En consecuencia, cuando la relación del área de la capa de cerámica reactiva se establece de tal manera que el área de la etapa de almacenamiento térmico S2 se hace mayor que la de la etapa de irradiación de haz concentrado S1, el calentamiento de la etapa de irradiación de haz concentrado S2 y la transferencia de calor de la etapa de almacenamiento térmico S2 están bien equilibrados. Cuando la relación de área del área de la etapa de irradiación de haz concentrado S1 y la de la etapa de almacenamiento térmico S2 es 1:5, el calor puede almacenarse durante 12 horas en el medio de almacenamiento térmico (cilindro circular; 5 m² de área x 16 m de altura) con una capacidad de almacenamiento térmico de 1,4 MW con el grafito (20 J/K/mol de capacidad calorífica) como material de almacenamiento térmico en el caso de los 1400 kW/m² del haz concentrado.

60 En un caso en el que la potencia de una planta solar es de 100 MW, un área de enfoque sometida a la etapa de irradiación de haz concentrado S1 es de 71 m² en la magnitud media de flujo de 1400 kW/m². En este caso, el medio de almacenamiento térmico que permite un almacenamiento térmico de 12 horas tiene un diámetro de 10,6 m y una altura de 16 m.

65 Por lo tanto, cuando la ferrita de Ni y el grafito metálico se usan como cerámica reactiva y un material de almacenamiento térmico, respectivamente, el método de almacenamiento térmico solar capaz de suministrar calor de aproximadamente 1000 a 1300 K a una instalación externa durante 24 horas con una configuración simple puede

realizarse mediante la adopción de la cerámica reactiva usando la absorción de la energía de haz concentrado con una estructura de defecto de Frenckel sin equilibrio.

[Sistema de almacenamiento térmico solar]

5 En lo sucesivo en el presente documento, haciendo referencia a la figura 3, se ofrecerá una descripción de una realización de un sistema de almacenamiento térmico solar que realiza el método de almacenamiento térmico solar que incluye las etapas respectivas descritas anteriormente.

10 Como se muestra en la figura 3, un sistema de almacenamiento térmico solar 1 de acuerdo con la realización de la presente invención incluye un cuerpo de rotación 2, un medio de accionamiento (no mostrado) para hacer rotar el cuerpo de rotación 2 en la dirección periférica, un elemento de aislamiento térmico 3, un medio de almacenamiento térmico 4 y un medio de suministro de gas 5.

15 (Cuerpo de rotación)

20 Como se describe en la etapa de irradiación de haz concentrado S1, el cuerpo de rotación 2 se forma, preferentemente, en una forma cilíndrica. Sobre la superficie periférica exterior del cuerpo de rotación 2, se forma una capa de cerámica reactiva 21 usando las cerámicas reactivas descritas anteriormente. El espesor de la capa de cerámica reactiva 21 no está especialmente limitado, sino que puede ser, por ejemplo, de 2 mm o similar.

25 El cuerpo de rotación 2 se forma, más preferentemente, de fibras de alúmina. Las fibras de alúmina tienen menos contracción térmica, una excelente resistencia y un rendimiento de aislamiento térmico. Por lo tanto, incluso cuando la capa de cerámica reactiva 21 se irradia con un haz concentrado de alto flujo CB y se calienta, las fibras de alúmina apenas liberan calor (es decir, apenas pierden calor). Por esta razón, son preferibles las fibras de alúmina. Téngase en cuenta que la capa de cerámica reactiva 21 se calienta a aproximadamente 1800 K por el haz concentrado CB. Por ejemplo, el cuerpo de rotación 2 puede tener una longitud de aproximadamente 1 a 5 m y un diámetro ϕ de aproximadamente 1 m o similar.

30 (Medio de accionamiento)

El medio de accionamiento (no mostrado) puede incluir, pero sin limitarse a, por ejemplo, un motor eléctrico, una turbina de vapor, o similares, y puede usarse cualquier medio siempre que pueda mostrar una fuerza motriz para accionar el cuerpo de rotación 2 en la dirección periférica.

35 (Elemento de aislamiento térmico)

40 El elemento de aislamiento térmico 3 se proporciona de tal manera que se evita que la capa de cerámica reactiva 21, que se ha irradiado con el haz concentrado CB y calentado, disminuya su temperatura hasta que el calor se transfiera al medio de almacenamiento térmico 4 descrito a continuación y se evita que disminuya la temperatura de la capa de cerámica reactiva 21 tras haber transferido el calor al medio de almacenamiento térmico 4. Por lo tanto, el elemento de aislamiento térmico 3 se proporciona con el fin de cubrir la superficie periférica exterior del cuerpo de rotación 2.

45 Además, el elemento de aislamiento térmico 3 está provisto de una parte de abertura 31 que permite que el cuerpo de rotación 2 se irradie con el haz concentrado CB. Es decir, la parte de extremo superior del cuerpo de rotación 2 en la que se irradia el haz concentrado CB se expone a partir del elemento de aislamiento térmico 3.

50 Los ejemplos del elemento de aislamiento térmico 3 pueden incluir lana de aluminio, lana de vidrio, lana de roca, tela de cerámica, o similares.

(Medio de almacenamiento térmico)

55 El medio de almacenamiento térmico 4 está dispuesto cerca del cuerpo de rotación 2 en una posición distante de la parte de abertura 31 del elemento de aislamiento térmico 3. Téngase en cuenta que, puesto que la temperatura de la capa de cerámica reactiva 21 calentada por el haz concentrado CB es tan alta como aproximadamente 1800 K y se reduce la resistencia mecánica de la misma, la capa de cerámica reactiva 21 no está, preferentemente, en contacto con el medio de almacenamiento térmico 4. Mediante la transferencia de calor desde el cuerpo de rotación 2, el calor de aproximadamente 1300 K se almacena en el medio de almacenamiento térmico 4.

60 Como se describe en la etapa de almacenamiento térmico S2, el medio de almacenamiento térmico 4 se forma, preferentemente, usando un material de almacenamiento térmico formado por al menos uno de entre, por ejemplo, un material de carbono y sal. Con el uso de tales materiales, la contracción y la deformación térmica apenas se producen en el medio de almacenamiento térmico 4 incluso a alta temperatura y, por lo tanto, el medio de almacenamiento térmico 4 se maneja fácilmente. Como se ha descrito anteriormente, los ejemplos del material de carbono pueden incluir grafito, compuesto de carbono, o similares. Además, los ejemplos de la sal pueden incluir

NaCl, sal de roca, o similares. Téngase en cuenta que en el caso de usar el material de carbono, el material de carbono no está, preferentemente, en contacto con oxígeno para evitar la combustión. Con el fin de realizar esto, por ejemplo, un recipiente sellado que aloja el material de carbono se evacua o se llena con un gas inerte tal como helio y argón.

5 Téngase en cuenta que una parte superior 41 del medio de almacenamiento térmico 4, que está dispuesto cerca del cuerpo de rotación 2 y recibe el calor procedente del cuerpo de rotación 2, se forma, preferentemente, de un material que tiene una conductividad térmica especialmente buena y una excelente resistencia a la oxidación. Los ejemplos de tal material pueden incluir nitruro de aluminio, nitruro de silicio, carburo de silicio, cerámica de carbono, o similares.

(Medio de suministro de gas)

15 El medio de suministro de gas 5 suministra gas que contiene oxígeno al cuerpo de rotación 2. El medio de suministro de gas 5 puede estar dispuesto en cualquier posición en el medio de un intervalo hasta que el cuerpo de rotación 2 alcanza en rotación el medio de almacenamiento térmico 4 después de pasar a través de la parte de abertura 31. El medio de suministro de gas 5 puede estar compuesto de, por ejemplo, una bomba de aire (no mostrada) y una boquilla (boquilla) conectada a la bomba de aire y que tiene un orificio de soplado dirigido a la capa de cerámica reactiva 21. Puesto que el gas que contiene oxígeno suministrado por el medio de suministro de gas 5 se ha descrito anteriormente, se omitirá la descripción del mismo.

(Medio de extracción de calor)

25 El medio de almacenamiento térmico 4 incluye, preferentemente, un medio de extracción de calor 6 para hacer circular un medio de calentamiento HC para extraer el calor almacenado en el medio de almacenamiento térmico en el exterior del medio de almacenamiento térmico 4. Téngase en cuenta que los ejemplos específicos del exterior pueden incluir una instalación externa tal como una instalación que transforma el gas natural y el gas metano y una instalación de generación de energía de turbina de gas.

30 Los ejemplos de los medios de extracción de calor 6 pueden incluir un intercambiador de calor. Específicamente, el calor almacenado en el medio de almacenamiento térmico 4 puede extraerse adecuadamente hacia la instalación externa cuando el medio de calentamiento circula por el interior de un tubo hueco que penetra en el medio de almacenamiento térmico 4. El número de tubos huecos puede establecerse arbitrariamente. Además, el tubo hueco se dobla preferentemente una pluralidad de veces, según sea necesario, de manera que el medio de calentamiento HC pueda circular en el interior del medio de almacenamiento térmico 4 una pluralidad de veces. De esta manera, el calor del medio de almacenamiento térmico 4 puede extraerse lo suficiente hacia el exterior del medio de almacenamiento térmico 4. Téngase en cuenta que puede usarse aire, sal fundida, o similares, como medio de calentamiento HC. Como sal fundida, puede usarse carbonato (sodio, potasio, calcio, magnesio), una mezcla de carbonato, o similares.

40 El medio de extracción de calor 6 puede dividirse en, por ejemplo, las dos regiones de las zonas superior e inferior del medio de almacenamiento térmico 4, y operar en la zona superior durante la jornada diurna y en la zona inferior durante la jornada nocturna. Además, en el caso del medio de extracción de calor 6 (intercambiador de calor) que usa el tubo hueco descrito anteriormente, la distancia de colocación del tubo hueco dispuesto en la zona superior puede ser más corta que la del tubo hueco dispuesto en la zona inferior. Téngase en cuenta que la velocidad de circulación del medio de calentamiento HC en el interior del tubo hueco en la zona superior y la del medio de calentamiento HC dentro del tubo hueco en la zona inferior pueden establecerse arbitrariamente. Además, mediante el control de la velocidad de circulación del medio de calentamiento HC, puede controlarse el equilibrio térmico entre la capa de cerámica reactiva 21 y el medio de almacenamiento térmico 4. Por ejemplo, la temperatura del medio de almacenamiento térmico 4 puede aumentarse por la desaceleración de la velocidad de circulación del medio de calentamiento HC y puede disminuirse por la aceleración de la velocidad de circulación del medio de calentamiento HC.

55 Durante la jornada diurna, la cantidad de calor transferido desde el cuerpo de rotación 2 es extremadamente grande, y la temperatura es alta. En consecuencia, el calor puede suministrarse lo suficiente a la instalación externa incluso por el medio de extracción de calor 6u en la zona superior en la que la distancia de colocación del tubo hueco es corta. Puesto que la cantidad de calor transferido desde el cuerpo de rotación 2 es extremadamente grande y la temperatura es alta durante la jornada diurna, el calor no puede suministrarse por completo a la instalación externa por el medio de extracción de calor 6u en la zona superior y, por lo tanto, la cantidad excesiva de calor se transfiere a la zona inferior del medio de almacenamiento térmico 4. En consecuencia, el calor de aproximadamente 1300 K también se almacena en la zona inferior del medio de almacenamiento térmico 4. Es decir, el medio de extracción de calor 6u en la zona superior puede realizar el uso y el almacenamiento del calor al mismo tiempo. Por lo tanto, durante la jornada nocturna, el medio de extracción de calor 6b se hace funcionar en la zona inferior, y el calor almacenado en la zona inferior del medio de almacenamiento térmico 4 puede suministrarse a la instalación externa.

65

El medio de extracción de calor 6 puede no dividirse en las dos regiones de las zonas superior e inferior a diferencia de lo anterior, sino que puede ser único o puede dividirse en 3 o más. La división del medio de extracción de calor 6 puede establecerse arbitrariamente.

5 Con el medio de almacenamiento térmico 4 y el medio de extracción de calor 6 configurados de este modo, la sal fundida de, por ejemplo, aproximadamente 673 K, se calienta (se somete a un intercambio de calor), cuando se introduce en el medio de extracción de calor 6, a aproximadamente 1000 a 1300 K, por ejemplo, aproximadamente 1073 K a través del medio de almacenamiento térmico 4. En consecuencia, puede suministrarse calor de aproximadamente 1000 a 1300 K a la instalación externa.

10

Ejemplos

A continuación, se describirán ejemplos mediante los que se ha confirmado el efecto de la presente invención.

15 Se realizó un examen basado en un modelo 2D usando COMSOL Multiphysics 3.5a sobre almacenamiento térmico usando el aparato de almacenamiento térmico solar 1 (en el que el medio de almacenamiento térmico 4 tiene un diámetro ϕ de 1,0 m y una altura de 10,0 m) que tiene la configuración mostrada en la figura 3. Una ecuación fundamental viene dada por la siguiente fórmula (1).

20 [Fórmula 1]

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} - \nabla \cdot (k \nabla T) = Q_{\text{salida}} \quad (1)$$

25 En este caso, ρ representa la densidad, C_p representa el calor específico, T representa la temperatura, t representa el tiempo, k representa la conductividad térmica y Q_{salida} representa la cantidad de calor transferido. Las condiciones límite de la parte superior 41 del medio de almacenamiento térmico 4 formado usando grafito vienen dadas por la siguiente fórmula (2).

30 [Fórmula 2]

$$\mathbf{n} \cdot (k \nabla T) = Q_{\text{entrada}} + h_{\text{conv}} (T_{\text{ext}} - T) + \sigma \omega (T_{\text{amb}}^4 - T^4) \quad (2)$$

35 En este caso, Q_{entrada} representa el calor de oxidación en la cámara de liberación de calor solar (entre el cuerpo de rotación 2 y la parte superior 41 del medio de almacenamiento térmico 4, lo mismo se aplica a lo siguiente) de la cerámica reactiva, h_{conv} representa la eficiencia de absorción de la superficie delantera, ω representa el coeficiente de transferencia de calor convectivo dentro de la cámara de liberación de calor solar, σ representa el factor de Stefan-Boltzmann, y T_{amb} representa la temperatura media dentro de la cámara de liberación de calor solar de la cerámica reactiva del cuerpo de rotación 2.

40 Otras condiciones límite son que la periferia es aislante del calor y la temperatura de la zona inferior del medio de almacenamiento térmico 4 formado usando grafito es de 600 °C. Además, los parámetros del modelo usado para el cálculo se muestran en la tabla 1.

45 [Tabla 1]

Nombre	Expresión	Dominio de cálculo	Unidad	Descripción
Qsalida	$-\alpha \cdot (T - T_{\text{fluido}})$	$T > T_{\text{fluido}}$	W/m^3	Calor tomado por sal fundida
alpha	1000	$y > 8$	$W/m^3/K$	Coeficiente de transferencia de calor entre sal fundida y grafito
Tfluido	$(T_{\text{salida}} - T_{\text{entrada}}) \cdot (y - 8) / 2 + T_{\text{entrada}}$	$y > 8$	K	Temperatura de fluido en función de la altura
Tinicial	673		K	Temperatura inicial del sistema
Tentrada	673		K	Temperatura de entrada de la sal fundida
Tsalida	1073		K	Temperatura de salida de la sal fundida
Text	373		K	Temperatura del gas dentro de la cavidad
Tamb	673		K	Temperatura de la pared de la cavidad

Además, las constantes físicas se muestran en la tabla 2.

[Tabla 2]

5

Nombre	Valor	Unidad	Descripción
Qentrada	1400000	W/m ²	Energía de calorificación por oxidación
k_grafito	2000	W/m/K	Conductividad térmica del grafito
rho_grafito	2210	kg/m ³	Densidad del grafito
C_grafito	1400	J/kg/K	Capacidad térmica del grafito
h_conv	15	W/m ² /K	Coefficiente de transferencia de calor convectivo de la superficie
omega	0,3		Emisividad efectiva de la superficie
sigma	5,67E-08	W/m ² /K ⁴	Constante de Stefan-Boltzmann

10

La figura 4 muestra los resultados de una operación de 8 horas ($Q_{\text{entrada}} = 1300 \text{ kW/m}^2$, $k_{\text{grafito}} = 2000 \text{ W/m/K}$, α ; conductividad térmica del grafito = $1000 \text{ W/m}^3/\text{K}$, temperatura de entrada = 673 K, temperatura de salida = 1073 K) en un modo de jornada diurna. En la figura 4, la curva A representa la cantidad (acumulada) del calor solar absorbido (MJ) (la cantidad de calor en la cámara de liberación de calor solar). La curva B representa la cantidad acumulada del calor (MJ) almacenado en el medio de almacenamiento térmico 4 formado usando grafito. La curva C representa la cantidad del calor de salida (kJ/h) por el medio de calentamiento HC que opera entre 400 y 800 °C (673 a 1073 K). La curva D representa la temperatura (K) de la parte superior 41 del medio de almacenamiento térmico 4 formado usando grafito.

15

20

Como es evidente a partir de la curva C, la cantidad de calor extraído por el medio de calentamiento HC es de 1800 a 2000 MJ/h (durante 3 a 5 horas) y 2500 MJ/h (durante 6 a 8 horas). Además, como se ve en las curvas B y C, la cantidad de calor almacenado durante 1 a 2 horas llega sustancialmente cerca de la saturación, y la cantidad de calor extraído para la operación de 3 horas alcanza los 1700 MJ/h. En el caso de la operación normal con 1700 a 2500 MJ/h (0,47 a 0,69 MW) durante 1 a 2 horas en el arranque, se soporta adecuadamente por gas natural o similar. Después de la operación de 8 horas durante la jornada diurna, se almacena el calor de 10320 MJ. Además, la temperatura de la parte superior 41 del medio de almacenamiento térmico 4 formado usando grafito es de 1500 a 1550 °C (curva D).

25

30

La figura 5 muestra, para cada tiempo de operación en el modo de operación de jornada diurna, la distribución de la temperatura (K) y la distribución de cantidad de calor almacenado (MJ/m) dentro del medio de almacenamiento térmico 4 en relación con la altura del medio de almacenamiento térmico 4 formado usando grafito. El intervalo de altura del medio de almacenamiento térmico 4 para su uso en el almacenamiento térmico es de 6 a 8 m, y la altura total del medio de almacenamiento térmico 4 es de 10 m. Para la operación de jornada diurna de 1 a 3 horas, la temperatura aumenta en aproximadamente 200 °C en el intervalo de altura de 6 a 8 m.

35

40

45

Además, la temperatura aumenta en aproximadamente 100 °C en el intervalo de altura de 9 a 10 m. Después de la operación de 6 horas, la distribución de temperatura y la distribución de cantidad de calor almacenado dentro del medio de almacenamiento térmico 4 se hacen casi constantes, y la cantidad de calor almacenado en el modo de operación de jornada diurna casi alcanza la saturación. Después de la operación de 8 horas, la cantidad media del calor almacenado llega a 8464 MJ, y la temperatura llega a 1000 °C (aproximadamente 1300 K). Después de la puesta del sol, el gradiente de temperatura en el interior del medio de almacenamiento térmico 4 se relaja gradualmente y la temperatura de la parte superior 41 del medio de almacenamiento térmico 4 llega a cerca de 1000 °C. Esto sugiere que la temperatura de salida del medio de calentamiento HC puede mantenerse a aproximadamente 800 °C (aproximadamente 1073 K) incluso en la operación de jornada nocturna. De acuerdo con los resultados del cálculo en este momento, la temperatura de entrada del medio de calentamiento HC estaba a 400 °C (aproximadamente 673K), y la cantidad de calor para 8464 MJ se extrajo en este caso. Suponiendo que pueden extraerse 6000 MJ para aproximadamente el 70 % de la cantidad de calor, la cantidad de flujo de calor por hora es de 1700 MJ/h (0,47 MW) por lo que se hace posible la operación de 4 horas. La cantidad de calor puede aumentarse con un aumento en el área de almacenamiento térmico, como se describe a continuación. Además, también es posible la operación de 24 horas a alta temperatura.

50

Los resultados de la simulación descritos anteriormente pueden ofrecer la siguiente evaluación. A partir de los resultados de la simulación en los que se evaluó la temperatura practicable y operable y el tamaño del medio de almacenamiento térmico 4, los resultados del cálculo muestran que el tamaño del medio de almacenamiento térmico 4 debe ser de 6 m³ (teniendo un diámetro ϕ de 1 m y una altura de 8 m) para realizar 1 MW como el sistema de almacenamiento solar térmico que almacena el calor durante 4 horas.

55

Basándose en esto, prestando atención al hecho de que un sistema de concentración superior de torre (GEMA solar) de un tipo de almacenamiento térmico de 24 horas se hace funcionar comercialmente como una planta térmica solar concentrada, se hizo un cálculo provisional de la cantidad de calor concentrado de 100 MW (la cantidad de calor almacenado de 60 MW) como la escala de la planta y el almacenamiento térmico de 12 horas. En el caso del medio de almacenamiento térmico 4 formado usando grafito, se calculó provisionalmente que el medio

de almacenamiento térmico 4 tiene un diámetro ϕ de 13,5 m, una altura de 8 m y un volumen de 1100 m³. Se deduce que los tamaños son razonables como la escala de un tanque de almacenamiento térmico real.

5 Además, cuando un sistema de concentración de luz solar de haz descendente es tan alto como 100 MW, el haz concentrado CB en el suelo tiene un diámetro de 10 a 15 m. Si la posición focal desde el suelo se eleva en consecuencia teniendo en cuenta la altura del tanque de almacenamiento térmico (medio de almacenamiento térmico 4), se reduce aún más el tamaño del diámetro. En vista de lo anterior, en el caso del sistema de concentración de luz solar de haz descendente de 100 MW, es sustancialmente razonable que el medio de almacenamiento térmico 4 formado usando grafito tenga un diámetro de 13,5 m en el sistema de almacenamiento térmico solar 1 de acuerdo con la presente invención en la que el cuerpo de rotación 2 que tiene la capa de cerámica reactiva 21 formada sobre el mismo se irradia directamente con el haz concentrado CB para almacenar el calor en el medio de almacenamiento térmico 4.

15 En los resultados de la simulación descritos anteriormente, la conductividad térmica del grafito fue de 2000 W/m/K. Aunque puede que tenga que aplicarse una conductividad térmica de 1000 a 100 W/m/K, hay algunos compuestos de carbono y nanotubos a los que puede aplicarse el valor numérico en este tiempo. En realidad, un compuesto de 500 W/m/K está industrialmente disponible. Además, en lugar de usar un material que tiene una conductividad tan alta, es posible mover a la fuerza el calor de entrada en la zona superior del medio de almacenamiento térmico 4 a la zona intermedia del medio de almacenamiento térmico 4 mediante la modificación de la estructura y el mecanismo de un sistema de intercambio de calor. En combinación con estos, solo es necesario seleccionar el mejor material de conductividad térmica. Además, si se examina tal aplicación de diversas maneras, también es posible reducir aún más la capacidad per se del medio de almacenamiento térmico 4. La capacidad de almacenamiento térmico se aumenta en consecuencia, lo que da como resultado una reducción de costes.

25 Puesto que el sistema de concentración de luz solar de haz descendente puede reproducir el haz concentrado CB cerca del suelo, tiene una característica excelente, ya que puede calentar directamente una instalación de almacenamiento térmico pesada y grande colocada en el suelo. Como se ha descrito anteriormente, el método de almacenamiento térmico solar y el aparato de almacenamiento térmico solar 1 de acuerdo con la presente invención pueden proporcionar una tecnología basada en el calor solar que permite una operación de 24 horas a alta temperatura y alta eficiencia mediante la configuración única en la que el sistema de concentración de luz solar de haz descendente y el cuerpo de rotación 2 que tiene la capa de cerámica reactiva 21 formada sobre el mismo, se combinan entre sí.

35 Explicación de referencias

- S1: etapa de irradiación de haz concentrado
- S2: etapa de almacenamiento térmico
- 1: sistema de almacenamiento térmico solar
- 2: cuerpo de rotación
- 40 21: capa de cerámica reactiva
- 3: elemento de aislamiento térmico
- 31: parte de abertura
- 4: medio de almacenamiento térmico
- 41: parte superior
- 45 5: medio de suministro de gas
- 6: medio de extracción de calor
- 6u: medio de extracción de calor en la zona superior
- 6b: medio de extracción de calor en la zona inferior
- CB: haz concentrado

50

REIVINDICACIONES

1. Un método de almacenamiento térmico solar para almacenar el calor procedente de la energía de la luz solar usando una capa de cerámica reactiva (21) que se transforma de una forma oxidada a una forma reducida con una liberación de oxígeno cuando se calienta y vuelve a la forma oxidada cuando se pone en contacto con oxígeno, comprendiendo el método de almacenamiento térmico solar:
- una etapa de irradiación de haz concentrado (S1) para irradiar una capa de cerámica reactiva (21) con un haz concentrado (CB) obtenido concentrando la luz solar para calentar la misma; y
- una etapa de almacenamiento térmico (S2) para almacenar el calor emitido desde la capa de cerámica en el medio de almacenamiento térmico (4) mientras que la capa de cerámica reactiva calentada en la etapa de irradiación de haz concentrado se pone en contacto con un gas (G) que contiene oxígeno; en el que la capa de cerámica reactiva se mueve con el fin de pasar a una primera posición en la que se irradia por dicho haz concentrado y pasar a una segunda posición en la que emite dicho calor; en el que la etapa de irradiación de haz concentrado y la etapa de almacenamiento térmico se realizan repetidamente sobre la capa de cerámica reactiva; en el que el medio de almacenamiento térmico se proporciona con el fin de que tenga un pequeño hueco entre el medio de almacenamiento térmico y la capa de cerámica reactiva; y en el que el calor se transfiere al medio de almacenamiento térmico a través de la radiación procedente de la capa de cerámica reactiva y la convección del aire generado entre la capa de cerámica reactiva y el medio de almacenamiento térmico.
2. El método de almacenamiento térmico solar de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende:
- una etapa de extracción de calor para hacer circular un medio de calentamiento (HC) para extraer el calor almacenado en el medio de almacenamiento térmico (4) al exterior del medio de almacenamiento térmico después de la etapa de almacenamiento térmico.
3. Un sistema de almacenamiento térmico solar para realizar el método de almacenamiento térmico solar de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, comprendiendo el sistema de almacenamiento térmico solar:
- un cuerpo de rotación (2) que tiene una capa de cerámica reactiva (21) formada en una superficie delantera del mismo, formándose la capa de cerámica reactiva mediante el uso de una cerámica reactiva que se transforma de una forma oxidada a una forma reducida con una liberación de oxígeno cuando se calienta y vuelve a la forma oxidada cuando se pone en contacto con oxígeno; un medio de accionamiento para hacer rotar el cuerpo de rotación en una dirección periférica; un elemento de aislamiento térmico (3) proporcionado con el fin de cubrir una superficie periférica exterior del cuerpo de rotación y que tiene una parte de abertura (31) que permite que el cuerpo de rotación se irradie con un haz concentrado (CB) obtenido por concentración de luz solar; un medio de almacenamiento térmico (4) dispuesto cerca del cuerpo de rotación en una posición distante de la parte de abertura; y un medio de suministro de gas (5) para suministrar el gas que contiene el oxígeno al cuerpo de rotación, estando el medio de suministro de gas dispuesto en cualquier posición en una parte intermedia de un intervalo hasta que el cuerpo de rotación alcanza en rotación el medio de almacenamiento térmico después de pasar a través de la parte de abertura; en el que el calor se transfiere al medio de almacenamiento térmico a través de la radiación y la convección procedentes de la capa de cerámica reactiva.
4. El sistema de almacenamiento térmico solar de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la capa de cerámica reactiva (21) está formada de ferrita de níquel.
5. El sistema de almacenamiento térmico solar de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el medio de almacenamiento térmico (4) comprende un medio de extracción de calor (6) para hacer circular un medio de calentamiento (HC) para extraer el calor almacenado en el medio de almacenamiento térmico al exterior del medio de almacenamiento térmico.
6. El sistema de almacenamiento térmico solar de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el medio de almacenamiento térmico (4) comprende un medio de extracción de calor (6) para hacer circular un medio de calentamiento (HC) para extraer el calor almacenado en el medio de almacenamiento térmico al exterior del medio de almacenamiento térmico.
7. El sistema de almacenamiento térmico solar de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, en el que el cuerpo de rotación (2) es un cuerpo cilíndrico formado de fibras de alúmina.

8. El sistema de almacenamiento térmico solar de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, en el que el medio de almacenamiento térmico (4) se forma usando un material de almacenamiento térmico formado por al menos uno de entre un material de carbono y sal.
- 5 9. El sistema de almacenamiento térmico solar de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el medio de almacenamiento térmico (4) se forma usando un material de almacenamiento térmico formado por al menos uno de entre un material de carbono y sal.

FIG. 1

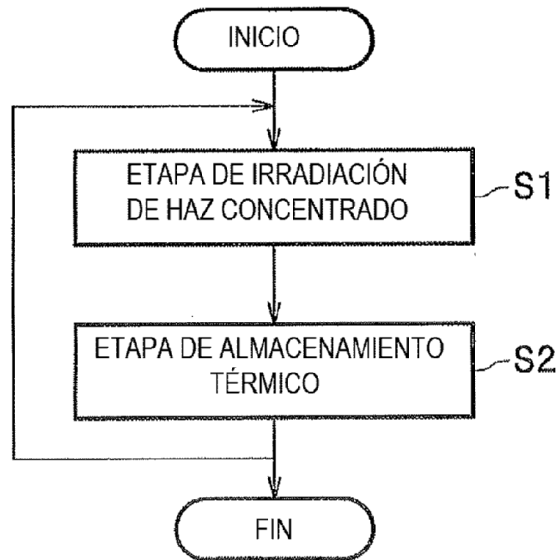


FIG.2

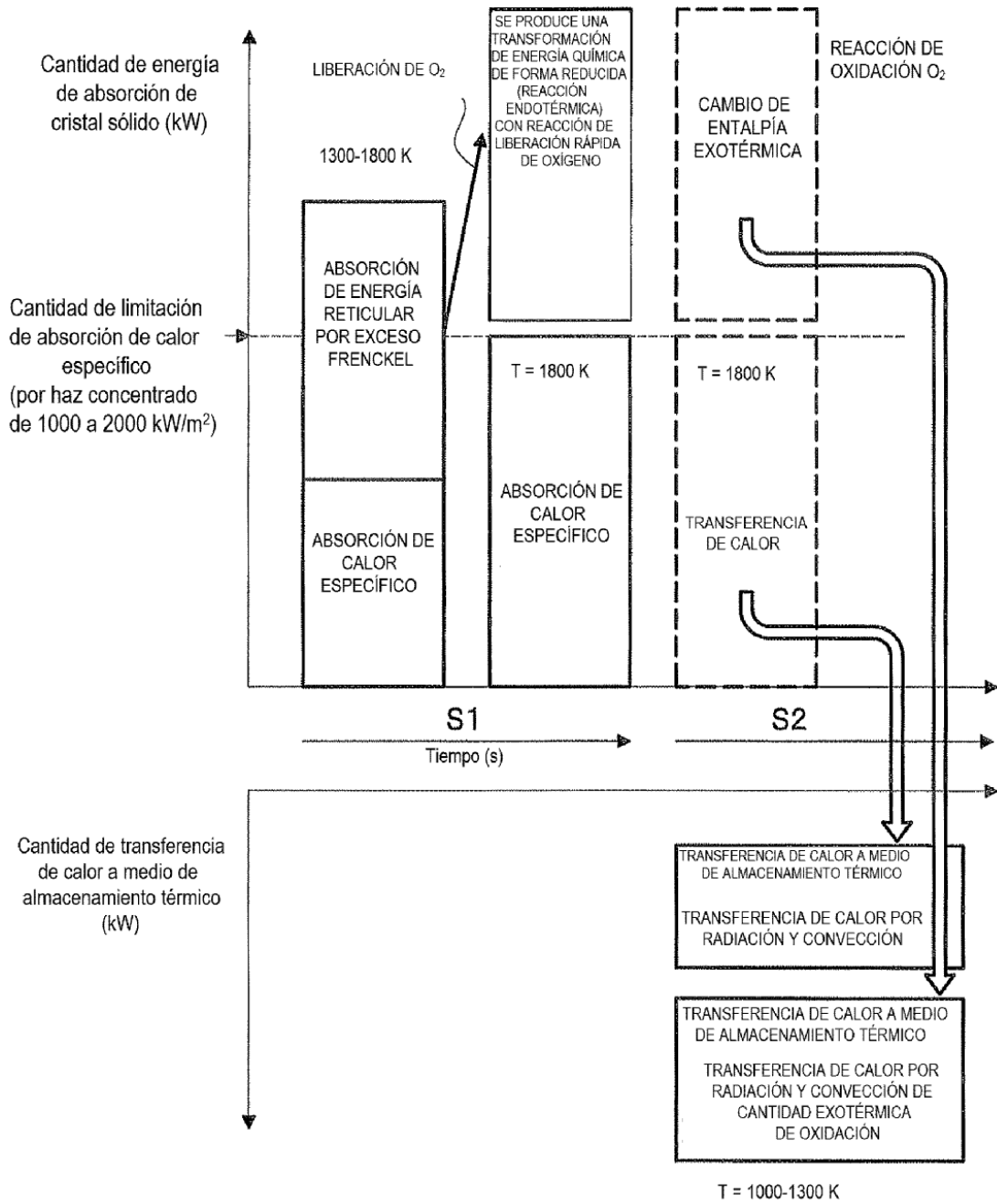


FIG.3

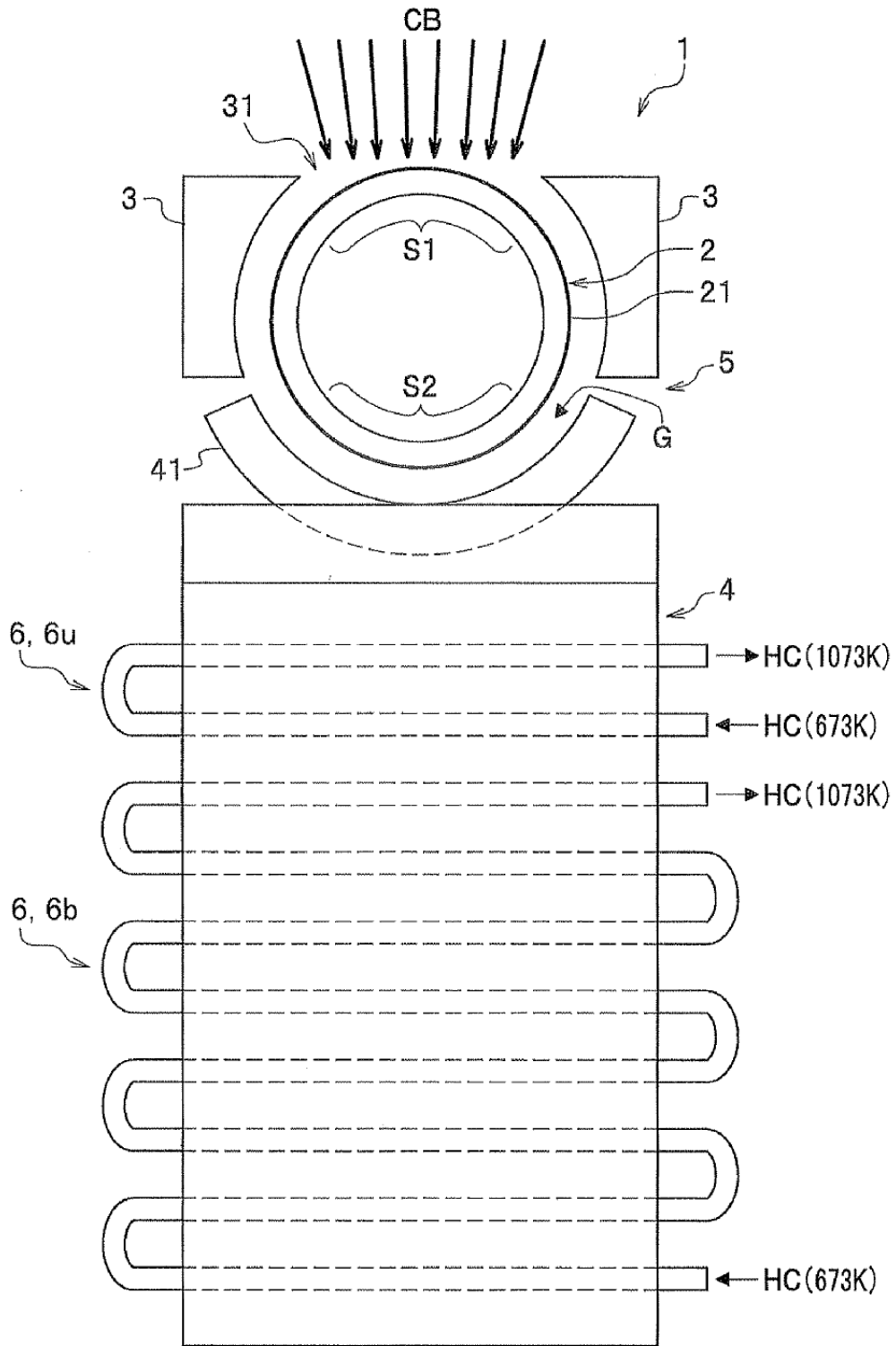


FIG.4

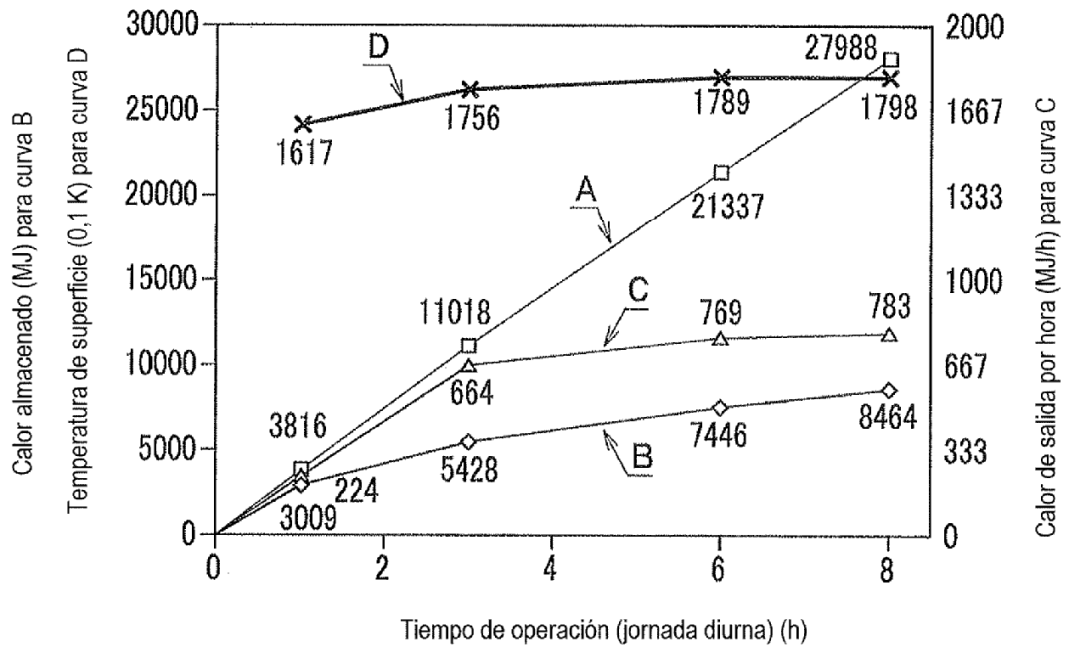


FIG.5

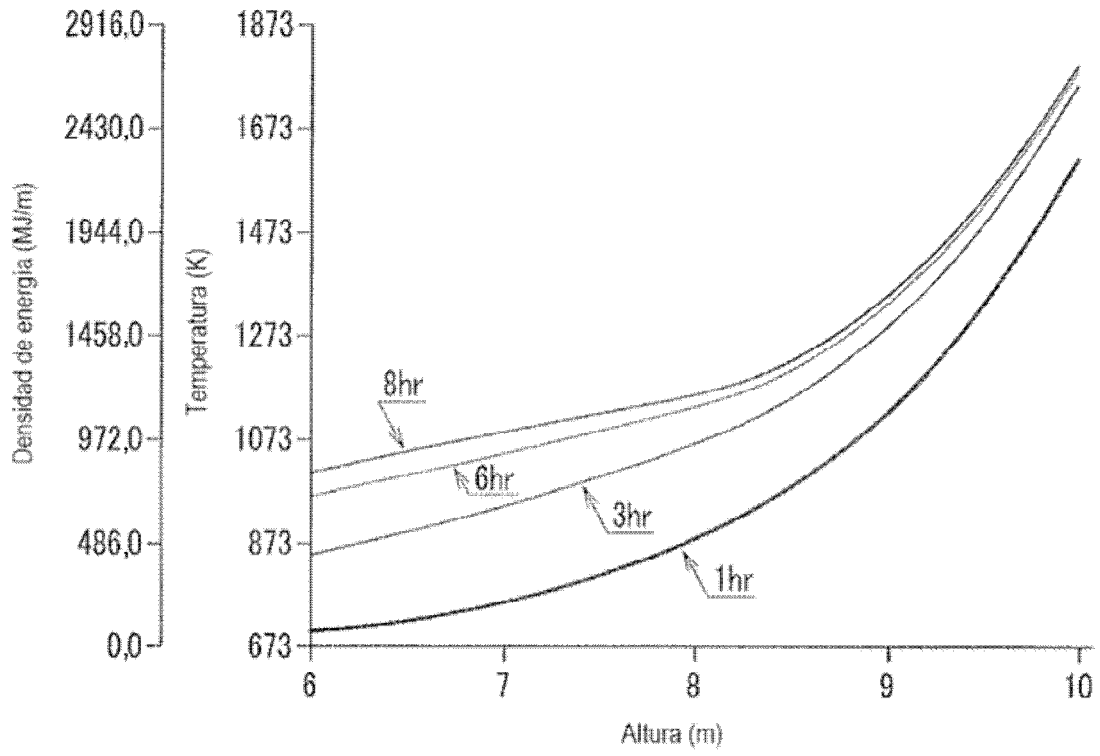


FIG.6

