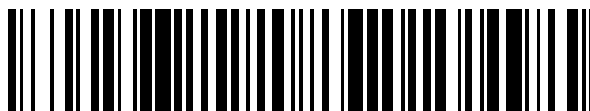


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 718 039**

51 Int. Cl.:

C09K 5/16

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.03.2016 PCT/JP2016/060170**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.10.2016 WO16158973**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.03.2016 E 16772854 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.02.2019 EP 3279288**

54 Título: **Material acumulador de calor químico y composición para formar dicho material acumulador de calor químico**

30 Prioridad:

31.03.2015 JP 2015072583

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

27.06.2019

73 Titular/es:

**NIPPON PAINT HOLDINGS CO., LTD. (100.0%)
2-1-2, Oyodokita, Kita-ku
Osaka-shi, Osaka 531-8511, JP**

72 Inventor/es:

**KONO, TOMOHIRO y
KOYAMA, TOSHITAKA**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 718 039 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

Material acumulador de calor químico y composición para formar dicho material acumulador de calor químico

5 **ÁMBITO TÉCNICO**

La presente invención se refiere a un acumulador de calor químico y a una composición para formar un material acumulador de calor químico.

10 **ESTADO TÉCNICO ANTERIOR**

Recientemente, con el fin de reducir la proporción de consumo de combustibles fósiles y lograr un ahorro de energía se ha desarrollado una técnica de almacenamiento de calor para acumular y utilizar el calor de escape de las plantas o centrales eléctricas. En este sentido, como técnica típica de almacenamiento de calor se conoce por ejemplo aquella que consiste en acumular el calor producido por el cambio de fase de una sustancia, generalmente de agua a hielo (almacenamiento de calor latente).

En el almacenamiento de calor latente, el periodo de tiempo durante el cual se puede acumular calor tiende en general a ser corto. Además, en el almacenamiento de calor latente la cantidad de calor acumulable por unidad de volumen (densidad de almacenamiento de calor) tiende a ser baja. Por lo tanto, en el caso del almacenamiento de calor latente es difícil acumularlo durante un tiempo prolongado o transportarlo. Teniendo en cuenta estas circunstancias, entre las técnicas de almacenamiento de calor, la atención se ha centrado, entre otros, en los materiales acumuladores de calor químico, los cuales pueden facilitar el transporte de calor porque son capaces de almacenarlo durante un largo período de tiempo y su densidad del calor es alta.

A continuación se describe más concretamente el almacenamiento de calor químico. Por ejemplo, si se emplea como almacenamiento de calor químico un sistema de óxido cálcico/agua, el óxido cálcico de un material acumulador de calor químico puede liberar calor al hidratarse en dicho material. A la inversa, el calor puede almacenarse en el material acumulador de calor químico calentando y deshidratando el hidróxido cálcico resultante de la hidratación del óxido cálcico. Como se ha indicado arriba, el uso de un material acumulador de calor químico permite liberar y almacenar repetidamente calor mediante la generación y la absorción del calor asociado al cambio químico de una sustancia.

El material acumulador de calor químico se puede empaquetar, por ejemplo, en un intercambiador de calor para recuperar calor. Cuando se recupera calor con un intercambiador que utiliza una sustancia inorgánica en polvo, como el óxido cálcico o similar, en calidad de material químico acumulador de calor (en adelante, denominado "reactor de tipo intercambiador de calor"), la eficiencia de recuperación de calor tiende a ser baja porque la conductividad térmica del material acumulador de calor químico en forma de polvo es pequeña y por lo tanto es difícil recuperar calor de un sitio alejado de una cara de intercambio de calor. Además, los materiales de almacenamiento de calor químico en forma de polvo son difíciles de manejar, pues a veces se generan vacíos durante el llenado.

Teniendo en cuenta estos problemas, se revela el empleo de materiales acumuladores de calor químico en forma de gránulos, que tienen una mayor conductividad térmica y son más fáciles de manejar que los materiales acumuladores de calor químico en forma de polvo (véase, por ejemplo, el documento de patente 1). Además, también se conoce una técnica consistente en formar una capa de material acumulador de calor químico sobre una cara de intercambio de calor, a fin de mejorar la eficiencia de intercambio de calor de un reactor de tipo intercambiador de calor (véase, por ejemplo, el documento de patente 2).

Documento de patente 1: solicitud de patente japonesa no examinada, nº de publicación 2009-227772

Documento de patente 2: solicitud de patente japonesa no examinada, nº de publicación 2012-127588

50 **REVELACIÓN DE LA PRESENTE INVENCION**

Problemas que debe resolver la presente invención

55 Por cierto, una sustancia inorgánica en polvo como el óxido cálcico usado en el material acumulador de calor químico aumenta de volumen al hidratarse y, viceversa, disminuye de volumen al deshidratarse. Un objetivo de la técnica descrita en el documento de patente 1 es el de mejorar la resistencia de un material acumulador de calor químico en forma de gránulos añadiéndole un mineral arcilloso y evitar la pulverización del material acumulador de calor químico debida a sus aumentos y disminuciones de volumen. Sin embargo, la técnica descrita en el documento de patente 1
60 no mejora satisfactoriamente la resistencia de los materiales acumuladores de calor químico moldeados en forma de gránulos. Por otra parte, en la técnica revelada en el documento de patente 2 no se presta atención a la resistencia del material acumulador de calor químico aplicado sobre una cara de intercambio de calor.

65 Además, como no es fácil que el agua penetre dentro de un material acumulador de calor químico moldeado en forma de gránulos, a veces dicho material no tiene un rendimiento exotérmico suficiente (capacidad de elevar la temperatura del agua incorporada a un material acumulador de calor químico) en comparación con el polvo inorgánico.

5 Como se ha descrito anteriormente, en la situación actual aún no se han encontrado materiales acumuladores de calor químico moldeados en forma de gránulos que tengan gran resistencia y elevada conductividad térmica. Tampoco se han encontrado todavía composiciones para formar un material acumulador de calor químico, que puedan moldearse de forma deseada.

10 La presente invención se ha realizado teniendo en cuenta el problema mencionado anteriormente y el objetivo de la misma es proporcionar un material acumulador de calor químico cuya forma moldeada tenga gran resistencia y elevada conductividad térmica y aportar una composición para formar un material acumulador de calor químico que se pueda moldear de forma deseada.

Medios para resolver los problemas

15 La presente invención se refiere a un material acumulador de calor químico que lleva un compuesto de un elemento del grupo 2, un compuesto de boro y un polímero de silicona.

20 Además, se prefiere que el compuesto del elemento del grupo 2 sea óxido cálcico y que el contenido de átomos de calcio, átomos de boro y átomos de silicio en el material acumulador de calor químico sea del 13 al 59% en masa, del 0,4 al 11,3% en masa y del 4,8 al 33,2% en masa, respectivamente.

25 Asimismo, se prefiere que el compuesto del elemento del grupo 2 sea óxido magnésico y que el contenido de átomos de magnesio, átomos de boro y átomos de silicio en el material acumulador de calor químico sea del 8,3 al 46,5% en masa, del 0,5 al 11,9% en masa y del 6,2 al 35,1% en masa, respectivamente.

30 También se prefiere que el compuesto del elemento del grupo 2 sea óxido de estroncio y que el contenido de átomos de estroncio, átomos de boro y átomos de silicio en el material acumulador de calor químico sea del 24,5 al 75,8% en masa, del 0,2 al 9,8% en masa y del 2,8 al 28,6% en masa, respectivamente.

35 También se prefiere que el compuesto del elemento del grupo 2 sea óxido de bario y que el contenido de átomos de bario, átomos de boro y átomos de silicio en el material acumulador de calor químico sea del 33,7 al 83,1% en masa, del 0,2 al 8,6% en masa y del 2,0 al 25,0% en masa, respectivamente.

40 Además, la presente invención se refiere a una composición para formar un material acumulador de calor químico que lleve un compuesto de un elemento del grupo 2, un compuesto con contenido de boro, al menos un compuesto elegido del grupo constituido por un alcoxisilano, un hidrolizado del mismo y un condensado del mismo, y una resina.

45 Como compuesto del elemento del grupo 2 hay al menos preferiblemente un contenido de hidróxido cálcico e hidróxido magnésico.

50 Como compuesto con contenido de boro hay al menos preferiblemente uno escogido del grupo constituido por ácido bórico, boratos de triálquilo y boratos de triarilo.

55 Como resina hay al menos preferiblemente una escogida del grupo constituido por poli(alcohol vinílico), poli(alcohol vinílico) modificado, polietilenglicol, poli(óxido de etileno), una resina acrílica hidroxilada y una resina de butiral.

También es preferible que además contenga fibras de vidrio.

Además, es preferible que el alcoxisilano sea al menos un trietoxisilano o un tetraetoxisilano.

60 Además la presente invención se refiere a un método para producir un material acumulador de calor químico que comprenda al menos la etapa de recubrir la superficie de un substrato metálico con una composición formadora de un material acumulador de calor químico calcinado, de manera que la composición formadora de un material acumulador de calor químico sobre la superficie del substrato metálico se calcina a 200 hasta 1200°C durante 30 a 120 minutos, y la etapa de calcinación tras la etapa de recubrimiento.

Efectos de la presente invención

65 Según la presente invención se puede ofrecer un material acumulador de calor químico que tenga gran resistencia y elevada conductividad térmica en forma moldeada y una composición para formar un material acumulador de calor químico que se pueda moldear de forma deseada.

MODO PREFERIDO DE LLEVAR A CABO LA PRESENTE INVENCION

A continuación, se explican unas formas de ejecución de la presente invención, la cual, por cierto, no está limitada a las formas de ejecución abajo descritas.

<Material acumulador de calor químico>

El material acumulador de calor químico conforme a la presente invención incluye un compuesto de un elemento del grupo 2, un compuesto de boro y un polímero de silicona.

Los compuestos del elemento del grupo 2 contenidos en el material acumulador de calor químico no están limitados especialmente, siempre que puede tener lugar una reacción química reversible. El compuesto del elemento del grupo 2 es un compuesto que comprende cualquiera de los metales escogidos entre berilio, magnesio, calcio, estroncio, bario y radio, que son elementos del grupo 2. Es preferible que el compuesto del elemento del grupo-2 produzca calor por hidratación y a la inversa, tras la hidratación, almacene calor por deshidratación. Como compuestos del elemento del grupo 2 que generan calor por hidratación y a la inversa, tras la hidratación, almacenan calor por deshidratación, pueden indicarse por ejemplo los que figuran en la tabla 1. La "temperatura operativa de almacenamiento de calor" en la tabla 1 se refiere a una temperatura a la cual tiene lugar la reacción exotérmica de un compuesto indicado y la "densidad de almacenamiento de calor" se refiere a una cantidad de energía térmica liberada por unidad de volumen de un compuesto indicado.

[Tabla 1]

Compuesto de elementos del grupo 2 (fórmula de reacción)	Temperatura operativa de almacenamiento de calor (°C)	Densidad de almacenamiento de calor (GJ/m ³)
$MgO + H_2O \rightleftharpoons Mg(OH)_2$	350	1,0 ~ 1,5
$CaO + H_2O \rightleftharpoons Ca(OH)_2$	500	1,0 ~ 1,5
$Mg_{0,5}Ni_{0,5}O + H_2O \rightleftharpoons Mg_{0,5}Ni_{0,5}(OH)_2$	300	0,3 ~ 0,5
$CaCl_2 + nH_2O \rightleftharpoons CaCl_2 \cdot nH_2O$	100 ~ 250	1,5 ~ 3,0
$CaSO_4 + nH_2O \rightleftharpoons CaSO_4 \cdot nH_2O$	100	1,5 ~ 3,0

Entre los compuestos del elemento del grupo 2 descritos en la tabla 1 es preferible que el material acumulador de calor químico contenga al menos óxido cálcico u óxido magnésico, teniendo en cuenta la alta temperatura operativa de almacenamiento de calor y la gran densidad de almacenamiento de calor. Además, el óxido cálcico y el óxido magnésico se pueden adquirir a bajo precio. Como compuesto del elemento del grupo 2 también se puede utilizar preferiblemente el óxido de estroncio y el óxido de bario.

El compuesto de boro contenido en el material acumulador de calor químico es óxido de boro o similar, derivado del compuesto que lleva boro contenido en la composición formadora del material acumulador de calor químico descrito a continuación. La resistencia del material acumulador de calor químico moldeado en forma de gránulos mejora con el contenido de un compuesto de boro. Aunque la razón por la cual la resistencia del material acumulador de calor químico mejora con el contenido de un compuesto de boro no es precisamente clara, se considera que los átomos de boro están contenidos en un polímero de silicona descrito a continuación y que por ello disminuye el punto de fusión del polímero de silicona, confiriéndole elongación (aumento de la flexibilidad).

El polímero de silicona contenido en el material acumulador de calor químico es un polímero de silicona obtenido por condensación de al menos un compuesto elegido del grupo constituido por un alcoxisilano, un hidrolizado del mismo y un condensado del mismo (al cual puede aludirse en lo sucesivo como alcoxisilano o similar) que está contenida en la composición formadora de un material acumulador de calor químico descrita a continuación. El polímero de silicona obtenido por condensación del alcoxisilano o similar se convierte preferiblemente en una estructura, en la cual todos los grupos alcoxi unidos a los átomos de silicio son eliminados en la etapa de calcinación descrita a continuación. El polímero de silicona forma una estructura tridimensional estrechamente empaquetada que evita el colapso del material acumulador de calor químico. Además, el polímero de silicona puede incluir un compuesto del elemento del grupo 2 dentro de la estructura tridimensional estrechamente empaquetada.

Como polímero de silicona se prefieren los que se obtienen por condensación de al menos un compuesto elegido del grupo constituido por al menos trietoxisilano y tetraetoxisilano, un hidrolizado del mismo y un condensado del mismo, que permiten la formación de una estructura tridimensional más densa. Además, el contenido de polímero de silicona en el material acumulador de calor químico es preferiblemente del 12 al 83% en masa. Si el contenido de polímero de silicona en el material acumulador de calor químico es inferior al 12%, el material acumulador de calor químico se colapsa fácilmente, y si el contenido es superior al 83% en masa, la cantidad de calor que el material acumulador de calor químico puede liberar tiende a ser pequeña.

Cuando el compuesto del elemento del grupo 2 es óxido cálcico, se prefiere que el contenido de átomos de calcio, átomos de boro y átomos de silicio en el material acumulador de calor químico sea del 13 al 59% en masa, del 0,4 al 11,3% en masa y del 4,8 al 33,2%. % en masa, respectivamente. Los átomos de calcio, los átomos de boro y los átomos de silicio contenidos en el material acumulador de calor químico proceden del óxido cálcico, de un compuesto de boro y de un polímero de silicona, respectivamente.

Cuando el contenido de átomos de calcio en el material acumulador de calor químico es inferior al 13% en masa, la cantidad de calor que el material acumulador de calor químico puede liberar es pequeña debido a la baja cantidad de

óxido cálcico. Cuando el contenido de átomos de calcio en el material acumulador de calor químico es superior al 59% en masa, el material acumulador de calor químico tiende a colapsarse con facilidad debido a la menor proporción de polímero de silicona.

5 Cuando el contenido de átomos de boro en el material acumulador de calor químico es inferior al 0,4%, la resistencia del material acumulador de calor químico tiende a disminuir. Cuando el contenido de átomos de boro en el material acumulador de calor químico supera el 11,3% en masa, el material acumulador de calor químico tiende a colapsarse fácilmente ya que disminuye la proporción de polímero de silicona.

10 Cuando el contenido de átomos de silicio en el material acumulador de calor químico es inferior al 4,8% en masa, el material acumulador de calor químico tiende a colapsarse fácilmente, ya que la cantidad de polímero de silicona es baja. Cuando el contenido de átomos de silicio en el material acumulador de calor químico supera el 33,2% en masa, la cantidad de calor que el material acumulador de calor químico puede liberar tiende a disminuir, ya que disminuye la proporción de óxido cálcico.

15 Por la misma razón, cuando el compuesto del elemento del grupo 2 es óxido cálcico y cuando el compuesto del elemento del grupo 2 es óxido de berilio, el contenido de átomos de berilio, átomos de boro y átomos de silicio en el material acumulador de calor químico es preferiblemente del 3,2 al 24,4% en masa, del 0,7 al 12,6% en masa y del 8,7 al 37,1% en masa, respectivamente.

20 Asimismo, por la misma razón, cuando el compuesto del elemento del grupo 2 es óxido magnésico, el contenido de átomos de magnesio, átomos de boro y átomos de silicio en el material acumulador de calor químico es preferiblemente del 8,3 al 46,5% en masa, del 0,5 al 11,9% en masa y del 6,2 al 35,1% en masa, respectivamente.

25 Asimismo, por la misma razón, cuando el compuesto del elemento del grupo 2 es óxido de estroncio, el contenido de átomos de estroncio, átomos de boro y átomos de silicio en el material acumulador de calor químico es preferiblemente del 24,5 al 75,8% en masa, del 0,2 al 9,8% en masa y del 2,8 al 28,6% en masa, respectivamente.

30 Asimismo, por la misma razón, cuando el compuesto del elemento del grupo 2 es óxido de bario, el contenido de átomos de bario, átomos de boro y átomos de silicio en el material acumulador de calor químico es preferiblemente del 33,7 al 83,1% en masa, del 0,2 al 8,6 % en masa y del 2,0 al 25,0% en masa, respectivamente.

35 Tal como se ha descrito arriba, cuando el compuesto del elemento del grupo 2 es óxido cálcico, óxido magnésico, óxido de estroncio y óxido de bario, el contenido preferido de cada uno de los componentes expresado en equivalentes en masa difiere de los otros. Sin embargo, el contenido convertido en número de moles da valores idénticos. Además, como compuesto del elemento del grupo 2 se pueden escoger dos o más de ellos entre óxido cálcico, óxido magnésico, óxido de estroncio y óxido de bario, y también se puede usar una combinación de los mismos.

40 Incidentalmente, el contenido de estos átomos (Ca, B, Si y O) en el material acumulador de calor químico se puede obtener mediante un análisis de la composición, usando un espectrómetro de fluorescencia de rayos X (FRX) o similar. Si es necesario, el material acumulador de calor químico puede contener un componente diferente del compuesto del elemento del grupo 2, del compuesto de boro y del polímero de silicona.

45 El material acumulador de calor químico se convierte en un material poroso, partiendo como materia prima de una composición destinada a la formación de un material acumulador de calor químico descrito a continuación. Además, el material acumulador de calor químico se puede moldear de forma deseada, empleando como materia prima la composición formadora de un material acumulador de calor químico descrito a continuación. Por ejemplo, el material acumulador de calor químico se puede aplicar sobre una cara de intercambio de calor de un intercambiador de calor o se puede moldear en forma de gránulos. El calor liberado del material acumulador de calor químico se puede usar, por ejemplo, transfiriéndolo al exterior mediante un intercambiador de calor.

50 A continuación, se explica la acción del material acumulador de calor químico. El material acumulador de calor químico puede repetir la generación de calor y el almacenamiento de calor. Al principio, en la etapa de generación de calor a partir del material acumulador de calor químico, éste se pone en contacto con vapor de agua. En este momento, la proporción molar de agua (vapor de agua) puesta en contacto con el elemento del grupo 2 - como el óxido cálcico contenido en el material acumulador de calor químico - es preferiblemente 1,2 veces o menos la proporción molar del compuesto. El agua que entra en contacto con el material acumulador de calor químico penetra en los poros formados dentro del material acumulador de calor químico y se genera calor satisfactoriamente, incluso en el interior del material acumulador de calor químico. Si se pone demasiada agua en contacto con el material acumulador de calor químico, la propia agua consume el calor generado y por tanto disminuye el valor de calentamiento total. El calor generado a partir del material acumulador de calor químico se recupera mediante un medio de calentamiento de un intercambiador de calor o análogo. El método para poner el agua en contacto con el material acumulador de calor químico no está especialmente limitado y puede consistir en aplicar vapor de agua al material acumulador de calor químico, sumergir el material acumulador de calor químico en agua líquida o añadir agua al material acumulador de calor químico (adición gota a gota o aspersión, etc.). Sobre todo se prefiere poner el agua en contacto con el material acumulador de calor

químico, rociando vapor de agua, puesto que así resulta fácil poner el agua uniformemente en contacto con el material acumulador de calor químico.

5 Por otra parte, en la etapa de almacenamiento de calor en el material acumulador de calor químico se calienta un material acumulador de calor químico que contiene un compuesto del elemento del grupo 2, como el hidróxido cálcico, etc., generado por hidratación del óxido cálcico o similar. El material acumulador de calor químico se calienta y, por lo tanto, el hidróxido del compuesto del elemento del grupo 2 contenido en el material acumulador de calor químico se deshidrata y vuelve al estado anterior a la etapa de generación de calor (por ejemplo, óxido cálcico). El agua generada en la etapa de almacenamiento de calor se recupera cuando sea necesario.

10 En la etapa de generación de calor aumenta el volumen del material acumulador de calor químico. En concreto, el volumen del compuesto del elemento del grupo 2 contenido en el material acumulador de calor químico aumenta un 20% aproximadamente debido a la hidratación del material acumulador de calor químico. Y, viceversa, en la etapa de almacenamiento de calor el volumen del compuesto del elemento del grupo 2 contenido en el material acumulador de calor químico disminuye debido al almacenamiento de calor por deshidratación. La repetición del aumento y descenso del volumen del material acumulador de calor químico conduce al colapso del material acumulador de calor químico moldeado de forma deseada, dando como resultado su pulverización. Como el material acumulador de calor químico según la presente invención es poroso, el propio material acumulador de calor químico puede absorber la tensión en la estructura provocada por el aumento y disminución del volumen. Además, el material acumulador de calor químico según la presente realización puede considerarse flexible por contener el compuesto de boro. Por lo tanto, el material acumulador de calor químico según esta forma de ejecución no se colapsa fácilmente, aunque se vaya repitiendo la generación y el almacenamiento de calor y por ello tiene gran resistencia.

25 <Composición para formar un material acumulador de calor químico>

30 La composición para formar un material acumulador de calor químico según la presente forma de ejecución comprende un compuesto del elemento del grupo 2, un compuesto que contiene boro, al menos otro compuesto escogido entre un alcoxisilano, un hidrolizado del mismo y un condensado del mismo, y una resina. El material acumulador de calor químico arriba descrito se prepara usando la composición para formar un material acumulador de calor químico según la presente realización.

35 El compuesto del elemento del grupo-2 contenido en la composición formadora de un material acumulador de calor químico es el mismo que el compuesto del elemento del grupo-2 contenido en el material acumulador de calor químico arriba descrito. Sin embargo, como compuesto del elemento del grupo-2 contenido en la composición formadora de un material acumulador de calor químico, se prefiere usar un compuesto hidratado del elemento del grupo-2. Haciendo que la composición formadora de un material acumulador de calor químico lleve un compuesto hidratado del elemento del grupo 2, se consigue que el compuesto del elemento del grupo 2 se deshidrate en la etapa de calcinación de la formación del material acumulador de calor químico descrito a continuación y que su volumen disminuya. Por lo tanto, el material acumulador de calor químico obtenido al usar la composición formadora de un material acumulador de calor químico que comprende el compuesto hidratado del elemento del grupo 2 no sufre fácilmente una deformación, incluso cuando el volumen se expande. Por lo tanto, es difícil que se colapse. Como ejemplos de compuestos del elemento del grupo-2 contenidos en la composición formadora de un material acumulador de calor químico se pueden nombrar los hidróxidos de calcio, de magnesio, de estroncio y de bario.

45 En particular, la composición formadora de un material acumulador de calor químico comprende preferiblemente al menos hidróxido cálcico o hidróxido magnésico como compuesto del elemento del grupo-2. Tal como se indica en la tabla 1, el hidróxido cálcico y el hidróxido magnésico tienen una elevada temperatura operativa de almacenamiento de calor y una gran densidad de almacenamiento de calor.

50 Además, como compuesto de boro, la composición formadora de un material acumulador de calor químico comprende preferiblemente al menos un compuesto escogido del grupo constituido por ácido bórico, boratos de trialquilo y boratos de triarilo. El contenido de estos compuestos de boro en la composición formadora de un material acumulador de calor químico mejora la flexibilidad del polímero de silicona en el material acumulador de calor químico. Es más preferible que la composición formadora del material acumulador de calor químico lleve un trialquil borato como compuesto de boro. Como ejemplos de borato de trialquilo se pueden citar el borato de trimetilo y el borato de trietilo. Los boratos de trialquilo tienen una gran reactividad con un alcoxisilano descrito a continuación y mejoran la flexibilidad del polímero de silicona contenido en el material acumulador de calor químico. Se considera que la mejora de la flexibilidad del polímero de silicona en el material acumulador de calor químico incrementa la resistencia del material acumulador de calor químico en su forma moldeada.

60 Al menos un compuesto escogido del grupo constituido por un alcoxisilano, un hidrolizado del mismo y un condensado del mismo, contenidos en la composición formadora del material acumulador de calor químico, da lugar a un polímero de silicona en el material acumulador de calor químico, que genera una estructura tridimensional muy compacta. Como ejemplos de alcoxisilanos o análogos se pueden nombrar los tetra-alcoxisilanos, los alquil-trialcoxisilanos, los dialquil-alcoxisilanos y condensados parciales de los mismos. En concreto, como ejemplos de condensados parciales de tetra-

alquilsilanos se pueden indicar el silicato MKC MS51 (un condensado fabricado por Mitsubishi Chemical Corporation) y el silicato de etilo 40 (un condensado de tetraetoxisilano fabricado por ColCoat Corporation).

5 El alcoxisilano o similar contenido en la composición formadora del material acumulador de calor químico es de manera preferente al menos uno del grupo constituido por un trietoxisilano o un tetraetoxisilano, un hidrolizado del mismo y un condensado del mismo, porque los polímeros de silicona pueden formar una estructura tridimensional muy compacta.

10 La resina contenida en la composición formadora del material acumulador de calor químico actúa como espesante y además es necesaria para mantener la forma del material acumulador de calor químico aplicado. La resina contenida en la composición formadora de un material acumulador de calor químico no está particularmente limitada, siempre que se pueda emplear con el fin arriba descrito. La resina puede ser de tipo natural o sintético; se puede utilizar una resina escogida entre polisacáridos como la celulosa, proteínas, polifenoles, resinas de poliéster, resinas de poliéter, resinas acrílicas, resinas de poliuretano, resinas de flúor, resinas epoxi o similares, o una combinación de dos o más de ellas. Como resina, la composición formadora del material acumulador de calor químico comprende preferiblemente al menos una escogida del grupo constituido por poli(alcohol vinílico), poli(alcohol vinílico) modificado, polietilenglicol, poli(óxido de etileno), una resina acrílica hidroxilada y una resina de butiral. Como son resinas que contienen grupos hidroxilo, estas resinas tienen gran afinidad con el compuesto del elemento del grupo 2 y el alcoxisilano o análogos. Además, para la estabilización de la forma del material acumulador de calor químico es preferible que la composición formadora del material acumulador de calor químico contenga una resina acrílica hidroxilada o una resina de butiral. 20 La resina contenida en la composición formadora del material acumulador de calor químico tiene preferiblemente un peso molecular medio volumétrico comprendido entre 100 y 5.000.000. El peso molecular medio volumétrico de la resina contenida en la composición formadora del material acumulador de calor químico se puede determinar por cromatografía de permeación de gel (GPC), usando como referencia una muestra estándar de poliestireno.

25 Como ejemplos de resinas de butiral se pueden nombrar en concreto las de las series S-LEC B y K (ambas fabricadas por Sekisui Chemical Co., Ltd.). Asimismo, como ejemplos de resina acrílica hidroxilada se pueden citar en concreto los polímeros que se pueden obtener polimerizando una solución de una mezcla monomérica que lleve monómeros con grupos hidroxilo secundarios tales como (met)acrilato de 2-hidroxibutilo, etc., monómeros con grupos hidroxilo terciarios tales como (met)acrilato de 2-hidroxí-2-metilpropilo, etc. y otros monómeros, según un método convencional. 30 Incidentalmente, la resina contenida en la composición formadora del material acumulador de calor químico se elimina en la etapa de calcinación del método para formar el material acumulador de calor químico descrito a continuación.

Además, la composición formadora del material acumulador de calor químico contiene preferiblemente fibra de vidrio. La composición formadora del material acumulador de calor químico contiene fibra de vidrio, y por lo tanto mejora la resistencia del material acumulador de calor químico en su forma moldeada. 35

Además, la composición formadora del material acumulador de calor químico puede contener al menos una sustancia a base de carbono o un hidrocarburo. La composición formadora del material acumulador de calor químico contiene al menos una sustancia a base de carbono o un hidrocarburo, con lo cual se forman poros más numerosos dentro o sobre el material acumulador de calor químico, y de ese modo es posible estabilizar la forma del material acumulador de calor químico. Como ejemplos de sustancia a base de carbono cabe mencionar negro de humo, grafito, nanofibras de carbono o similares. Como ejemplos de hidrocarburo cabe mencionar parafina, olefinas, cicloalcanos y similares. 40

Con mayor preferencia, la composición formadora del material acumulador de calor químico contiene preferentemente negro de humo y un hidrocarburo, ya que así se forman poros más finos en el interior o en la superficie del material acumulador de calor químico, con lo cual la forma del material acumulador de calor químico se puede estabilizar más satisfactoriamente. Incidentalmente la sustancia a base de carbono o el hidrocarburo contenido en la composición formadora del material acumulador de calor químico se elimina en la etapa de calcinación del método para formar el material acumulador de calor químico descrito más adelante. 45 50

La composición formadora del material acumulador de calor químico lleva preferiblemente un disolvente para dispersar los componentes mencionados anteriormente. Como disolvente se puede usar al menos agua o disolventes orgánicos. Como ejemplos de disolventes orgánicos se pueden citar hidrocarburos tales como tolueno, xileno o análogos, cetonas como acetona, metil etil cetona o similares, ésteres tales como acetato de etilo, acetato de Cellosolve, butil Cellosolve o análogos, y alcoholes. 55

En caso necesario, las composiciones formadoras de un material acumulador de calor químico pueden contener un componente distinto de los componentes arriba citados.

60 <Método para formar un material acumulador de calor químico>

Se describe un ejemplo del método para formar el material acumulador de calor químico según la presente invención. El método para formar el material acumulador de calor químico según la presente invención comprende una etapa de recubrimiento y una etapa de calcinación. En la etapa de recubrimiento se reviste una superficie de substrato metálico con la composición formadora de un material acumulador de calor químico, en la cual cada uno de los componentes descritos anteriormente se mezcla con los otros mediante cualquier método. El método para mezclar cada uno de los 65

componentes no está limitado en particular. El material metálico recubierto con la composición formadora del material acumulador de calor químico no está particularmente limitado. Como material metálico se prefieren los que se usan para las caras de intercambio térmico de los intercambiadores de calor y como ejemplos se puede nombrar el aluminio, el cobre, los materiales de acero y acero inoxidable, o similares. La cantidad de composición para formar el material acumulador de calor químico que se aplica en la etapa de recubrimiento es preferiblemente de 5 hasta 50.000 g/m². Si la cantidad de la composición formadora del material acumulador de calor químico es inferior a 5 g/m², el valor de calentamiento que puede liberarse del material acumulador de calor químico formado tiende a ser pequeño, y si la cantidad del material acumulador de calor químico es superior a 50.000 g/m², el material acumulador de calor químico formado tiende a colapsarse con facilidad. En el método de formación del material acumulador de calor químico, el procedimiento para aplicar la composición formadora del material acumulador de calor químico no está particularmente limitado; se puede elegir cualquier método.

En la etapa de calcinación, después de la etapa de recubrimiento, la composición se calcina para formar un material acumulador de calor químico sobre la superficie del sustrato metálico. La etapa de calcinación se puede llevar a cabo utilizando un horno eléctrico, etc.; el aparato utilizado para calcinar no está particularmente limitado. La composición formadora del material acumulador de calor químico se calcina en la etapa de calcinación y por consiguiente la resina y la sustancia a base de carbono o el hidrocarburo se gasifican y se eliminan del material acumulador de calor químico. El material acumulador de calor químico tiene poros finos resultantes de la eliminación de la resina y de la sustancia a base de carbono o del hidrocarburo.

En la etapa de calcinación, la composición formadora del material acumulador de calor químico aplicada a la superficie del sustrato metálico se calcina preferiblemente a una temperatura de 200 hasta 1.200°C, con mayor preferencia a una temperatura de 300 a 1.000°C. En la etapa de calcinación, si la composición formadora del material acumulador de calor químico aplicada sobre la superficie del sustrato metálico se calcina a temperatura inferior a 200°C, el material acumulador de calor químico tiende a colapsarse fácilmente por falta de calcinación, y si se calcina a una temperatura superior a 1200°C, el compuesto del elemento del grupo 2 no puede mantener el estado del óxido y entonces tiende a disminuir la ganancia de almacenamiento de calor del material acumulador de calor químico.

En la etapa de calcinación se prefiere que la composición formadora del material acumulador de calor químico aplicada sobre la superficie del sustrato metálico se calcine durante 30 hasta 120 minutos. La resina, la sustancia a base de carbono y el hidrocarburo pueden permanecer en el material acumulador de calor químico tras la etapa de calcinación, siempre que no se inhiba la función del material acumulador de calor químico. Cuando el tiempo de calcinación en la etapa de calcinación es inferior a 30 minutos, el material acumulador de calor químico tiende a colapsarse fácilmente por falta de calcinación. Cuando el tiempo de calcinación es superior a 120 minutos se generan burbujas de aire dentro del material acumulador de calor químico y por consiguiente el material acumulador de calor químico también tiende a colapsarse fácilmente.

El método para formar el material acumulador de calor químico de la presente solicitud de patente no está limitado a los métodos descritos anteriormente. El material acumulador de calor químico según la presente invención se puede moldear, por ejemplo, de forma similar a gránulos.

EJEMPLOS

A continuación, la presente invención se explica con mayor detalle haciendo referencia a los ejemplos, pero sin limitarse a ellos.

[Ejemplo 1]

Una resina de polietilenglicol (fabricada por Meisei Chemical Works, Ltd., nombre comercial: "Alkox"); una resina de butiral (fabricada por Kuraray Co., Ltd., nombre comercial: "Mowital B20H"); un condensado bajo de silicato de etilo (fabricado por Colcoat Co., Ltd., nombre comercial: "Silicato de etilo 28"); un disolvente orgánico (fabricado por Nippon Nyukazai Co., Ltd., nombre comercial: "MPG-130", polietilenglicol metil éter); y borato de trimetilo (fabricado por Tokyo Chemical Industry Co., Ltd., nombre comercial: "Borato de trimetilo") se mezclaron en las proporciones indicadas en la tabla 2 (unidades: parte(s) en masa). A esta mezcla se le agregó hidróxido cálcico en la proporción indicada en la tabla 2 y la mezcla obtenida se homogeneizó suficientemente a fin de obtener una composición para formar un material acumulador de calor químico. Esta composición formadora del material acumulador de calor químico se moldeó en forma de gránulos (de forma cilíndrica, con un diámetro de aproximadamente 5 mm y una altura de aproximadamente 10 mm). Esta composición moldeada para formar un material acumulador de calor químico se introdujo en un horno eléctrico y se calcinó a 1.000°C durante una hora para obtener un material acumulador de calor químico en forma de gránulos. Incidentalmente el hidróxido cálcico se deshidrata por calcinación y se convierte en óxido cálcico.

[Ejemplos 2 a 13 y ejemplos comparativos 1 a 4]

Se repitieron los mismos procesos del ejemplo 1 con el fin de obtener cada una de las composiciones formadoras de material acumulador de calor químico y los materiales acumuladores de calor químico, pero variando las proporciones de los componentes en las composiciones formadoras del material acumulador de calor químico a las indicadas en

las tablas 2 a 4. Incidentalmente, en el ejemplo 5 se agregó además fibra de vidrio (fabricada por Central Glass fibre CO., Ltd., nombre comercial: "Middle Fiber") a la mezcla de una resina de butiral, un condensado bajo de silicato de etilo, un disolvente orgánico y borato de trimetilo. En el ejemplo 6 se usó ácido bórico en lugar de borato de trimetilo. En los ejemplos 7 a 13 se usó hidróxido magnésico, hidróxido de estroncio o hidróxido de bario en lugar de hidróxido cálcico.

[Contenido atómico del material acumulador de calor químico]

En las tablas 2 hasta 4 se indica como "contenido atómico del material acumulador de calor químico" cada uno de los contenidos de átomos de calcio, átomos de silicio y átomos de oxígeno respecto al total de átomos de calcio, átomos de silicio y átomos de oxígeno contenidos en los materiales acumuladores de calor químico. El "contenido atómico en el material acumulador de calor químico" se obtuvo mediante un análisis elemental de los materiales acumuladores de calor químico, utilizando un espectrómetro de fluorescencia de rayos X (FRX).

[Evaluación de la forma]

La forma de un material acumulador de calor químico inmediatamente después de la calcinación en un horno eléctrico ("tras la calcinación" en las tablas 2 a 4) y la forma del material acumulador de calor químico después de haber liberado calor por inmersión en agua ("tras la generación de calor" en las tablas 2 a 4) se evaluaron visualmente. Cuando un gránulo mantuvo su forma y no hubo grietas, valoró como "A"; cuando hubo grietas finas pero el gránulo mantuvo su forma se valoró como "B"; y cuando hubo grietas notables o el material acumulador de calor químico se convirtió en polvo se valoró como "C". Los resultados están indicados en las tablas 2 a 4. Por cierto, las formas de los materiales acumuladores de calor químico de los ejemplos comparativos 2 a 4 se colapsaron después de la generación de calor, es decir, no pudieron mantener sus formas. Por lo tanto, en la tabla 4 las formas de los materiales acumuladores de calor químico de los ejemplos comparativos 2 a 4 se describen como "no evaluables".

[Evaluación de la resistencia]

La resistencia de los materiales acumuladores de calor químico inmediatamente después de formarse por calcinación en un horno eléctrico ("tras la calcinación" en las tablas 2 hasta 4) y el material acumulador de calor químico después de la generación de calor por inmersión en agua ("tras la generación de calor" en las tablas 2 hasta 4) se evaluaron utilizando una máquina de ensayos de tracción y compresión (Technograph fabricada por Minebea Inc.). En concreto, de los materiales acumuladores de calor químico en forma granulada se midió tras la calcinación y la generación de calor la fuerza (unidad: N) con que cada uno de los materiales acumuladores de calor químico se aplasta con carga desde arriba y desde abajo, usando una máquina de ensayos de tracción y compresión. Si las fuerzas aplicadas para aplastar los materiales acumuladores de calor químico tras la calcinación y la generación de calor son respectivamente de 10 N o más, se puede considerar que tienen suficiente resistencia para soportar repetidamente la generación y el almacenamiento de calor. Por cierto, los materiales acumuladores de calor químico de los ejemplos comparativos 2 hasta 4 no pudieron mantener sus formas de manera estable y no se pudo determinar su resistencia con la máquina de ensayos de tracción y compresión. Por tanto el material acumulador de calor químico de los ejemplos comparativos 2 hasta 4 se consideró "no evaluable" en la tabla 4.

[Tabla 2]

		Ej. 1	Ej. 2	Ej. 3	Ej. 4	Ej. 5	Ej. 6
Componente de la composición del material acumulador de calor químico (parte(s) en masa)	Ca(OH) ₂	50	50	50	50	50	50
	Mg(OH) ₂	0	0	0	0	0	0
	Sr(OH) ₂	0	0	0	0	0	0
	Ba(OH) ₂	0	0	0	0	0	0
	Resina de polietilenglicol	10	10	10	10	10	10
	Resina de butiral	2	35	1	23	2	23
	Condensado bajo de silicato de etilo	12	232	8	155	12	155
	Disolvente orgánico	34	663	27	542	33	542
	Borato de trimetilo	2	70	14	280	4	0
	Ácido bórico	0	0	0	0	0	168
Fibra de vidrio	0	0	0	0	5	0	
Contenido atómico en el material acumulador de calor químico (% en masa)	Ca, Mg, Sr o Ba	59,0	13,5	58,3	13,0	53,1	13,0
	B	0,4	3,1	2,5	11,3	0,6	11,3
	Si	7,6	33,2	4,8	21,2	11,1	21,2
	O	33,0	502,	34,4	54,5	35,2	54,5
Evaluación de la forma	Tras la calcinación	A	A	A	A	A	A
	Tras la generación de calor	A	A	A	A	A	A
Evaluación de la resistencia (N)	Tras la calcinación	25	30	20	35	35	35
	Tras la generación de calor	20	30	15	35	35	35

[Tabla 3]

	Ej. 7	Ej. 8	Ej. 9	Ej. 10	Ej. 11	Ej. 12	Ej. 13
Ca(OH) ₂	0	0	0	0	0	0	0
Mg(OH) ₂	40	40	40	40	40	0	0
Sr(OH) ₂	0	0	0	0	0	80	0
Ba(OH) ₂	0	0	0	0	0	0	120
Resina de polietilenglicol	10	10	10	10	10	10	10
Resina de butiral	3	2	35	1	23	3	3
Condensado bajo de silicato de etilo	23	12	232	8	155	23	23
Disolvente orgánico	66	34	663	27	542	66	66
Borato de trimetilo	7	2	70	14	280	7	7
Ácido bórico	0	0	0	0	0	0	0
Fibra de vidrio	0	0	0	0	0	0	0
Ca, Mg, Sr o Ba	37,7	46,5	8,6	45,9	8,3	68,5	77,7
B	1,4	0,5	3,3	3,3	11,9	0,7	05
Si	15,3	10,0	35,1	6,2	22,4	7,7	5,6
O	45,5	43,0	53,0	44,6	57,4	23,1	16,2
Tras la calcinación	A	A	A	A	A	A	A
Tras la generación de calor	A	A	A	A	A	A	A
Tras la calcinación	25	25	30	20	35	25	25
Tras la generación de calor	25	20	30	15	35	25	25
Componente de la composición del material acumulador de calor químico (parte(s) en masa)							
Contenido atómico en el material acumulador de calor químico (% en masa)							
Evaluación de la forma							
Evaluación de la resistencia (N)							

[Tabla 4]

		Ejemplo comp. 1	Ejemplo comp. 2	Ejemplo comp. 3	Ejemplo comp. 4
Componente de la composición del material acumulador de calor químico (parte(s) en masa)	Ca(OH) ₂	50	0	50	50
	Mg(OH) ₂	0	0	0	0
	Sr(OH) ₂	0	0	0	0
	Ba(OH) ₂	0	0	0	0
	Resina de polietilenglicol	10	10	10	0
	Resina de butiral	8	8	8	0
	Condensado bajo de silicato de etilo	53	53	0	53
	Disolvente orgánico	139	139	139	139
	Borato de trimetilo	0	0	0	0
	Ácido bórico	0	0	0	0
Fibra de vidrio	0	0	0	0	
Contenido atómico en el material acumulador de calor químico (% en masa)	Ca, Mg, Sr o Ba	25	0	71	25
	B	0	0	0	0
	Si	31	47	0	31
	O	44	53	29	44
Evaluación de la forma	Tras la calcinación	A	C	C	C
	Tras la generación de calor	A	no evaluable	no evaluable	no evaluable
Evaluación de la resistencia (N)	Tras la calcinación	20	no evaluable	no evaluable	no evaluable
	Tras la generación de calor	5	no evaluable	no evaluable	no evaluable

[Evaluación del rendimiento de la generación de calor]

- 5 Se midieron los valores de calentamiento de los materiales acumuladores de calor químico en forma granulada de los ejemplos 1 hasta 8. Los valores de calentamiento se midieron de acuerdo con los siguientes procedimientos. En primer lugar se introdujo una cantidad prefijada de agua en un recipiente tapado con un material de aislamiento térmico y luego se agregó al agua un material acumulador de calor químico (por ejemplo, 5 g). El agua del recipiente se removió con un agitador magnético y se controló el aumento de temperatura con un termopar de vaina metálica. La temperatura del agua medida con dicho termopar, a la cual se agregaron los materiales acumuladores de calor químico de los ejemplos, aumentó considerablemente. El valor del calentamiento Q (unidad: J) de un material acumulador de calor químico se puede obtener según la siguiente ecuación (1). En la ecuación (1) ΔT (unidad: K) es el valor obtenido al restar de la temperatura máxima del agua, tras agregar un material acumulador de calor químico, la temperatura del agua inmediatamente antes de agregar el material acumulador de calor químico. Aquí, W es la masa de agua en el recipiente (unidad: g) y Cp es la capacidad térmica específica del agua (unidad: J/g·K).

$$Q = \Delta T \times W \times C_p \quad (1)$$

- 20 Al comparar los ejemplos 1 a 4 de la tabla 2 con el ejemplo comparativo 1 de la tabla 4 se encontró que los resultados de la evaluación de la resistencia de los materiales acumuladores de calor químico de los ejemplos 1 a 4 y 6 a 8 fueron mejores que los del ejemplo comparativo 1, tanto "tras la generación de calor" como "tras la calcinación". A partir de estos resultados se confirmó que el material acumulador de calor químico obtenido con la composición formadora de un material acumulador de calor químico que contiene un compuesto del elemento del grupo 2, una resina de butiral, un compuesto de boro y un condensado bajo de silicato de etilo tiene mayor resistencia que el material acumulador de calor químico obtenido con la composición formadora de un material acumulador de calor químico que no contiene ningún compuesto de boro.

- 30 Asimismo, al comparar los ejemplos 1 a 4 de la tabla 2 con los ejemplos 7 a 13 de la tabla 3 se vio que los materiales acumuladores de calor químico de los ejemplos 7 a 13 tienen la misma resistencia que los materiales acumuladores de calor químico de ejemplos 1 a 4, tanto "tras la generación de calor" como "tras la calcinación". A partir de estos resultados, se confirmó que los compuestos formados por elementos del grupo 2 distintos del calcio también se pueden usar para el material acumulador de calor químico según la presente invención.

- 35 Asimismo, a partir de los resultados de los ejemplos comparativos 2 a 4, se encontró que los materiales acumuladores de calor químico obtenidos al utilizar las composiciones formadoras del material acumulador de calor químico de los ejemplos comparativos 2 a 4 dieron mal resultado en la evaluación de la forma. A partir de estos resultados se confirmó que cuando la composición formadora del material acumulador de calor químico no contiene ningún compuesto de un elemento del grupo 2 o una resina de tipo alcoxisilano o similar, no es posible mantener la forma granulada.

- 40 Además, tal como se ha descrito arriba, la temperatura del agua a la cual se agregaron los materiales acumuladores de calor químico de los ejemplos 1 hasta 13 aumentó considerablemente. A partir de estos resultados se confirmó que

los materiales acumuladores de calor químico en forma de gránulos de los ejemplos 1 hasta 13 tenían la capacidad de generar calor. Por cierto, el volumen de calentamiento Q de cada uno de los materiales acumuladores de calor químico en forma de gránulos de los ejemplos 1 hasta 13 fue equivalente al volumen de calentamiento teórico obtenido a partir de la cantidad de óxido cálcico contenido en cada uno de los materiales acumuladores de calor químico.

5 En concreto se considera que en los materiales acumuladores de calor químico obtenidos con el uso de la composición formadora del material acumulador de calor químico que lleva un compuesto del elemento del grupo 2, un compuesto de boro, un alcoxisilano o similar y una resina, las partículas se unen entre sí del modo descrito anteriormente, y por lo tanto el agua (vapor de agua) penetra más fácilmente en el interior del gránulo que en el material acumulador de calor químico en forma de gránulos, formado por minerales arcillosos (por ejemplo, el material acumulador de calor químico descrito arriba en el documento de patente 1). Se espera que los materiales acumuladores de calor químico de los ejemplos en los que el agua (vapor de agua) penetra fácilmente tengan un rendimiento elevado de generación de calor (capacidad para elevar la temperatura del agua) en la "evaluación del rendimiento de la generación de calor" mencionada anteriormente.

15

REIVINDICACIONES

- 5 **1.** Un material acumulador de calor químico que lleva un compuesto de un elemento del grupo 2, un compuesto de boro y un polímero de silicona.
- 10 **2.** El material acumulador de calor químico según la reivindicación 1, en el cual el compuesto del elemento del grupo 2 es óxido cálcico y el contenido de átomos de calcio, de átomos de boro y de átomos de silicio en el material acumulador de calor químico es respectivamente del 13 al 59% en masa, del 0,4 al 11,3% en masa y del 4,8 al 33,2% en masa.
- 15 **3.** El material acumulador de calor químico según la reivindicación 1, en el cual el compuesto del elemento del grupo 2 es óxido magnésico y el contenido de átomos de magnesio, de átomos de boro y de átomos de silicio en el material acumulador de calor químico es respectivamente del 8,3 al 46,5% en masa, del 0,5 al 11,9% en masa y del 6,2 al 35,1% en masa.
- 20 **4.** El material acumulador de calor químico según la reivindicación 1, en el cual el compuesto del elemento del grupo 2 es óxido de estroncio y el contenido de átomos de estroncio, de átomos de boro y de átomos de silicio en el material acumulador de calor químico es respectivamente del 24,5 al 75,8% en masa, del 0,2 al 9,8% en masa y del 2,8 al 28,6% en masa.
- 25 **5.** El material acumulador de calor químico según la reivindicación 1, en el cual el compuesto del elemento del grupo 2 es óxido de bario y el contenido de átomos de bario, de átomos de boro y de átomos de silicio en el material acumulador de calor químico es respectivamente del 33,7 al 83,1% en masa, del 0,2 al 8,6% en masa y del 2,0 al 25,0% en masa.
- 30 **6.** Una composición para formar un material acumulador de calor químico, que lleva un compuesto de un elemento del grupo 2, un compuesto que contiene boro, al menos un compuesto elegido del grupo constituido por un alcoxisilano, un hidrolizado del mismo y un condensado del mismo, y una resina.
- 35 **7.** La composición para formar el material acumulador de calor químico según la reivindicación 6, que contiene al menos hidróxido cálcico o hidróxido magnésico como el compuesto del elemento del grupo 2.
- 40 **8.** La composición para formar el material acumulador de calor químico según la reivindicación 6 o 7, que contiene al menos un compuesto seleccionado del grupo constituido por ácido bórico, boratos de triálquilo y boratos de triarilo, como el compuesto de boro.
- 45 **9.** La composición para formar el material acumulador de calor químico según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, que contiene al menos un compuesto seleccionado del grupo constituido por poli(alcohol vinílico), poli(alcohol vinílico) modificado, polietilenglicol, poli(óxido de etileno), una resina acrílica hidroxilada y una resina de butiral como resina.
- 50 **10.** La composición para formar el material acumulador de calor químico según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, que además contiene fibra de vidrio.
- 11.** La composición para formar el material acumulador de calor químico según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 10, en la cual el alcoxisilano es al menos trietoxisilano o tetraetoxisilano.
- 12.** Un método para producir un material acumulador de calor químico, que comprende las etapas de recubrir la superficie de un substrato metálico con una composición formadora del material acumulador de calor químico según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 11 y calcinar la composición formadora del material acumulador de calor químico sobre la superficie del substrato metálico a 200 hasta 1200°C durante 30 hasta 120 minutos después de la etapa de recubrimiento.