

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 789 399**

51 Int. Cl.:

B01J 20/04 (2006.01)

B01J 20/20 (2006.01)

B01J 20/32 (2006.01)

F25B 17/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.04.2016 PCT/EP2016/058512**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.10.2016 WO16166364**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.04.2016 E 16720742 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.02.2020 EP 3283215**

54 Título: **Material para una bomba de calor química**

30 Prioridad:

16.04.2015 SE 1550456

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

26.10.2020

73 Titular/es:

**SALTX TECHNOLOGY AB (100.0%)
Västertorpsvägen 135
129 44 Hägersten, SE**

72 Inventor/es:

**BOLIN, GÖRAN y
TORNEREFELT, ULRICA**

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 789 399 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 para una bomba de calor química

5 Campo técnico

[0001] La presente invención se refiere, en general, a un material mejorado destinado a su uso en una bomba de calor química que implica un proceso de sorción. El material comprende escamas de grafeno y/u óxido de grafeno.

10 Antecedentes

[0002] Las bombas de calor químicas, en particular las bombas de calor químicas que funcionan según el principio de sorción, comprenden típicamente al menos una sal y al menos un líquido volátil. El principio de funcionamiento a menudo se basa en la absorción y la desorción reversibles de un líquido volátil (los ejemplos incluyen agua, un alcohol, amoníaco e hidrógeno) en y desde un sólido (tal como una sal o un óxido). La absorción de la fase gaseosa de un líquido volátil es, típicamente, un proceso exotérmico que suministra calor, mientras que la desorción de la fase gaseosa de un líquido volátil es, típicamente, endotérmica y requiere un aporte de energía. La pareja específica de sólido/gas, es decir, la al menos una sal u óxido específica y al menos un líquido volátil determina el intervalo de temperatura en el que funciona la bomba de calor química. El ciclo de trabajo de una bomba de calor química de este tipo se lleva a cabo típicamente de manera discontinua con un ciclo discontinuo.

[0003] Un sistema típicamente comprende un condensador/evaporador y un reactor (absorbedor/desorbedor), ambos intercambiando calor con los sistemas circundantes. El vapor y/o una fase gaseosa de un líquido volátil es capaz de fluir entre el reactor (absorbedor/desorbedor) y el condensador/evaporador.

[0004] Cuando el líquido volátil (por ejemplo, agua u otras sustancias) en fase gaseosa se absorbe en la sustancia activa (típicamente una sal o un óxido), la sustancia activa al principio todavía permanecerá en fase sólida y luego a medida que más líquido volátil es absorbido gradualmente se convierte en fase líquida. El proceso cuando la sustancia activa se vuelve líquida por absorción del líquido volátil se llama licuefacción.

[0005] En un sistema donde una sal o un óxido es la sustancia activa en la que absorbe un líquido volátil, la bomba de calor química puede mejorarse proporcionando una matriz en la que está retenida la sustancia activa.

[0006] En una bomba de calor química descrita en el documento WO 2007/139476, se describe que en la parte de reactor se proporciona una matriz para la sustancia activa, de modo que la sustancia activa tanto en su estado sólido como en su estado líquido o en su fase de solución esté retenida o transportada por o unida a la matriz. La matriz es, ventajosamente, un material inerte tal como óxido de aluminio y tiene poros, que son permeables para el líquido volátil y en los que está ubicada la sustancia activa. En particular, se puede usar un material que tiene una superficie o superficies, en las que la sustancia activa puede unirse en su estado líquido.

[0007] Mediante el uso de una matriz que retiene la sustancia activa se obtienen varias ventajas diferentes.

[0008] La matriz no participa en el proceso de absorción del líquido volátil; actúa como soporte y retiene la sustancia activa. La sustancia activa absorbe el líquido volátil. La sustancia activa es retenida por la matriz por diferentes fuerzas en diferentes realizaciones, los ejemplos incluyen fuerza capilar, fuerzas de van der Waals, etc.

[0009] T.X. Li, R.Z. Wang, R.G. Oliveira, J.K. Kiplagat y L.W. Wang en International Journal of Refrigeration 32 (2009) 47-57 describen que se puede aumentar el coeficiente de rendimiento (COP). En la introducción se menciona que el grafito expandido puede usarse como un aditivo para mejorar la transferencia de calor y masa. En la sección experimental se menciona que los reactores son compuestos de material compuesto de sales metálicas y grafito expandido. Se dice que el grafito expandido mejora la transferencia de calor y masa. Una sal de alta temperatura, así como una sal de baja temperatura en diferentes reactores están involucradas tanto en la recepción como en la absorción de calor durante dos fases diferentes.

[0010] El documento US 6.033.506 describe un proceso para fabricar espuma de carbono. El proceso emplea brea mesofásica o isotrópica y un proceso simplificado que usa un solo molde. La espuma tiene una distribución relativamente uniforme de tamaños de poro y una estructura gráfica altamente alineada en los puntales. El material de espuma se puede convertir en un material compuesto que es útil en paneles sándwich de alta temperatura para aplicaciones térmicas y estructurales, tal como se describe en el documento US2014/0116640 A1.

[0011] El grafito expandido se puede fabricar sumergiendo el grafito natural en escamas en un baño de ácido, tal como ácido crómico y posteriormente el ácido sulfúrico concentrado, que fuerza a los planos de la red cristalina a separarse, expandiendo así el grafito.

[0012] El documento WO2017/042383 describe una mezcla para su uso en una bomba de calor química, que

comprende escamas de grafeno y trihidrato de yoduro de litio.

5 **[0013]** El documento WO 2012/118437 describe una partícula que comprende una parte interna de una sal y/o CaO y un recubrimiento externo con nanopartículas hidrófobas. También se describe que las nanopartículas pueden comprender partículas de SiO₂ modificadas hidrofólicamente junto con material de carbono. Los ejemplos de material de carbono incluyen grafito y grafeno y se menciona que el material de carbono puede mejorar la conducción de calor. El recubrimiento siempre comprende nanopartículas hidrófobas.

10 **[0014]** Aunque las partículas recubiertas con nanopartículas hidrófobas son prometedoras, existe un problema con la estabilidad mecánica a largo plazo y el recubrimiento de nanopartículas crea polvo. Además, las nanopartículas hidrófobas en el recubrimiento externo tienen un efecto aislante no deseado. La resistencia mecánica se puede mejorar para un mejor rendimiento a largo plazo.

15 **[0015]** Aunque las bombas de calor químicas con una matriz como se ha descrito anteriormente (por ejemplo, en el documento WO 2007/139476) son muy útiles y se usan con éxito hoy en día, todavía hay margen para una mejora. Por ejemplo, la transferencia de calor hacia y desde la sustancia activa puede mejorarse aún más, también en vista de la sustancia activa recubierta con nanopartículas descrita en el documento WO 2012/118437. También se puede mejorar la capacidad de la matriz para retener una sal licuada para evitar que la sustancia activa escape de la matriz. Además, siempre es deseable mejorar la resistencia mecánica de la matriz. También es deseable mejorar la 20 densidad de potencia, la potencia de enfriamiento y el COP.

[0016] En un nivel más detallado, es un problema cómo mejorar aún más la transferencia de calor hacia y desde la sustancia activa en una bomba de calor química que implica un proceso de sorción.

25 **[0017]** Un efecto no deseado en las bombas de calor químicas es la migración de la sustancia activa que se produce típicamente en las bombas de calor que involucran una matriz que retiene la sustancia activa. Hay, por ejemplo, una migración inducida térmicamente, donde la sustancia activa (por ejemplo, una sal) se concentra en partes donde la temperatura es más alta, debido al transporte capilar de la sustancia activa en fase de solución hacia esas partes. Un efecto similar es la migración inducida gravitacionalmente. También hay migración de la sustancia activa 30 transportada por una fase gaseosa. En particular, si la velocidad del gas es alta, pequeñas gotas de líquido que comprenden sustancia activa pueden seguir con la corriente de gas y contaminar partes de la bomba de calor química.
Resumen

35 **[0018]** Es un objeto de la presente invención evitar al menos algunas de las desventajas de la técnica anterior y proporcionar una matriz mejorada para una bomba de calor química.

40 **[0019]** En un primer aspecto, se proporciona un material como se define en la reivindicación 1 para su uso en una bomba de calor química, el material comprende una sustancia activa y permite el transporte de un líquido volátil en fase gaseosa hacia y desde al menos una parte de la sustancia activa, donde al menos una parte del material está en contacto térmico con el entorno, donde el material comprende escamas de al menos uno seleccionado del grupo que consiste en grafeno y óxido de grafeno, donde cada escama individual tiene un tamaño lateral en el intervalo de 100-10000 nm y un grosor en el intervalo de 0,34 a 5 nm.

45 **[0020]** En un segundo aspecto, se proporciona una bomba de calor química, comprendiendo dicha bomba de calor química: una parte de reactor,

una parte de evaporador/condensador y

50 un pasaje que conecta la parte de reactor y la parte de evaporador/condensador entre sí permitiendo el intercambio de gas entre la parte de reactor y la parte de evaporador/condensador,

un líquido volátil que reside dentro de la parte de reactor, la parte de evaporador/condensador y el pasaje, y al menos una sustancia activa al menos en la parte de reactor,

55 donde el líquido volátil está adaptado para ser absorbido por la sustancia activa a una primera temperatura y ser desorbido por la sustancia activa a una segunda temperatura más alta,

donde el material como se describió anteriormente está al menos en la parte de reactor, dicho material retiene la sustancia activa tanto en fase sólida como en una solución líquida junto con líquido volátil.

60 **[0021]** En un tercer aspecto, se proporciona una bomba de calor química, comprendiendo dicha bomba de calor química:

65 un primer compartimento de almacenamiento y un segundo compartimento de almacenamiento, estando dichos primer y segundo compartimentos de almacenamiento adaptados para almacenar el material como se describió

anteriormente,

al menos un compartimento de reacción adaptado para transferir calor hacia y desde el material, estando dicho al menos un compartimento de reacción adaptado para recibir líquido volátil liberado desde el material durante la transferencia de calor al material y estando dicho al menos un compartimento de reacción adaptado para distribuir líquido volátil durante la transferencia de calor desde el material,

un medio de transporte adaptado para transportar el material desde el primer compartimento de almacenamiento al, al menos un, compartimento de reacción y desde el al menos un compartimento de reacción al segundo compartimento de almacenamiento, y desde el segundo compartimento de almacenamiento al, al menos un, compartimento de reacción y del al menos un compartimento de reacción al primer compartimento de almacenamiento.

[0022] En un cuarto aspecto, se proporciona un procedimiento para fabricar el material como se describió anteriormente, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

proporcionar una sustancia activa
recubrir dicha sustancia activa con escamas de al menos uno seleccionado del grupo que consiste en grafeno y óxido de grafeno.

[0023] Otros aspectos y realizaciones se definen en las reivindicaciones adjuntas.

[0024] Una ventaja es que se mejora la transferencia de calor hacia y desde la sustancia activa de una bomba de calor química. El contacto directo de grafeno y/u óxido de grafeno con la sustancia activa mejora en gran medida la conducción de calor.

[0025] Otra ventaja es que se mejora la resistencia mecánica.

[0026] Otra ventaja más es que diversos tipos de migración se reducen o incluso se eliminan. Por ejemplo, la migración inducida térmicamente se reduce debido a la conducción de calor mejorada del grafeno. La migración gravitacional se reduce debido a las celdas que retienen líquido y esencialmente evita que este sea transportado fuera de cada celda.

Breve descripción de los dibujos

[0027] La invención se describe ahora, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 muestra un diseño básico del material (celdas) que constituyen el material. Arriba: una pieza de sustancia activa conformada como una esfera con un recubrimiento de escamas superpuestas, fuera del alcance de la invención, Centro: una pieza de sustancia activa que comprende escamas, fuera del alcance de la invención, Abajo: una pieza de sustancia activa que comprende escamas y con un recubrimiento de escamas superpuestas, según la invención. El material dentro de las celdas no está dibujado a escala y tampoco las escamas de grafeno y/u óxido de grafeno están dibujadas a escala para mejorar la claridad.

La figura 2 muestra una realización en la que el material está en forma de celdas esféricas que comprenden sustancia activa y en el que las celdas están entre dos superficies. Las celdas están en contacto de conducción de calor entre sí y con las dos superficies.

La figura 3 muestra un procedimiento, fuera del alcance de la invención, para fabricar el material (celdas). La figura muestra la fabricación de una celda individual que puede ser parte de un material. En la imagen superior se proporciona una pieza de sustancia activa, en la imagen central se aplican las escamas y la imagen inferior muestra la celda completa con la pared de celda que comprende escamas superpuestas. El material dentro de las celdas no está dibujado a escala y tampoco las escamas de grafeno y/u óxido de grafeno están dibujadas a escala para mejorar la claridad.

Las figuras 4a y b muestran dos realizaciones diferentes de bombas de calor químicas que comprenden el material en forma de esferas según la invención. A la izquierda está la parte de reactor y a la derecha está la parte de evaporador/condensador y están conectados por un pasaje que permite el intercambio de gas entre la parte de reactor y la parte de evaporador/condensador. Un líquido volátil reside dentro de la parte de reactor, la parte de evaporador/condensador y el pasaje. El material (es decir, las celdas) está en la figura 4a en la parte de reactor y en la figura 4b tanto en la parte de reactor como en la parte de evaporador/condensador.

La figura 5 muestra una realización con un sistema con un reactor y un evaporador/condensador ambos en contacto térmico con dos sistemas circundantes diferentes indicados con espirales de intercambio de calor. La parte de reactor está, además, en conexión con dos compartimentos de almacenamiento diferentes para el material. En el modo de carga, el compartimento de reactor se calienta y el líquido volátil se evapora de la sustancia activa y se transfiere desde el material al evaporador/condensador. Cuando estos se cargan, el material se transporta fuera del reactor al compartimento de almacenamiento para el material cargado. En el modo de descarga, el material se transporta desde el compartimento de almacenamiento para el material cargado al reactor, donde la sustancia

activa absorbe el líquido volátil. Cuando se descarga, el material se transporta al compartimento de almacenamiento para material descargado.

Descripción detallada

- 5
- [0028]** Antes de que la invención se divulgue y describa en detalle, debe entenderse que esta invención no se limita a compuestos, configuraciones, etapas del procedimiento, sustratos y material particulares descritos en el presente documento, ya que dichos compuestos, configuraciones, etapas del procedimiento, sustratos y material pueden variar un poco. También debe entenderse que la terminología empleada en esta invención solo tiene la finalidad de describir formas de realización particulares y no pretende ser limitativa, ya que el alcance de la presente invención está limitado por las reivindicaciones adjuntas.
- 10
- [0029]** Cabe señalar que tal como se emplea en esta memoria descriptiva y en las reivindicaciones adjuntas, las formas en singular "un/o", "una" y "el/la" incluyen las referencias en plural, a menos que el contexto indique claramente lo contrario.
- 15
- [0030]** Si no se define nada más, los términos y la terminología científica usados en el presente documento tienen el significado comúnmente entendido por los expertos en la materia a los que pertenece esta invención.
- 20
- [0031]** La sustancia activa, como se usa en el presente documento, denota una sustancia que participa activamente en el proceso de absorción junto con un líquido volátil.
- [0032]** Matriz denota un material que es esencialmente inerte con respecto al líquido volátil pero que puede retener la sustancia activa, tanto cuando la sustancia activa está en fase sólida como cuando la sustancia activa ha absorbido una cantidad de líquido volátil y se ha convertido en líquido.
- 25
- [0033]** Líquido volátil como se usa en el presente documento denota un líquido con la capacidad de absorberse y desorberse de una sustancia activa en una bomba de calor química. El líquido volátil puede estar tanto en fase líquida como en fase gaseosa.
- 30
- [0034]** La invención tiene la ventaja de mejorar la conducción de calor hacia y desde la sustancia activa. El calor se transporta desde y hacia un sistema circundante. El material usado en el material es al menos uno seleccionado de grafeno y óxido de grafeno. En estos materiales, la conducción de calor es buena. Además, este material puede soportar el medio ambiente en una bomba de calor química con una sal como sustancia activa y temperatura variable. En una realización, las paredes de celda comprenden grafito además de al menos uno seleccionado del grupo que consiste en grafeno y óxido de grafeno. El grafito puede así mezclarse con el grafeno y/o el óxido de grafeno.
- 35
- [0035]** La integridad mecánica mejora en comparación con el caso en el que no se utiliza material.
- 40
- [0036]** Se mejora la capacidad de retener la sustancia activa, en particular cuando se absorbe una gran cantidad de líquido volátil de modo que se vuelva al menos parcialmente líquido. El material hace posible que la matriz retenga más sustancia activa líquida. En una realización donde la sustancia activa y el líquido volátil forman un estado líquido, se usa preferentemente un material completo. En una realización donde la sustancia activa y el líquido volátil forman un estado sólido, se puede usar un material abierto.
- 45
- [0037]** La sustancia activa está, en una realización, retenida por la matriz y encerrada en el material. En una realización alternativa, la sustancia activa solo está encerrada por el material.
- 50
- [0038]** En una realización, el tamaño de las celdas individuales en la estructura de celdas está en el intervalo de 0,5 mm a 10 mm. En una realización alternativa, el tamaño de las celdas individuales en la estructura de celdas está en el intervalo de 0,1 mm a 15 mm. El tamaño de una celda individual se mide como la longitud más larga posible de esa celda en cualquier dirección. Si bien esencialmente todas las celdas están dentro del intervalo previsto, se puede dar el caso de que algunas celdas no estén dentro de este intervalo debido, por ejemplo, a imperfecciones en el proceso de fabricación. Sin embargo, dichas situaciones también se consideran incluidas en los intervalos mencionados. La fracción del número de celdas fuera del intervalo previsto no es superior al 5 % del número total de celdas, preferentemente no es superior al 1 % del número total de celdas.
- 55
- [0039]** En una realización, la sustancia activa es una sal. En una realización, la sal es higroscópica. En una realización, la sal se selecciona de cloruros, cloratos, percloratos, bromuros, yoduros, carbonatos y nitratos de litio, magnesio, calcio, estroncio, bario, cobalto, níquel, hierro, zinc, manganeso, potasio y aluminio, así como también sulfuros e hidróxidos de litio, sodio y potasio. En otra realización, la sal se selecciona de Na_2S , LiBr , LiCl , CaCl_2 y CaBr_2 . En una realización, la sal se selecciona de cloruro de magnesio, cloruro de zinc, carbonato de potasio, hidróxido de potasio e hidróxido de sodio. Donde existan, también se incluyen todas las versiones hidratadas de todas las sales anteriores. Como ejemplo no limitante, se incluye $\text{Na}_2\text{S}\cdot 9\text{H}_2\text{O}$.
- 60
- 65

- 5 **[0040]** El tamaño de las celdas controla las propiedades con respecto a potencia y contenido de energía de la estructura de celdas. Las celdas pequeñas generalmente dan una alta potencia mientras que las celdas grandes generalmente dan un alto contenido de energía. Por lo tanto, la estructura de celdas proporciona una posibilidad adicional para controlar las propiedades de la bomba de calor química.
- [0041]** Al diseñar diferentes estructuras de celda, es posible optimizar la conducción de calor hacia y desde las diferentes celdas desde y hacia los alrededores.
- 10 **[0042]** En una realización, tanto la parte de reactor como la parte de condensador/evaporador comprenden el material. En la técnica anterior, los intentos con algún tipo de sustancia activa tanto en la parte de reactor como en la parte de condensador/evaporador no han tenido éxito debido a factores que incluyen una capacidad insuficiente para retener líquido y/o debido a una capacidad conductora de calor insuficiente. El material presente tanto en la parte de reactor como en la parte de condensador/evaporador resuelve estos problemas y ofrece una serie de ventajas.
- 15 **[0043]** En una realización donde hay varias superficies dentro del reactor o el condensador/evaporador, el material puede extenderse entre esas superficies. Las superficies están en contacto térmico/contacto de intercambio de calor con un sistema circundante que transfiere calor hacia o desde la estructura de celda durante las diferentes fases del funcionamiento. Debido a la invención, la distancia entre las superficies se puede aumentar para que se pueda reducir el número de superficies/placas.
- [0044]** Los diferentes tipos de migración se reducen o incluso se eliminan.
- 25 **[0045]** En la migración inducida térmicamente, la solución de la sustancia activa (a menudo una sal) se mueve hacia partes más cálidas. Esto se debe al transporte de la solución salina hacia las zonas secas. Si una zona se seca más rápido que otras áreas, la capilaridad y otras fuerzas conducen un flujo de solución de sustancia activa hacia esas zonas secas. Después de la evaporación repetida, la sustancia activa se concentra mucho en esas zonas. Incluso puede conducir a la formación de piedras que no son muy permeables al gas. La conducción de calor mejorada del material reduce o incluso elimina este problema. En particular, el grafeno tiene excelentes propiedades de conducción de calor.
- 30 **[0046]** En la migración inducida por gravedad, la fuerza gravitacional tiende a concentrar la sustancia activa de manera similar al caso de la migración inducida térmicamente. Además, la migración inducida por la gravedad se reduce o elimina porque el líquido permanece esencialmente en cada celda en el material. Por lo tanto, se evita la migración inducida por la gravedad entre y fuera de las celdas.
- 35 **[0047]** En un primer aspecto, se proporciona un material para su uso en una bomba de calor química, como se define en la reivindicación 1, el material comprende una sustancia activa y permite el transporte de un líquido volátil en fase gaseosa hacia y desde al menos una parte de la sustancia activa, donde al menos una parte del material está en contacto térmico con el entorno, donde el material comprende escamas de al menos uno seleccionado del grupo que consiste en grafeno y óxido de grafeno, donde cada escama individual tiene un tamaño lateral en el intervalo de 100 -10000 nm y un grosor en el intervalo de 0,34 a 5 nm. El tamaño lateral se mide a la mayor distancia lateral posible. La dirección lateral se define como la dirección perpendicular a la dirección en la que se mide el grosor. Las escamas de grafeno y/u óxido de grafeno son estructuras en forma de lámina que facilitan la identificación de la dirección lateral.
- 40 **[0048]** El material comprende una pluralidad de celdas que encierran la sustancia activa, donde cada una de dichas celdas tiene al menos una pared de celda, donde un lado de las paredes de celda está orientado hacia la sustancia activa, y donde las paredes de celda comprenden una pluralidad de escamas al menos parcialmente superpuestas. Las celdas envolventes ofrecen una serie de ventajas, por ejemplo, mantener la sustancia activa en su lugar de forma segura.
- 45 **[0049]** Las escamas están tanto en las paredes de celda como encerradas en las celdas junto con la sustancia activa encerrada. Así, en el material que comprende escamas, las escamas encierran la sustancia activa y también se mezclan con la sustancia activa. En la figura 1, se representan tres alternativas, la superior (fuera del alcance de la invención) con una pared de celda que comprende escamas, la central (fuera del alcance de la invención) con escamas mezcladas con la sustancia activa sin escamas envolventes, y la inferior (según la invención) con una pared de celda envolvente que comprende escamas, así como escamas mezcladas con la sustancia activa.
- 50 **[0050]** En una realización, las celdas en el material comprenden tanto la sustancia activa como un material de matriz. Dicho material de matriz sirve para mantener la sustancia activa en estado sólido, en solución y en fase líquida. En una realización, el material de matriz retiene la sustancia activa por fuerza capilar.
- 55 **[0051]** En una realización, la al menos una sustancia activa es al menos una seleccionada del grupo que consiste en una sal y un óxido. En una realización, la sustancia activa es al menos una seleccionada del grupo que consiste en una sal y CaO. En una realización, la sustancia activa es al menos una seleccionada del grupo que consiste
- 60 **[0051]** En una realización, la al menos una sustancia activa es al menos una seleccionada del grupo que consiste en una sal y un óxido. En una realización, la sustancia activa es al menos una seleccionada del grupo que consiste en una sal y CaO. En una realización, la sustancia activa es al menos una seleccionada del grupo que consiste
- 65 **[0051]** En una realización, la al menos una sustancia activa es al menos una seleccionada del grupo que consiste en una sal y un óxido. En una realización, la sustancia activa es al menos una seleccionada del grupo que consiste en una sal y CaO. En una realización, la sustancia activa es al menos una seleccionada del grupo que consiste

en cloruros, cloratos, percloratos, bromuros, yoduros, carbonatos y nitratos de litio, magnesio, calcio, estroncio, bario, cobalto, níquel, hierro, zinc, manganeso, potasio y aluminio, así como sulfuros e hidróxidos de litio, sodio y potasio. En una realización, la sustancia activa se selecciona del grupo que consiste en Na₂S, LiBr, LiCl, CaCl₂ y CaBr₂.

5 **[0052]** En una realización, la matriz comprende fibras. En una realización, el material comprende un material cerámico.

[0053] En una realización, las celdas constituyen una estructura de panal. En una realización alternativa, las celdas constituyen una estructura en forma de cuerda. En una realización más, las celdas constituyen una estructura en forma de espiral. En una realización, las celdas comprenden al menos un núcleo alargado eléctricamente conductor que se extiende a través de al menos dos celdas individuales. En una realización, las celdas son una estructura aleatoria. En una realización, las celdas son esencialmente esféricas.

10 **[0054]** En una realización, el tamaño de las celdas individuales en el material está en el intervalo de 0,5 mm a 15 10 mm.

[0055] En una realización, las paredes de celda comprenden grafito. Este grafito se suma a las escamas de grafito y/u óxido de grafito.

20 **[0056]** En una realización, el material está presente como piezas rodeadas por un recubrimiento externo que comprende nanopartículas hidrófobas, en el que las nanopartículas hidrófobas tienen un tamaño medio de 1 a 50 µm. Por lo tanto, las nanopartículas hidrófobas sirven como un recubrimiento en el exterior. Dicho recubrimiento se puede aplicar tanto sobre las escamas como sobre la propia sustancia activa si el exterior no está recubierto con escamas. En una realización, las nanopartículas hidrófobas comprenden SiO₂ y están modificadas por compuestos hidrófobos 25 unidos covalentemente.

[0057] En un segundo aspecto, se proporciona una bomba de calor química, comprendiendo dicha bomba de calor química:

30 una parte de reactor,

una parte de evaporador/condensador y

35 un pasaje que conecta la parte de reactor y la parte de evaporador/condensador entre sí permitiendo el intercambio de gas entre la parte de reactor y la parte de evaporador/condensador,

un líquido volátil que reside dentro de la parte de reactor, la parte de evaporador/condensador y el pasaje, y al menos una sustancia activa al menos en la parte de reactor,

40 donde el líquido volátil está adaptado para ser absorbido por la sustancia activa a una primera temperatura y ser desorbido por la sustancia activa a una segunda temperatura más alta,

donde el material como se describió anteriormente está al menos en la parte de reactor, dicho material retiene la sustancia activa tanto en fase sólida como en una solución líquida junto con líquido volátil.

45

[0058] En una realización, el material está tanto en la parte de reactor como en la parte de evaporador/condensador.

50 **[0059]** En un tercer aspecto, se proporciona una bomba de calor química, comprendiendo dicha bomba de calor química:

un primer compartimento de almacenamiento y un segundo compartimento de almacenamiento, estando dichos primer y segundo compartimentos de almacenamiento adaptados para almacenar el material como se describió anteriormente,

55

al menos un compartimento de reacción adaptado para transferir calor hacia y desde el material, estando dicho al menos un compartimento de reacción adaptado para recibir líquido volátil liberado desde el material durante la transferencia de calor al material y estando dicho al menos un compartimento de reacción adaptado para distribuir líquido volátil durante la transferencia de calor desde el material,

60

un medio de transporte adaptado para transportar el material desde el primer compartimento de almacenamiento al, al menos un, compartimento de reacción y desde el al menos un compartimento de reacción al segundo compartimento de almacenamiento, y desde el segundo compartimento de almacenamiento al, al menos un, compartimento de reacción y del al menos un compartimento de reacción al primer compartimento de almacenamiento.

65

[0060] La ventaja del material en una bomba de calor química de este tipo es que el material tiene mayor resistencia mecánica y durabilidad y, por lo tanto, puede transportarse y almacenarse más fácilmente.

5 **[0061]** En una realización, el al menos un compartimento de reacción comprende un primer compartimento de reacción adaptado para transferir calor al material y un segundo compartimento de reacción adaptado para transferir calor desde el material.

10 **[0062]** El material está, por ejemplo, en la parte de reactor y en contacto con una superficie para un intercambio de calor eficiente con el entorno. El o los puntos de contacto entre la superficie de un intercambiador de calor y las paredes de celda de grafeno u óxido de grafeno transfieren el calor de manera eficiente.

15 **[0063]** En una realización, hay material tanto en la parte de reactor como en la parte de evaporador/condensador, respectivamente. En una realización, hay diferentes sustancias activas en la parte de reactor y la parte de evaporador/condensador, respectivamente. Esto permite al diseñador usar más parámetros para optimizar el sistema porque tanto la sustancia activa como el tipo de matriz pueden ser diferentes, lo que afecta a las propiedades y el rendimiento de todo el sistema.

20 **[0064]** Esta configuración permite acumular un gran almacenamiento de energía. La configuración evita problemas con el intercambio de calor en un reactor grande con una gran cantidad de material que almacena energía.

[0065] En esta realización, es necesario un medio para evitar que el líquido volátil sea transportado desde el compartimento de reacción a los compartimentos de almacenamiento (y viceversa).

25 **[0066]** En una realización, el al menos un compartimento de reacción comprende un primer compartimento de reacción adaptado para transferir calor al material y un segundo compartimento de reacción adaptado para transferir calor desde el material. Por tanto, es posible cargar material y añadirlo al primer compartimento de almacenamiento simultáneamente a medida que el material se descarga en otro compartimento de reacción y se transfiere al segundo compartimento de almacenamiento.

30

[0067] En una realización, el líquido volátil es al menos uno seleccionado de H₂O, NH₃, H₂ y un alcohol. El alcohol seleccionado debe tener un punto de ebullición adecuado con respecto a la temperatura y el intervalo de presión deseados. El término un alcohol incluye mezclas de más de un alcohol.

35 **[0068]** En un cuarto aspecto, se proporciona un procedimiento para fabricar el material como se describió anteriormente, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

proporcionar una sustancia activa

40 recubrir dicha sustancia activa con escamas de al menos uno seleccionado del grupo que consiste en grafeno y óxido de grafeno.

45 **[0069]** En una realización, un material matriz se mezcla con la sustancia activa antes del recubrimiento. Dicho material de matriz sirve para mantener la sustancia activa en estado sólido, en solución y en fase líquida. En una realización, el material de matriz retiene la sustancia activa por fuerza capilar.

[0070] En una realización, las escamas de al menos uno seleccionado del grupo que consiste en grafeno y óxido de grafeno se mezclan con la sustancia activa antes del recubrimiento.

50 **[0071]** En una realización, la sustancia activa antes del recubrimiento son partículas, cada una con un tamaño en el intervalo de 0,5-10 mm.

55 **[0072]** En una realización, el recubrimiento se realiza usando al menos uno seleccionado del grupo que consiste en recubrimiento supersónico, recubrimiento ultrasónico y recubrimiento por pulverización. En una realización, el recubrimiento se realiza aplicando una dispersión acuosa seguida de evaporación.

60 **[0073]** En una realización, el recubrimiento se realiza poniendo en contacto al menos uno seleccionado del grupo que consiste en grafeno y óxido de grafeno con una superficie adhesiva y posteriormente poniendo en contacto la superficie adhesiva que comprende al menos uno seleccionado del grupo que consiste en grafeno y óxido de grafeno con la sustancia activa para obtener un recubrimiento sobre la sustancia activa. En una realización, se repite la etapa de poner en contacto la superficie adhesiva que comprende al menos uno seleccionado del grupo que consiste en grafeno y óxido de grafeno con la sustancia activa. En una realización, la sustancia activa recubierta se calienta para evaporar el adhesivo restante. En una realización, la dispersión se aplica usando al menos uno seleccionado del grupo que consiste en pulverización e inmersión.

65

- [0074]** En una realización, se repite la etapa de poner en contacto la superficie adhesiva que comprende al menos uno seleccionado del grupo que consiste en grafeno y óxido de grafeno con la sustancia activa. La puesta en contacto se repite hasta que se obtiene una capa de cobertura suficiente sobre la sustancia activa. En una realización, la sustancia activa recubierta se calienta para evaporar el adhesivo restante. Se puede esperar que algunos residuos de adhesivo también se transfieran a la sustancia activa. Cuando la sustancia activa se calienta, el adhesivo se evapora. Se debe seleccionar un adhesivo que se evapore al calentarse si se desea esta opción. Las celdas pueden soportar temperaturas de hasta aproximadamente 600-700 °C dependiendo de la elección de la sustancia activa en el interior para uso continuo.
- 5
- 10 **[0075]** En una realización, el material se recuece después del recubrimiento a una temperatura de 750 °C o superior para crear una capa mejorada de escamas superpuestas en la superficie.
- [0076]** En una realización, la sustancia activa se proporciona como una mezcla con escamas de grafeno mezclando la sustancia activa con grafito a suficiente energía mecánica para obtener la sustancia activa con escamas de grafeno.
- 15
- [0077]** En una realización, la dispersión para recubrimiento comprende grafito además de al menos uno seleccionado del grupo que consiste en grafeno y óxido de grafeno.
- 20 **[0078]** Se describe además un material para su uso en una bomba de calor química, donde el material comprende una pluralidad de celdas que encierran una sustancia activa, donde cada una de dichas celdas tiene al menos una pared de celda, donde un lado de las paredes de celda está orientado hacia la sustancia activa, y donde las paredes de celda comprenden una pluralidad de escamas al menos parcialmente superpuestas, donde las paredes de celda permiten el transporte de un líquido volátil en fase gaseosa dentro y fuera de las celdas, y donde el material está en contacto térmico con el entorno.
- 25
- [0079]** La sustancia activa está en contacto directo con las escamas y las paredes de celda que comprenden escamas superpuestas de al menos uno seleccionado del grupo que consiste en grafeno y óxido de grafeno, no están en forma de polvo o partículas. En su lugar, el grafeno y/u óxido de grafeno se aplica como una capa que consiste en escamas superpuestas en lugar de partículas en la técnica anterior y el documento WO 2012/118437.
- 30
- [0080]** En una realización, las celdas en la estructura de celdas están cerradas y las paredes de celda son permeables para el líquido volátil en fase gaseosa. Una celda cerrada significa que no hay agujeros tan grandes que puedan escapar agua o sustancia activa en fase de solución o fase líquida. Las escamas superpuestas dan una celda cerrada, aunque el líquido volátil en fase gaseosa puede pasar por dicha pared de celda. Esta configuración se prefiere para el agua como líquido volátil, ya que el agua en fase gaseosa puede pasar por la pared de celda de grafeno u óxido de grafeno.
- 35
- [0081]** En una realización alternativa, las paredes de celda en la estructura de celdas están abiertas. La configuración con celdas abiertas es adecuada en particular cuando el líquido volátil y la sustancia activa no forman un líquido en las celdas. Un ejemplo de dichos líquido volátil y sustancia activa (par de trabajo) es NH_3 y una sal. La estructura abierta también se puede usar cuando una matriz retiene la sustancia activa en las celdas, lo que evitará que el líquido se escape de las celdas abiertas.
- 40
- 45 **[0082]** Una ventaja de CaO es que pueden utilizarse altas temperaturas. El experto en la materia se da cuenta de que cuando se utiliza CaO en un proceso que involucra H_2O , también $\text{Ca}(\text{OH})_2$ está en el material al menos durante algunas condiciones, por lo que también $\text{Ca}(\text{OH})_2$ está incluido dentro del término CaO.
- [0083]** En general se puede usar cualquier sal. La sal es un compuesto iónico. En una realización, la sal está en estado seco. En una realización alternativa, la sal está hidratada, es decir, la sal contiene moléculas de agua dentro de la red cristalina. En otra realización más, la sal se disuelve al menos parcialmente en agua.
- 50
- [0084]** En una realización, la al menos una sustancia activa se selecciona de una sal y un óxido. En una realización, la al menos una sustancia activa es una sal. Los ejemplos de sal incluyen, pero no se limitan a, LiCl, LiBr, LiI, MgCl_2 , MgBr_2 , MgI_2 , CaCl_2 , CaBr_2 , CaI_2 , SrI_2 , KOH , NaOH , ZnCl_2 , ZnBr_2 , ZnI_2 , AlCl_3 , AlBr_3 y AlI_3 . En una realización, la al menos una sustancia activa es al menos una seleccionada del grupo que consiste en LiCl, LiBr, LiI, MgCl_2 , MgBr_2 , MgI_2 , CaCl_2 , CaBr_2 , CaI_2 , SrI_2 , KOH , NaOH , ZnCl_2 , ZnBr_2 , ZnI_2 , AlCl_3 , AlBr_3 y AlI_3 .
- 55
- [0085]** En una realización, la al menos una sustancia activa es al menos una seleccionada del grupo que consiste en una sal y un óxido. En una realización, la sustancia activa es al menos una seleccionada del grupo que consiste en una sal y CaO. En una realización, la sustancia activa es al menos una seleccionada del grupo que consiste en cloruros, cloratos, percloratos, bromuros, yoduros, carbonatos y nitratos de litio, magnesio, calcio, estroncio, bario, cobalto, níquel, hierro, zinc, manganeso, potasio y aluminio, así como sulfuros e hidróxidos de litio, sodio y potasio. En una realización, la sustancia activa se selecciona del grupo que consiste en Na_2S , LiBr, LiCl, CaCl_2 y CaBr_2 .
- 60
- 65

[0086] En una realización, la matriz ejerce una fuerza capilar sobre el líquido volátil en fase líquida. En una realización, la matriz comprende fibras. En una realización, la matriz es un material poroso con la capacidad de ejercer fuerza capilar sobre el líquido volátil. La sustancia activa se puede disolver al menos parcialmente en el líquido volátil. En una realización, la matriz comprende fibras. Las fibras deben tener propiedades capilares para que puedan retener el líquido volátil en fase líquida. El líquido incluye una solución líquida de sustancia activa en el líquido volátil. En una realización, la matriz tiene una estructura que ejerce una fuerza capilar sobre el líquido volátil en fase líquida. En una realización, la matriz comprende poros con un diámetro en el intervalo de 10-60 µm. En una realización, el material de matriz comprende Superwool®. Superwool® es un material de fibra de vidrio con capacidad para soportar altas temperaturas. En una realización, el material de matriz comprende fibras de vidrio.

10

[0087] La estructura de celdas se puede fabricar en muchos patrones geométricos diferentes. En una realización, la estructura de celdas comprende una estructura de panal. En una realización, la estructura de celdas comprende una estructura en forma de cuerda. En una realización, la estructura de celdas comprende una estructura en forma de espiral. En una realización, la estructura de celdas comprende al menos un núcleo alargado eléctricamente conductor que se extiende a través de al menos dos celdas individuales. En una realización, la estructura de celdas es una estructura aleatoria. En una realización, la estructura de celdas comprende celdas individuales esencialmente esféricas.

15

[0088] En una realización, el tamaño de las celdas individuales en el material está en el intervalo de 0,5 mm a 10 mm.

20

[0089] Cuando se afirma que es posible usar diferentes sustancias activas, material de matriz y material en la parte de reactor y la parte de evaporador/condensador respectivamente, se implica que también es posible usar las mismas sustancias activas, material de matriz y celda estructuras en la parte de reactor y la parte de evaporador/condensador respectivamente.

25

[0090] Las paredes de celda en el material que comprende escamas superpuestas de grafeno u óxido de grafeno son particularmente adecuadas para reducir o incluso eliminar la migración por gotas líquidas. Las paredes de celda de grafeno u óxido de grafeno pueden evitar la migración de la sustancia activa, tal como una sal en el líquido volátil. Una pared de celda que comprende escamas superpuestas de grafeno u óxido de grafeno reducirá efectivamente o incluso eliminará los problemas de contaminación en la bomba de calor química.

30

[0091] El material está en contacto térmico con el entorno. Así, el calor se puede transferir desde la reacción con la sustancia activa/líquido volátil a la matriz opcional, y adicionalmente a la estructura de celdas y adicionalmente a un sistema circundante. Por supuesto, el calor también se puede transferir en la otra dirección desde el sistema circundante al material, adicionalmente a la matriz opcional y adicionalmente a la sustancia activa/líquido volátil.

35

[0092] El propósito del material es proporcionar un lugar donde un ligando (líquido volátil, tal como agua en una realización) pueda manifestar energía proveniente de su entalpía junto con una reacción química. El propósito con las paredes de celda es tanto definir la celda como actuar como puentes para transportar ligando (líquido volátil) y energía térmica.

40

[0093] Otras características y usos de la invención y sus ventajas asociadas serán evidentes para un experto en la materia al leer la descripción y los ejemplos.

45

Ejemplos

[0094] Para aumentar la conductividad térmica en el material se realizaron recubrimientos de grafeno. Se han considerado los siguientes parámetros: simplicidad de operación, coste e incluso calidad de recubrimiento.

50

[0095] El recubrimiento por inmersión puede fabricar una película con una forma compleja y un área grande y también se realiza fácilmente en la industria. El objetivo era fabricar un recubrimiento de grafeno sobre el material de matriz elegido.

Equipo

[0096]

• Suspensión de grafeno (ac) a una concentración de 1 g/l de nanoplaquetas de grafeno, es decir, escamas, estabilizadas por un tensioactivo aniónico en agua. Las nanoplaquetas de grafeno individuales tienen un tamaño aproximado de entre 500 nm y 1 micra. La viscosidad es de aproximadamente 2-3 cps.

60

• Material de la matriz (papel y fibra cerámica)

65 • Placas de ensayo de Petri

- Horno
- Tubo de cuarto de galón (reactor)

5

- Soporte de muestras
- Bomba de vacío

10 • Indicador de flujo de gas

- Nitrógeno gaseoso

- Gas ArcaI

15

- Hidrógeno gaseoso (para reducir la atmósfera)

Descripción de la prueba

20 **[0097]** Se usaron tres sustratos:

Papel de filtro

Lana de AlOx (Saffil) - quemada/purificada

25

Neoceram

[0098] Todos los sustratos se colocan en el fondo de una placa de Petri. La suspensión de grafeno se carga en la placa de Petri (2 mm por encima del sustrato).

30

[0099] La placa de Petri se coloca en un horno (80 °C) para que el soluto de la suspensión se seque.

[0100] Las piezas de muestra (secadas con suspensión de grafeno) de papel de filtro, Saffil y Neoceram se colocaron en tubos de reactor.

35

[0101] Se tomaron muestras a 200 °C, 750 °C y 1000 °C.

[0102] Después del recocido, los sustratos de papel de filtro se desmenuzaron. Esto indica que no se ha creado una capa de grafeno coherente, ya que esto debería haber mantenido la estructura unida.

40

Resultados

Conductividad eléctrica

45 **[0103]** La conductividad eléctrica se midió utilizando un medidor de ohmios. Los resultados del recubrimiento de Saffil y Neoceram se muestran en la tabla 1. Todas las muestras se midieron cinco veces en diferentes puntos de medición.

Tabla 1: mediciones de resistencia de muestras recocidas a diferentes temperaturas.

	Ohm/mm	Ohm/mm
Temperatura del horno (°C)	Neoceram	Saffil
80	90,40	394,67
200	54,80	432,00
750	3,69	9,03
1000	3,13	2,57

50

[0104] Como se puede ver, la resistencia alcanza valores muy bajos (conductividad más alta) cuando se recuece a 750 °C y más.

Conductividad térmica

[0105] Las mediciones de conductividad térmica se realizaron usando la medición de la fuente del plano transitorio.

5

[0106] El procedimiento de fuente del plano transitorio se usa para medir la difusividad térmica en combinación con la conductividad térmica.

[0107] La lana de AlOx sin recubrir (Saffil) mostró una conductividad de 30 mW/mK.

10

[0108] La lana de AlOx sumergida/recubierta individual (Saffil) mostró una conductividad de 65-80 mW/mK.

[0109] Por tanto, se observó un aumento en la conductividad térmica de 2,5 veces solo cuando se recubría una sola vez, mediante la metodología de inmersión y recubrimiento en seco.

15

Recubrimiento por pulverización

[0110] El objetivo era recubrir ultrasónicamente papel de filtro y sustratos de Alphawool con una dispersión de grafeno (ac).

20

El recubrimiento ideal es aquel donde las escamas se superponen para formar una cobertura y conexión continuas. Se desea la penetración de material en la lana. Esto se determinará mediante imágenes bajo un microscopio óptico y midiendo la conductividad eléctrica.

Equipo

25

[0111]

Sistema de pórtico FlexiCoat XYZ

30

Boquilla(s) de pulverización ultrasónica

Impacto de 120 kHz (N/P: 06-04-00157, N/S: 120-00246)

35

Bomba de jeringa Sono-Tek TI

Jeringa Hamilton Gastight (VOLUMEN) ml

Tubos de Teflon® de 1/8 de pulgada de diámetro externo

40

Sustrato(s):

[0112]

- Papel de filtro (fino y grueso)

45

- Alphawool (en capas de aproximadamente 1 mm de grosor)

Compuesto(s) químico(s):

50

Dispersión de grafeno (AQ) - Elicarb/Thomas Swan

[0113] Suspensión de grafeno (ac) a una concentración de 1 g/l de nanoplaquetas de grafeno, es decir, escamas, estabilizadas por un tensioactivo aniónico en agua. Las nanoplaquetas de grafeno individuales tienen un tamaño aproximado de entre 500 nm y 1 micra. La viscosidad es de aproximadamente 2-3 cps.

55

Equipo de pruebas:

[0114]

60

Microscopio óptico Nikon Eclipse LV100ND

Multímetro (mediciones de resistencia)

Descripción de la prueba

65

- [0115]** La dispersión se agita durante 30 segundos en un baño ultrasónico y se agita ligeramente antes de retirar cualquier material del recipiente principal.
- 5 **[0116]** La boquilla de impacto seleccionada se configura en la ubicación de montaje más baja del sistema de pósito.
- [0117]** El sustrato se coloca en la máquina en un patrón repetible
- 10 **[0118]** Una rutina de recubrimiento correspondiente para la posición y la cantidad deseada de material a depositar.
- [0119]** La jeringa se llena con material (después de agitar ligeramente el frasco original) y se dispensa en la rutina del área seleccionada.
- 15 **[0120]** El proceso se ajusta en función de los resultados medidos por el equipo de laboratorio.
- [0121]** La iteración continúa en el proceso hasta que se alcanza el recubrimiento deseado.
- 20 **[0122]** Después del recubrimiento, se realiza un recocido suave a 200 °C durante 8 horas.
- Parámetros del proceso de recubrimiento
- [0123]** Durante el proceso de recubrimiento, se varían varios parámetros diferentes. Estos se describen como:
- 25 Húmedo/seco
- Calentamiento del sustrato
- Caudal
- 30 Recubrimiento húmedo frente a seco
- [0124]** Durante las etapas de configuración, se probó una gama de recubrimientos considerados húmedos o secos. El grosor final requiere múltiples capas y el proceso es adecuado para múltiples pases.
- 35 **[0125]** Los recubrimientos que depositaron demasiado material en un solo pase inundaron el sustrato. Esto no permitió que el material permaneciera en la parte superior de la mayoría de las superficies y bloqueó la penetración de pases posteriores si no se dejaba secar entre ellas.
- 40 Calentamiento de sustrato
- [0126]** Para reducir el tiempo de proceso necesario, los sustratos se calentaron usando una placa térmica integrada, sobre la cual se colocaron los sustratos durante el recubrimiento. Esto permitió que los sustratos se secaran en menos tiempo entre capas.
- 45 Variación del caudal
- [0127]** Al depositar material, el papel de filtro tenía la tendencia a expandirse y doblarse hacia arriba. Esto se redujo usando caudales más bajos y una superficie calentada directamente debajo.
- 50 **[0128]** Alphaboard: esta era una pieza de material muy grande. Incluso en un tamaño más manejable, es poco probable que tenga una penetración notable. Esto se debe a que el material era extremadamente denso. No se intentaron muestras.
- 55 Resultados
- Muestras 4A: (180 pases)
- 3 líneas en este depósito. 3 muestras cortadas de cada línea. (Línea 180-1, 180-2, etc. como etiquetas)
- 60 **[0129]** Se preparó una lámina más grande para permitir que se depositaran múltiples muestras durante un solo proceso. Después del recubrimiento y la cocción, las muestras se cortaron a medida y se etiquetaron para su envío.
- [0130]** Múltiples pases sobre el sustrato fueron necesarios para el depósito deseado. El depósito de material sobre un área más grande permitió el depósito continuo sobre el sustrato.
- 65

[0131] El calentamiento del sustrato fue necesario para reducir el tiempo de inactividad entre capas en la misma área.

5 Muestras 4B: (360 pases)

3 líneas en este depósito. 3 muestras cortadas de cada línea. (Línea 360-1, 360-2, etc. como etiquetas)

10 **[0132]** Esto se realizó de la misma manera que las muestras 4A con el doble de capas depositadas.
Muestras 5: (Alphawool - ambos lados recubiertos)

15 **[0133]** La lana era difícil de separar en láminas separadas. Se usaron capas de aproximadamente 1 mm de grosor en las pruebas. La penetración estaba limitada por un tejido cercano de fibras. Más allá de unas pocas capas hacia abajo en el tejido existen pocas aberturas que permitirían que una gota pase sin ser capturada. El material depositado necesitaba tiempo para secarse antes de que se depositara la siguiente capa. Cuando las capas se depositaban demasiado rápido, el líquido se acumulaba en la parte superior y no penetraba en la lana. Esto también provocaría que el material se escurriera de las fibras superiores.

20 Muestras 6, 7 y 8:

[0134] Estas tres muestras se prepararon con el mismo proceso para permitir la comparación directa entre los tres sustratos. Como todas las otras muestras preparadas, la boquilla de impacto de 120 KHz se pasó sobre los sustratos en un patrón de línea única para el depósito de material.

25 Procesamiento de recubrimiento por pulverización de Elicarb

[0135] Para las pruebas de recubrimiento por pulverización se usó el Elicarb comprado a Thomas Swan. El material se atomizó fácilmente y se mantuvo en suspensión muy bien. No hay una razón observable para necesitar sistemas de mezcla para este compuesto químico, sin embargo, dispersiones menos estables pueden requerirlos.

Resultados de conductividad eléctrica después del recocido suave

35 **[0136]** Todos los valores obtenidos eran muy dependientes de cómo se sostenía la sonda al sustrato. Ningún sustrato no recubierto mostró conductividad. Todas las muestras recubiertas mostraron cierto grado de conductividad. Las sondas estaban separadas aproximadamente 3 mm en el sustrato. Todos los valores registrados están en kilo ohmios.

Descripción del sustrato	lámina fina de papel de filtro, cortada después	lámina fina de papel de filtro, cortada después	lana de capa de 1 mm	lana de capa de 1 mm	papel de filtro - fino	papel de filtro - grueso
Descripción química	dispersión de grafeno (AC)	dispersión de grafeno (AC)	dispersión de grafeno (AC)	dispersión de grafeno (AC)	dispersión de grafeno (AC)	dispersión de grafeno (AC)
Capas (pases)	180	360	180	360	360	360
Tiempo de proceso [min]				15 segundos/pase		
Volumen dispensado (ml)	20,37	40,64	17,02 por lado	34,02 en las muestras 6, 7 y 8		
Mediciones de resistencia (aprox.)	180-1: 12,25K ohm, 180-2: 2,59K ohm, 180-3: 5,74K ohm	360-1: 0,469K ohm, 360-2: 0,492K ohm, 360-3: 0,608K ohm	116,8, 87,2, y 112,4 K ohm	32,59 K ohm	10,80 K ohm	4,04 K ohm

40 **[0137]** Como puede verse al aumentar el número de pases a través del recubrimiento/pulverización, la resistencia eléctrica disminuye y se vuelve más estable. Al comparar 180 frente a 360 muestras del papel de filtro fino, el promedio de los 180 pases es de 6,9 kΩ mientras que el promedio de los 360 pases es de 0,5 kΩ.

[0138] Al comparar las muestras de 180 frente a 360 para la lana, el promedio de los 180 pases es de 115,4 k Ω , mientras que el promedio de los 360 pases es de 32,6 k Ω .

5 **[0139]** Además, al comparar los tipos de papel de filtro (fino y grueso), se muestra que la resistencia eléctrica es algo menor para el papel grueso recubierto, 4,0 k Ω en comparación con 10,8 k Ω , por lo que parece que el papel de filtro grueso muestra mejor propiedades de adhesión con las escamas de grafeno.

10 **[0140]** Al medir en la muestra de referencia, representada por papel de filtro sin recubrir y lana sin recubrir, estos mostraron una resistencia infinita.

Integración de grafeno en todo tipo de sales

15 **[0141]** Al integrar las escamas de grafeno en el cuerpo de cristal de sal, la conductividad térmica se puede mejorar por la presencia de escamas de grafeno a la misma longitud que el diámetro del cristal. El grafeno se forma a partir de una cierta cantidad de escamas de grafito sumergidas en agua. Al añadir una cantidad de tensioactivo junto con agitación mecánica a alta velocidad, las escamas de grafito se desmoronan en capas de grafeno de uno a diez átomos de grosor. Las escamas de grafeno se distribuyen uniformemente en la suspensión resultante. Al añadir sal soluble a la suspensión, se forma una nueva solución de sal con escamas de grafeno distribuidas uniformemente.

20 Finalmente, para lograr una encapsulación de sal y grafeno, se añaden nanopartículas a la suspensión. De nuevo, la suspensión se expone a agitación mecánica a alta velocidad. De este modo, se forman partículas de aproximadamente medio milímetro con ayuda de las fuerzas de van der Waals de manera similar a la formación de agua en seco. En un proceso de secado, el agua se retira de la partícula y se forman partículas integradas de sal de grafeno. Estas partículas han sido probadas como un sustituto de la sal sin ninguna preparación y se ha descubierto que son capaces

25 de almacenar y liberar más energía por unidad de tiempo en comparación con la sal ordinaria.

REIVINDICACIONES

1. Un material para su uso en una bomba de calor química, comprendiendo el material una pluralidad de celdas individuales que encierran una sustancia activa, en el que:
- 5
- al menos una parte del material puede estar en contacto térmico con el entorno;
 - cada una de dichas celdas tiene al menos una pared de celda, donde un lado de las paredes de celda está orientado hacia la sustancia activa, y donde las paredes de celda comprenden una pluralidad de escamas al menos parcialmente superpuestas;
- 10
- la sustancia activa es capaz de ser activa en un proceso de adsorción junto con un líquido volátil y la sustancia activa se selecciona del grupo que consiste en una sal y un óxido;
 - las escamas superpuestas forman celdas cerradas, de modo que no hay agujeros tan grandes que el agua o la sustancia activa en la fase de solución o fase líquida puedan escapar, y las paredes de celda son permeables para el líquido volátil en fase gaseosa, de modo que se permita el transporte de un líquido volátil en fase gaseosa hacia
- 15
- y desde al menos una parte de la sustancia activa;
 - las escamas superpuestas se seleccionan del grupo que consiste en grafeno y óxido de grafeno y están en contacto directo con la sustancia activa, para obtener una buena conducción de calor, donde cada escama individual tiene un tamaño lateral en el intervalo de 100-10000 nm y un grosor en el intervalo de 0,34 nm a 5 nm;
 - las escamas se encuentran tanto en las paredes de celda como encerradas en las celdas junto con la sustancia
- 20 activa.
2. El material según la reivindicación 1, en el que las celdas en el material comprenden tanto la sustancia activa como un material de matriz.
- 25 3. El material según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en el que la sustancia activa es al menos una seleccionada del grupo que consiste en una sal y CaO.
4. El material según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que la sustancia activa es al menos una seleccionado del grupo que consiste en cloruros, cloratos, percloratos, bromuros, yoduros, carbonatos y nitratos de
- 30 litio, magnesio, calcio, estroncio, bario, cobalto, níquel, hierro, zinc, manganeso, potasio y aluminio, así como sulfuros e hidróxidos de litio, sodio y potasio.
5. El material según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que la sustancia activa se selecciona del grupo que consiste en Na₂S, LiBr, LiCl, CaCl₂ y CaBr₂.
- 35 6. El material según la reivindicación 1, en el que el tamaño de las celdas individuales en el material está en el intervalo de 0,5 mm a 10 mm.
7. El material según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que el material está presente como piezas rodeadas por un recubrimiento externo que comprende nanopartículas hidrófobas, en el que las nanopartículas hidrófobas tienen un tamaño promedio de 1 a 50 µm.
- 40 8. Una bomba de calor química, comprendiendo dicha bomba de calor química:
- 45 una parte de reactor,
una parte de evaporador/condensador y
un pasaje que conecta la parte de reactor y la parte de evaporador/condensador entre sí permitiendo el intercambio de gas entre la parte de reactor y la parte de evaporador/condensador,
un líquido volátil que reside dentro de la parte de reactor, la parte de evaporador/condensador y el pasaje, y al
- 50 menos una sustancia activa al menos en la parte de reactor,
donde el líquido volátil está adaptado para ser absorbido por la sustancia activa a una primera temperatura y ser desorbido por la sustancia activa a una segunda temperatura más alta,
donde el material según una cualquiera de las reivindicaciones 1-7 está al menos en la parte de reactor, dicho material retiene la sustancia activa tanto en fase sólida como en una solución líquida junto con líquido volátil.
- 55 9. La bomba de calor química según la reivindicación 8, en la que el material está tanto en la parte de reactor como en la parte de evaporador/condensador.
10. La bomba de calor química según cualquiera de las reivindicaciones 8-9, en la que el líquido volátil es al menos uno seleccionado de H₂O, NH₃, H₂ y un alcohol.
- 60 11. Un procedimiento para fabricar el material según cualquiera de las reivindicaciones 1-7, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
- 65 proporcionar una sustancia activa

recubrir dicha sustancia activa con escamas de al menos uno seleccionado del grupo que consiste en grafeno y óxido de grafeno.

12. El procedimiento según la reivindicación 11, en el que las escamas de al menos uno seleccionado del grupo que consiste en grafeno y óxido de grafeno se mezclan con la sustancia activa antes del recubrimiento.

13. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 11-12, en el que el material se recuece después del recubrimiento a una temperatura de 750 °C o superior.

Fig.1

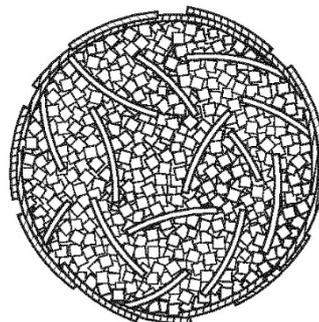
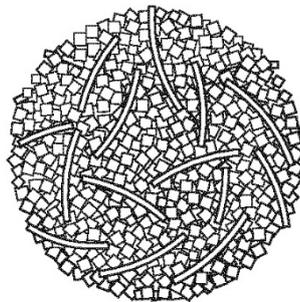
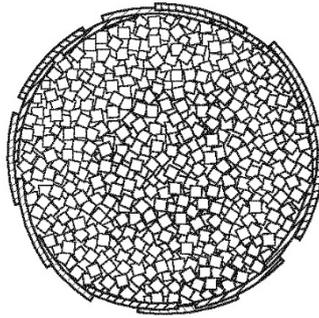


Fig.2

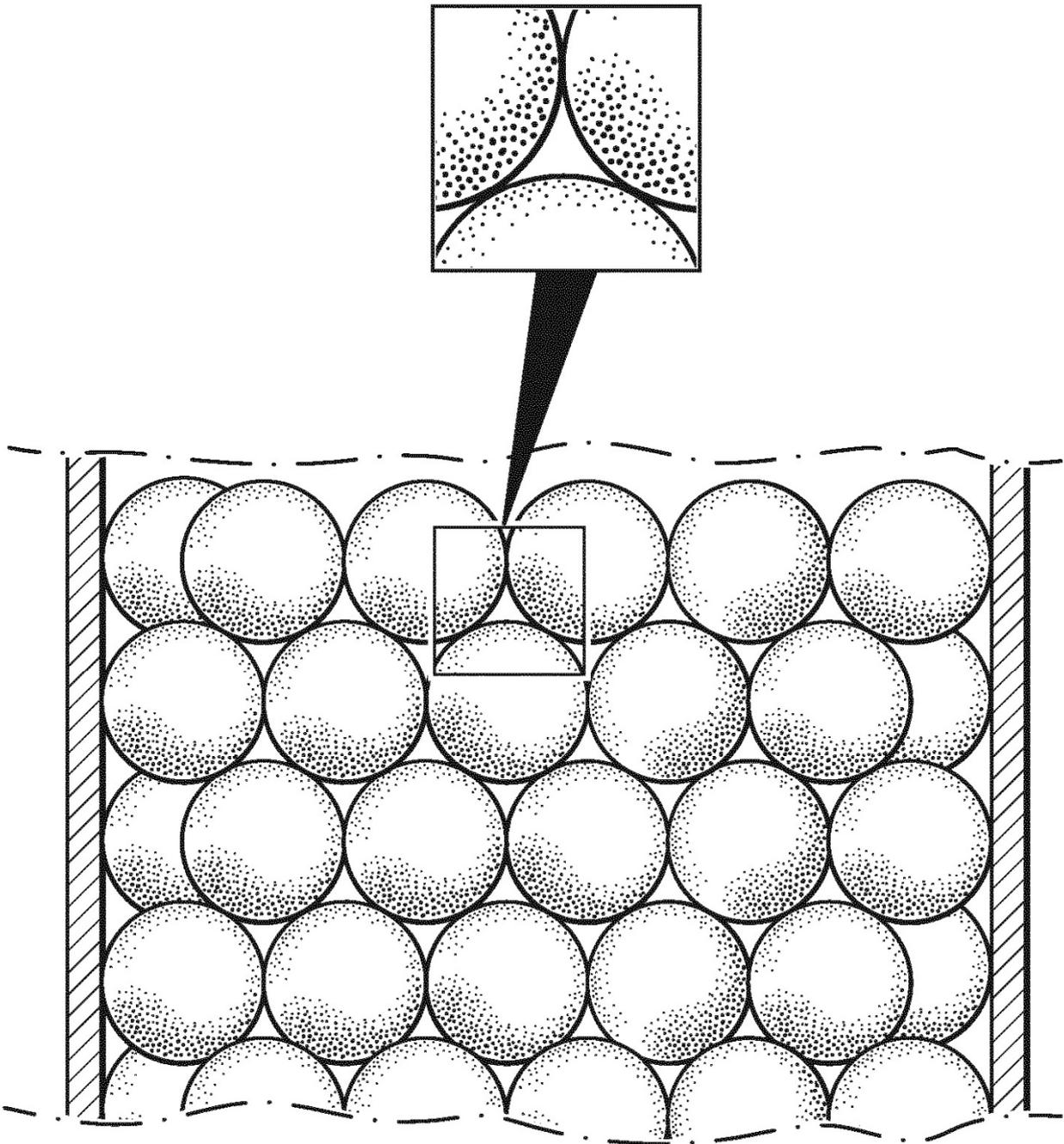


Fig.3

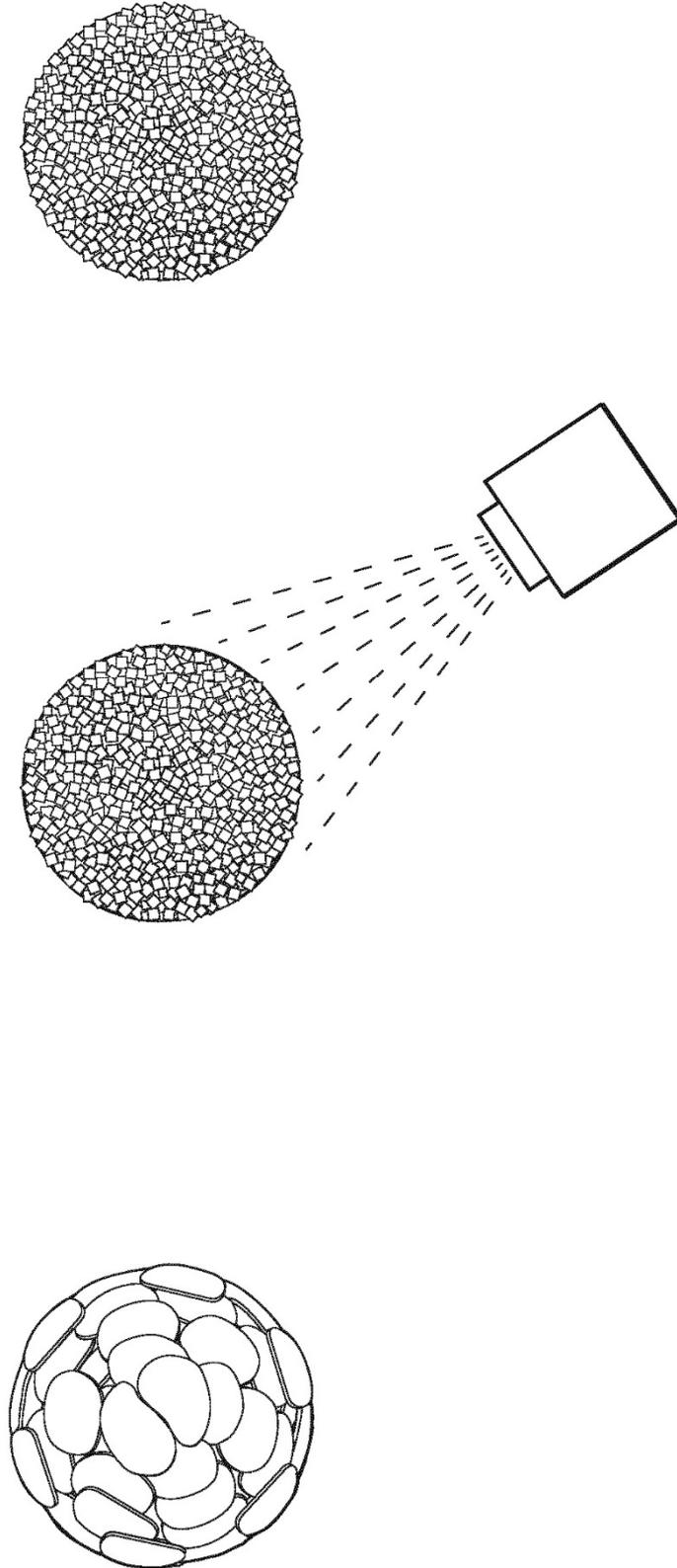


Fig.4a

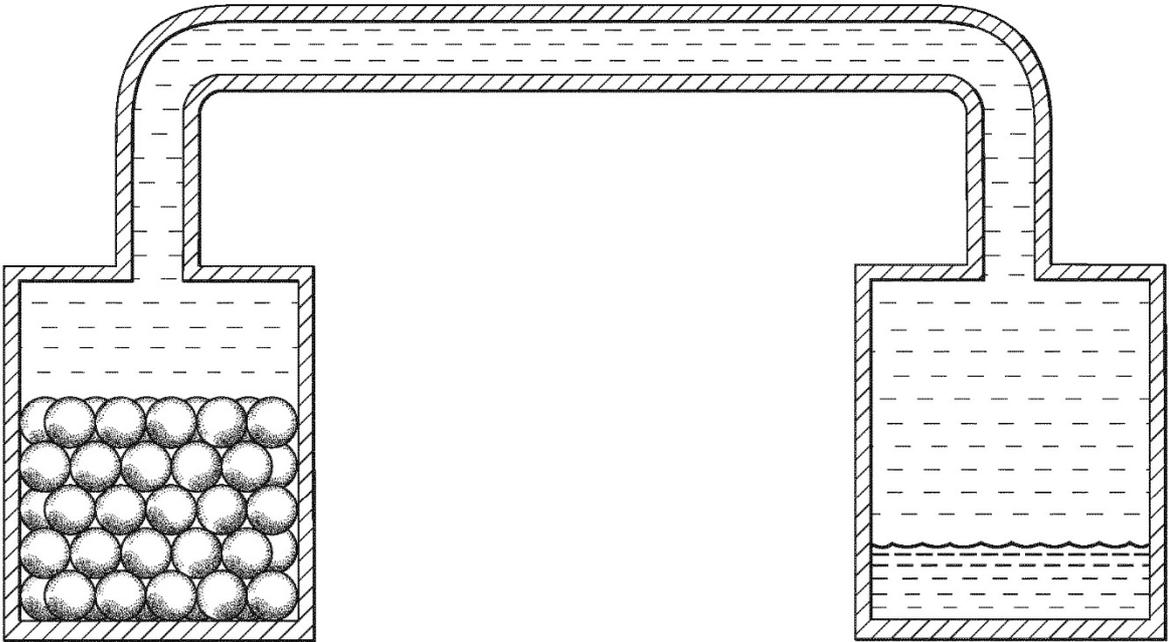


Fig.4b

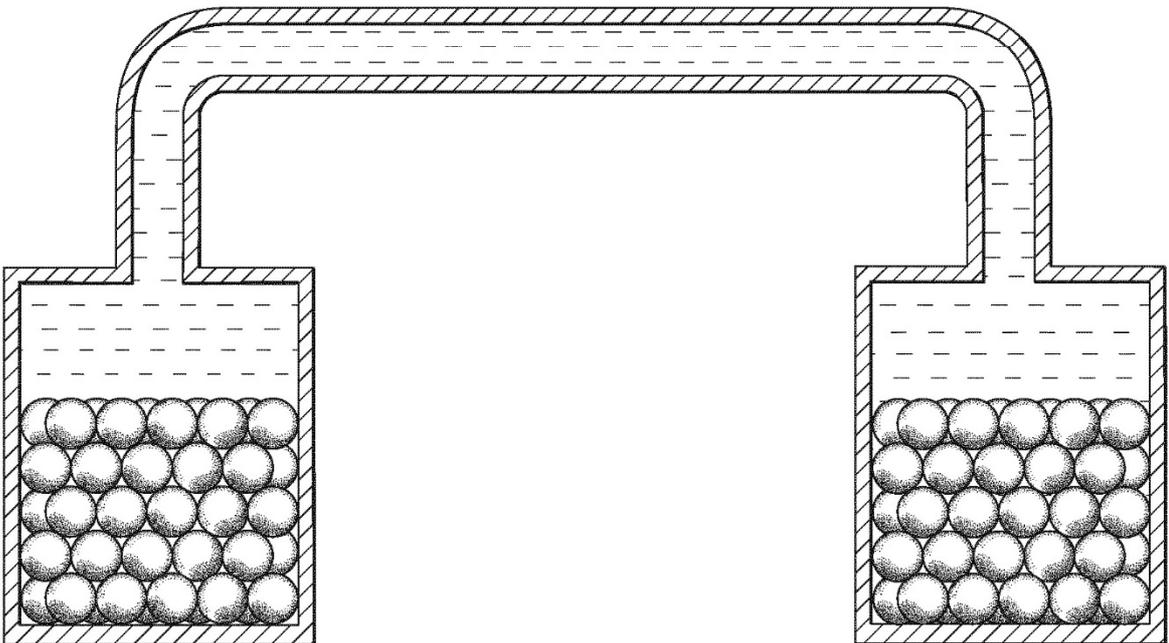


Fig.5

