

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11) Número de publicación: **2 629 180**

51) Int. Cl.:

B01J 20/26	(2006.01) B01J 20/28	(2006.01)
F24F 3/14	(2006.01) B01J 20/04	(2006.01)
F28D 20/00	(2006.01) B01J 20/30	(2006.01)
F25B 17/08	(2006.01) B01J 20/10	(2006.01)
B01D 53/26	(2006.01)	
B01D 53/28	(2006.01)	
C09K 5/00	(2006.01)	
F25B 17/12	(2006.01)	
B01J 20/32	(2006.01)	
C09K 5/16	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.03.2012 PCT/SE2012/050236**
- 87) Fecha y número de publicación internacional: **07.09.2012 WO12118437**
- 96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.03.2012 E 12752917 (0)**
- 97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.03.2017 EP 2681501**

54) Título: **Bomba de calor química de absorción que comprende nanopartículas de sal revestidas con nanopartículas hidrófobas**

30) Prioridad:

02.03.2011 SE 1150190
02.03.2011 US 201161448309 P

45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.08.2017

73) Titular/es:

CLIMATEWELL AB (PUBL) (100.0%)
Instrumentvägen 20
126 53 Hägersten

72) Inventor/es:

BOLIN, GÖRAN y
GLEBOV, DMITRI

74) Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 629 180 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

Bomba de calor química de absorción que comprende nanopartículas de sal revestidas con nanopartículas hidrófobas

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a una bomba de calor química de absorción que comprende al menos una partícula, en donde dicha partícula comprende una parte interior y un revestimiento exterior, y también se refiere a un dispositivo que comprende una partícula. La parte interior comprende al menos uno seleccionado de una sal y CaO y el revestimiento exterior comprende nanopartículas hidrófobas. El dispositivo es adecuado para realizar un proceso de absorción. Los ejemplos de tales dispositivos incluyen una bomba de calor química de absorción.

10 Antecedentes

Se conocen sales en relación con otras sustancias, incluida la sílice. El documento US 5.753.345 describe un adsorbente para la humedad y el intercambio de gas oloroso. Una lámina se reviste con un sol de sílice para obtener un cuerpo adsorbente. Las partículas de sílice tienen un diámetro < 120 Å y una pluralidad de radicales silanol estables en la superficie, dando una fuerte capacidad de unión. El sol de sílice comprende opcionalmente un agente absorbente de la humedad tal como por ejemplo sales de litio, sales de magnesio y sales de calcio. El revestimiento de sol de sílice se aplica sobre una lámina o un estratificado y se seca para gelificar y después se fija rígidamente sobre dicha lámina o estratificado.

También se conocen comprimidos de sales junto con aglutinantes. El documento US 2006/0097223 describe un dispositivo para controlar la humedad relativa con una composición humectante solidificada. La composición humectante solidificada se prepara a partir de una sal humectante, agua, y un vehículo. El humectante solidificado se puede formar en un comprimido con la ayuda de un aglutinante, o puede estar contenido dentro de un material de fieltro formado térmicamente, una bolsita, o un recipiente permeable al agua. Los ejemplos de sales incluyen CaCl_2 , K_2CO_3 , LiCl_2 , NaCl , y K_2SO_4 . Los ejemplos de vehículos incluyen gel de sílice.

El principio de la operación de las bombas de calor químicas es bien conocido, ver por ejemplo los documentos US 5.440.889, US 5.056.591, US 4.993.239, US 4.754.805 así como US 6.634.183. Muchas bombas de calor químicas comprenden al menos una sal como sustancia activa y al menos un líquido. En el documento US 6.634.183 se describe una fase sólida de una sustancia activa localizada principalmente dentro de una red, mientras que una fase de disolución es capaz de atravesar la red. También se proporcionan medios de distribución tales como una bomba para hacer que la sustancia activa separada en el estado líquido o fase de disolución pase en contacto con un intercambiador de calor y la sustancia activa en estado sólido.

Un inconveniente relacionado con el uso de disoluciones salinas en procesos de absorción es que se produce corrosión fácilmente. La corrosión da normalmente como resultado la formación de gases no condensables, principalmente gas hidrógeno (H_2), o incluso la rotura del material de construcción en una máquina que funciona según el proceso de absorción. Los efectos de los gases de corrosión disminuyen o detienen el proceso de absorción. Un problema relacionado con la corrosión es que el gas hidrógeno tiene que ser purgado del sistema.

En los procesos de absorción conocidos, el problema de la corrosión es difícil de resolver, ya que la corrosión solo puede inhibirse parcialmente mediante, por ejemplo, la adición de diferentes inhibidores de corrosión, el ajuste del pH, o la elección de un material resistente a la corrosión del grupo de los metales nobles, y por tanto caro.

El documento US 2002/0043649 describe un trabajo para controlar la corrosión en bombas de calor añadiendo una sal de metal de tierras raras al fluido de funcionamiento de amoníaco/agua de la bomba de calor. En realizaciones preferidas, la sal de metal de tierras raras incluye cerio, y las superficies de acero se enceran para mejorar los efectos inhibidores de la corrosión.

Aunque las bombas de calor químicas que funcionan de acuerdo con el principio híbrido y que implica una matriz se usan hoy en día con éxito, ver por ejemplo las solicitudes PCT WO 2007/139476 y WO/2009/102271, la estabilidad a largo plazo todavía se puede mejorar. A veces, la migración líquida de la sal dentro de la matriz puede ocurrir durante largos periodos de tiempo. Esta migración de sal origina una concentración desigual de sal en la matriz, dando como resultado un rendimiento reducido de la máquina. Además, en una máquina de este tipo, la sal puede migrar también en gotitas de líquido con el flujo de gas y de este modo contaminar lentamente el condensador/evaporador. Esto afecta negativamente al rendimiento de la bomba de calor. Por tanto, con respecto a la estabilidad a largo plazo hay margen de mejora.

Otro problema más con las bombas de calor químicas que funcionan de acuerdo con el principio híbrido que implica una matriz es que el propio material de la matriz puede ser de un material sensible a la corrosión. La corrosión de la matriz puede dar como resultado problemas generales relacionados con la corrosión tales como la liberación de gases de corrosión, pero también puede dar como resultado la degradación de la matriz, un efecto secundario no deseado.

En las bombas de calor químicas que funcionan de acuerdo con el principio híbrido que implica una matriz, el transporte de gas durante la carga y descarga se reduce mediante la disolución acuosa de sal que bloquea los canales de gas en la matriz. Se desea reducir o eliminar este problema.

5 En las bombas de calor químicas que funcionan de acuerdo con el principio híbrido que implica una matriz, el volumen de los canales de gas en la matriz varía dependiendo de la cantidad de líquido absorbido en la matriz, esta variación puede conducir a efectos no deseados. Se desea reducir o incluso eliminar este problema.

10 En las bombas de calor químicas que funcionan de acuerdo con el principio híbrido que implica una matriz o que funcionan de acuerdo con los principios de película descendente, siempre es beneficioso para un buen rendimiento tener un gran contacto superficial entre la fase gaseosa y la sal. Esto es válido durante la carga y descarga. Por tanto, se desea aumentar el área de contacto entre una fase gaseosa y una sal en una bomba de calor química que funciona de acuerdo con el principio híbrido. En las actuales bombas de calor químicas que funcionan de acuerdo con el principio híbrido hay margen para mejorar en cuanto al área superficial.

15 El "agua seca" es un material conocido que comprende agua y nanopartículas hidrófobas. El material es un polvo de flujo libre que se prepara mezclando agua, nanopartículas hidrófobas, por ejemplo derivados de sílice tales como dimetilsililato de sílice, y aire a altas velocidades. La mezcla a altas velocidades da como resultado una emulsión de agua en aire, creando partículas en donde las nanopartículas están dispuestas encerrando pequeñas gotitas de agua, actuando como una barrera entre el ambiente y el agua. Las gotitas de agua están separadas y se les impide condensar. La emulsión formada es seca y se puede verter como un polvo que fluye libremente. El concepto de agua seca y de cómo se fabrica se conoce desde los años 1960, ver por ejemplo las patentes de EE.UU. US 3393155 y US 4008170, sin embargo en los últimos años el agua seca ha recuperado interés. Se ha mencionado, por ejemplo, que las áreas de aplicación para el agua seca son un ingrediente en cosmética, para el almacenamiento de gases o para acelerar las reacciones catalíticas. Un problema con las estructuras hechas de agua seca es que tienden a colapsar cuando se calientan para que el agua se evapore. Por tanto es difícil obtener un proceso totalmente reversible.

25 El documento WO 2009/070090 describe una bomba de calor química que incluye una sustancia activa y un líquido volátil que puede ser absorbido por la sustancia a una primera temperatura y ser desorbido por la sustancia a una segunda temperatura más alta, y una matriz para la sustancia activa, en donde la sustancia activa tanto en su estado sólido como en su estado líquido o en su fase de disolución se mantiene en y/o se une a la matriz.

30 El documento WO 02/32569 describe una composición desecante que incluye un absorbente tal como cloruro cálcico o cloruro de litio que impregna un soporte altamente poroso tal como carbón activo que tiene características de porosidad bien controladas.

35 El documento US 3.393.155 describe un material pulverulento en partículas finas, que tiene el aspecto y comportamiento de flujo de un polvo esponjoso seco, pero compuesto, en peso, principalmente por líquido acuoso encerrado en un revestimiento seco y red de partículas de polvo fino mucho más pequeñas de sílice pirogénica que tiene grupos hidrocarbonados hidrófobos distribuidos sobre su superficie y un diámetro medio equivalente de partícula primaria inferior a aproximadamente 50 milimicras.

40 El documento US 3.963.627 describe un polvo compatible con espuma contra incendios que contiene un polvo extintor de incendios y de 0,1% a 5% de una sílice en polvo parcialmente hidrófoba, que tiene una superficie específica de al menos 10 metros cuadrados por gramo, y que lleva un tratamiento superficial con un silano, en donde el grado de hidrofobicidad medido por la prueba de titulación con metanol está en el intervalo de 3 a 35.

Qi Zhang et al. en Powder Technology vol. 196 No. 3 (2009) páginas 292-297 describe la molienda y revestimiento simultáneos de materiales en partículas con nanopartículas.

45 El documento US 3.580.519 describe un método para proteger sustancias en polvo, finamente divididas, frente a la aglomeración o reaglomeración durante la trituración y posterior a ella que comprende añadir una sílice activa hecha hidrófoba producida sintéticamente y finamente dividida, junto con una sílice hidrófila producida sintéticamente finamente dividida, a la sustancia a proteger y triturar la mezcla.

En la técnica anterior existe además la necesidad de un vehículo de energía que sea fácil, simple y económico de transportar.

Compendio

50 Un objetivo de la presente invención es obviar al menos algunos de los problemas de la técnica anterior y proporcionar una bomba de calor química mejorada para procesos de absorción que comprende nanopartículas de sal revestidas con nanopartículas hidrófobas.

En un aspecto se proporciona una bomba de calor química adaptada para realizar un proceso de absorción, comprendiendo dicho dispositivo una partícula, comprendiendo la partícula un parte interior y un revestimiento

exterior, dicha parte interior comprende al menos uno seleccionado de una sal y CaO y dicho revestimiento exterior comprende nanopartículas hidrófobas, en donde la partícula tiene un tamaño medio de 1 a 1000 μm .

Las ventajas de la invención incluyen que la corrosión se reduce o incluso se elimina porque la sal corrosiva está encerrada dentro de las nanopartículas. La estabilidad a largo plazo de las máquinas de absorción aumenta, ya que la sal y/o el CaO está encerrada con las nanopartículas, formando partículas de sal y/o CaO revestidos. Una partícula NCS se refiere a una partícula que comprende una sal y/o CaO revestidos con nanopartículas hidrófobas. La formación de una partícula NCS detiene o detiene esencialmente la migración de sal tanto en la fase gaseosa como líquida. Durante el funcionamiento junto con un líquido volátil, la sal está encerrada dentro de la partícula y no puede obstruir el flujo de gas entre las partículas NCS.

10 La superficie específica aumenta debido al tamaño pequeño de las partículas NCS. En una realización, se logra un contacto superficial 100 veces mayor que en máquinas comparables de la técnica anterior usando la partícula NCS. Las máquinas comparables de la técnica anterior se refieren a máquinas bien conocidas tales como máquinas de película descendente y máquinas de pulverización.

15 Otra ventaja para las máquinas de absorción que comprenden la partícula NCS de la presente invención es que las presentes partículas NCS permiten una ausencia de costosas bombas circulantes y costosos intercambiadores de calor que se corroen con el tiempo y requieren un servicio permanente, por ejemplo para rellenar tampón de pH e inhibidores de corrosión y el bombeo/purga al vacío de gas hidrógeno que es el resultado de la corrosión de un metal.

20 Otra ventaja más de las partículas NCS es que en ciertos aspectos se comportan como un sólido y por tanto cualquier migración de líquido causada por la gravedad y/o gradientes de temperatura se detiene y por tanto el problema con una concentración desigual de sal en una matriz puede ser superado. Incluso si se exponen al aire húmedo, las partículas NCS no migran o condensan formando grumos, sino que permanecen como un polvo que fluye libremente debido a la naturaleza estable de la partícula NCS. Además, puesto que la sal está encerrada en la partícula NCS, se supera el problema de posible corrosión del material de la matriz puesto que la sal esencialmente no entra en contacto con el material de la matriz.

25 La sal revestida con nanopartículas ofrece una nueva posibilidad para las máquinas que funcionan según los principios de matriz e híbridos (ver por ejemplo los documentos WO 2007/139476 y WO/2009/102271), puesto que al material en sí puede actuar como una matriz, la partícula NCS puede de este modo sustituir el material costoso de la matriz. La sal revestida con nanopartículas comprende una parte interior y un revestimiento exterior, formando una partícula con una membrana permeable que mantiene el líquido dentro y permitiendo que el gas pase hacia adentro o hacia afuera. Por tanto, no se necesita una matriz adicional en máquinas de absorción que funcionen con una matriz según el principio híbrido.

30 Otra ventaja adicional es que en una máquina de absorción la estructura de canal entre las presentes partículas NCS permanece constante en comparación con la técnica anterior en donde la estructura de canal es una función del contenido de líquido y da como resultado la formación de película líquida y terminación del proceso a pesar de la posible presencia de sal seca en gran cantidad. Las presentes partículas también mantienen esencialmente el mismo volumen independientemente de si están llenas de líquido o totalmente secas y de este modo nunca o esencialmente nunca bloquean los canales de gas en la matriz. La partícula NCS (en una realización con un tamaño de 45-100 μm) proporciona siempre un espacio libre del 40% por leyes de la geometría.

35 Otra ventaja adicional es que la sal y/o sal revestida con nanopartículas se caracteriza por su capacidad para liberar completamente su contenido líquido por influencia del calor hasta una temperatura elevada sin colapsar. Posteriormente, puede recuperar el líquido si vapor y enfriamiento están disponibles. En una realización la partícula NCS se puede usar a temperaturas por encima de 400°C. Esta capacidad de reciclaje hace que, en contraste con el "agua seca", se puedan dar nuevas aplicaciones posibles y una funcionalidad mejorada a máquinas y procesos conocidos. El "agua seca" colapsa cuando se separa agua de la estructura.

40 Dadas las ventajas anteriores, se comprende que las máquinas de absorción son muy adecuadas para su uso con las presentes partículas NCS.

La sal y/o el CaO revestidos con nanopartículas hidrófobas pueden transportarse fácilmente en bolsas de plástico, bolsas de papel, tambores y no requieren contenedores costosos de plástico/metál resistentes a la corrosión.

50 **Breve descripción de los dibujos**

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

La Fig. 1 muestra una micrografía de SEM (microscopía electrónica de barrido) de una partícula NCS. La partícula se fabricó a partir de una disolución de LiBr en agua y se revistió con sílice que se modificó con poli(dimetilsiloxilo).

La Fig. 2 muestra un dibujo esquemático de partículas NCS con y sin moléculas de agua.

La Fig. 3 muestra una micrografía de SEM de una partícula NCS de CaO (Ca(OH)_2) recién fabricada revestida con nanopartículas.

La Fig. 4 muestra una micrografía de SEM de la misma partícula NCS que en la Fig. 3 después de 1300 ciclos.

Descripción detallada

5 Antes de que la invención se revele y se describa con detalle, debe entenderse que esta invención no se limita a compuestos, configuraciones, etapas de método, sustratos y materiales particulares descritos en la presente memoria porque tales compuestos, configuraciones, etapas de método, y materiales pueden variar de alguna manera. También debe entenderse que la terminología empleada en la presente memoria se utiliza con el objetivo de describir únicamente realizaciones particulares y no se pretende que sea limitativa puesto que el alcance de la presente invención está limitado solamente por las reivindicaciones adjuntas y equivalentes de las mismas.

Debe tenerse en cuenta que, tal como se usa en esta memoria descriptiva y en las reivindicaciones adjuntas, las formas singulares “un”, “una” y “el/la” incluyen referentes plurales a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

15 Si no se define otra cosa, cualquier término y terminología científica usados en la presente memoria se pretende que tengan los significados comúnmente entendidos por los expertos en la técnica a la que pertenece esta invención.

El “tamaño medio” se usa en relación con una nanopartícula o una partícula para indicar la media del tamaño. La definición se basa en reemplazar una determinada partícula de forma irregular con una esfera imaginaria que tiene el volumen idéntico a la partícula de forma irregular. Este tamaño de partícula basado en el volumen es igual al diámetro de la esfera que tiene el mismo volumen que una partícula dada de forma irregular.

20 En esta memoria se usa “higroscópico” para indicar la capacidad de una sustancia para atraer moléculas de agua, o moléculas con propiedades similares a las del agua, del medio circundante a través de absorción o adsorción.

En la presente memoria se usa “hidrófobo” para indicar la propiedad de ser repelente al agua, que tiende a repeler y no absorber agua.

25 En la presente memoria se usa “nanopartícula” para indicar un objeto localizado con un volumen y una masa. En particular se usa “nanopartícula” para indicar las partículas que forman el revestimiento de la partícula NCS. Las “nanopartículas” son por tanto más pequeñas que la partícula NCS.

30 En la presente memoria se usa “partícula NCS” para indicar un objeto localizado con un volumen y una masa. En particular, se usa “partícula” y/o “partícula NCS” para indicar un objeto que comprende una sal, objeto que está revestido con partículas muy pequeñas llamadas nanopartículas. Por tanto la palabra “partícula” se puede referir a un objeto que comprende una parte interior y un revestimiento exterior, en donde el revestimiento exterior comprende nanopartículas, nanopartículas que son más pequeñas que la partícula. NCS es una abreviatura de sal nano-revestida.

35 En la presente memoria se usa “sal” para indicar un compuesto formado por interacción de cantidades equivalentes de un ácido y una base. El término “sal” tal como se usa en la presente memoria incluye sales alcalinas, es decir, sales que se hidrolizan para producir iones hidróxido cuando se disuelven en agua, y sales ácidas, es decir, sales que se hidrolizan para producir iones hidronio en agua.

En la presente invención, una sal y/o CaO se reviste con nanopartículas hidrófobas obteniéndose una partícula NCS.

40 En un primer aspecto se proporciona una bomba de calor química de absorción, que comprende al menos una partícula que comprende una parte interior y un revestimiento exterior, dicha parte interior comprende al menos uno seleccionado de una sal y CaO y dicho revestimiento exterior comprende nanopartículas, en donde la partícula tiene un tamaño medio de 1 a 1000 μm .

Debe entenderse que la partícula comprende al menos un revestimiento. Así, la partícula puede comprender varios revestimientos. La parte interior de la partícula puede comprender a su vez varias partes diferentes.

45 La parte interior comprende al menos uno seleccionado de una sal y CaO. En una realización la parte interior comprende una sal. En una realización la parte interior comprende CaO. Una ventaja del CaO es que se pueden utilizar altas temperaturas. El experto en la técnica sabe que cuando se utiliza CaO en un proceso que implica H_2O , también Ca(OH)_2 está en las partículas NCS al menos durante algunas condiciones, por tanto Ca(OH)_2 está comprendido dentro del término CaO.

50 En general se puede usar cualquier sal. La sal es un compuesto iónico. En una realización la sal está en un 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 en agua al menos parcialmente.

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 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 magnésico, cloruro de zinc, carbonato potásico, hidróxido potásico e hidróxido sódico. Cuando existan, todas las versiones hidratadas de todas las sales anteriores están también incluidas. Como ejemplo no limitativo se incluye $\text{Na}_2\text{S}\cdot 9\text{H}_2\text{O}$.

Las nanopartículas son hidrófobas. En una realización, las nanopartículas comprenden al menos un material seleccionado de partículas de SiO_2 modificadas hidrofóticamente y materiales de carbono. En una realización las nanopartículas comprenden partículas de sílice modificadas hidrofóticamente. Las partículas de SiO_2 modificadas hidrofóticamente incluyen partículas que comprenden SiO_2 y que se han modificado para obtener propiedades hidrófobas. En una realización, las nanopartículas hidrófobas comprenden SiO_2 y están modificadas por compuestos hidrófobos unidos por enlaces covalentes. En una realización, las nanopartículas comprenden al menos un derivado de sílice. Las partículas de SiO_2 modificadas hidrofóticamente incluyen, pero no se limitan a, partículas de sílice modificadas con dimetilsililato.

La expresión material de carbono incluye material basado en carbono. Los ejemplos de materiales de carbono incluyen, pero no se limitan a, grafito y grafeno. Las partículas de carbono tienen la ventaja de una conductividad térmica mejorada en comparación con la sílice.

En una realización, el tamaño medio de las nanopartículas es aproximadamente 10 nm. En una realización, el tamaño medio de las nanopartículas es de 1 a 50 nm. En otra realización el tamaño medio de las nanopartículas es de 1 a 20 nm.

En una realización, las nanopartículas hidrófobas están hechas de sílice pirogénica modificada. En el párrafo siguiente se describe la fabricación de tales partículas. La sílice (SiO_2) puede formarse a partir de SiCl_4 y H_2 en una llama a más de 1000°C . Esto proporciona partículas de SiO_2 , nanopartículas primarias en el intervalo de tamaños de aproximadamente 5-50 nm. Las nanopartículas primarias pueden condensarse conjuntamente para formar agregados mayores típicamente de 100-1000 nm de tamaño. En algunas realizaciones, los agregados más grandes de nanopartículas son estructuras alargadas. El tamaño de partícula para las nanopartículas se refiere a las nanopartículas primarias antes de su agregación en estructuras más grandes. Las partículas de SiO_2 se modifican en una fase gaseosa con enlaces Si-O-Si a las partículas. Los grupos $-\text{Si}-\text{OH}$ sobre la superficie de las partículas se hacen reaccionar con grupos X-Si- en los modificadores, en donde X es un átomo de halógeno para obtener un enlace covalente entre el modificador y la partícula. Los modificadores incluyen, pero no se limitan a, organoclorosilanos tales como dimetilclorosilano, polidimetilsiloxanos, hexametildisilazano, y alquilsilanos de cadena larga tales como octilsilanos. Esta modificación proporciona partículas de sílice hidrófobas. En una realización, las partículas de sílice hidrófobas tienen 1 grupo $-\text{Si}-\text{OH}$ por 1 nm^2 . En una realización alternativa, las partículas de sílice hidrófobas tiene 0,5 grupos $-\text{Si}-\text{OH}$ por 1 nm^2 .

Los datos físicos típicos para las nanopartículas de sílice modificadas hidrofóticamente, fabricadas como se describe en el párrafo anterior, son como sigue: la superficie específica BET medida según la norma DIN EN ISO 9277/DIN 66132 varía de aproximadamente 90 a aproximadamente $250 \text{ m}^2/\text{g}$. El pH en una dispersión al 4% en una mezcla 1:1 de agua:metanol medido según la norma DIN EN ISO 787-9 varía de aproximadamente 3,8 a aproximadamente 8,0. La densidad compactada medida según la norma DIN EN ISO 787/11 varía entre aproximadamente 40 a aproximadamente 70 g/l. La pérdida de peso a lo largo del secado durante 2 h a 105°C medida según la norma DIN EN ISO 787-2 varía entre aproximadamente menos del 0,5% en peso y menos de aproximadamente 1,5% en peso. El contenido de carbono medido según la norma DIN EN ISO 3262-20 varía de aproximadamente 1,0 a aproximadamente 4,5% en peso.

Las partículas NCS tienen en una realización un tamaño medio en el intervalo de 20-100 μm , incluyendo el revestimiento. En una realización alternativa, las partículas NCS tienen un tamaño medio de 5 a 500 μm . El tamaño medio de las partículas NCS incluye siempre el revestimiento. Se debe comprender que las partículas NCS pueden aglomerarse en racimos que comprenden muchas partículas NCS. El tamaño de partícula medio se mide sin aglomeración de partículas NCS.

En una realización, la partícula además comprende al menos un líquido. En una realización la parte interior de la partícula comprende al menos un líquido. En una realización la partícula comprende además agua.

En el mismo primer aspecto se proporciona un dispositivo adaptado para realizar un proceso de absorción, comprendiendo dicho dispositivo al menos una partícula, en donde dicha partícula comprende una parte interior y un revestimiento exterior, en donde dicha parte interior comprende al menos uno seleccionado del grupo que consiste en una sal y CaO y en donde dicho revestimiento exterior comprende nanopartículas, y en donde dicha partícula tiene un tamaño medio de 1 a 1000 μm .

El dispositivo es una bomba de calor química de absorción. En una realización el dispositivo es un aparato para enfriamiento adaptado para utilizar un proceso de absorción. En una realización, el dispositivo es una máquina para recoger el exceso de calor adaptada para utilizar un proceso de absorción. En una realización el dispositivo es un

dispositivo para almacenamiento de energía adaptado para utilizar un proceso de absorción. En una realización el dispositivo es un colector solar térmico adaptado para utilizar un proceso de absorción. En una realización, el dispositivo es un panel de ladrillo de techo o de cubierta de techo para producción de enfriamiento y calentamiento adaptado para utilizar un proceso de absorción.

- 5 Se describe un método para fabricar una partícula que comprende una parte interior y un revestimiento exterior, comprendiendo dicha parte interior al menos uno seleccionado del grupo que consiste en una sal y CaO, y comprendiendo dicho revestimiento exterior nanopartículas hidrófobas, comprendiendo dicho método las etapas: a) mezclar al menos uno seleccionado de una sal y CaO con nanopartículas hidrófobas, y b) mezclar con suficiente energía para obtener partículas que comprenden al menos uno seleccionado de una sal y CaO revestido con nanopartículas.

10 En una realización, el al menos uno seleccionado de una sal y CaO y las nanopartículas se mezclan conjuntamente con el menos un líquido en la etapa a). En una realización alternativa, la sal y/o CaO se mezcla con las nanopartículas sin añadir líquido alguno.

- 15 La partícula NCS tiene varios campos de uso. Uno es el uso en un dispositivo adaptado para realizar un proceso de absorción, comprendiendo dicho dispositivo una sal revestida con nanopartículas.

En una realización, la partícula comprende al menos un líquido. En una realización el líquido comprende agua. En una realización el líquido es agua. La mayor parte del líquido reside en la parte interior de la partícula. El revestimiento es permeable al líquido. Los posibles disolventes además del agua incluyen, pero no se limitan a, metanol, etanol, amoníaco, metilamina, etilamina, y CO₂ líquido.

- 20 Sin pretender estar limitado por ninguna teoría científica particular, el inventor cree que las nanopartículas son atraídas a la parte interior de la partícula por una fuerza atractiva (fuerza de Debye) entre un dipolo y un dipolo inducido. La sal con o sin agua presenta un dipolo, mientras que las nanopartículas poseen una polarizabilidad. Por tanto, las nanopartículas se eligen preferiblemente de materiales que son polarizables.

- 25 Las partículas NCS deben flotar si se colocan en la superficie del agua. Es posible probar partículas NCS fabricadas después del revestimiento colocando cuidadosamente las partículas NCS en la superficie del agua. Si las partículas NCS flotan en la superficie aire-agua, las partículas NCS son buenas. Si las partículas NCS no flotan, algo puede estar mal con el proceso de fabricación, o el material de partida puede ser inadecuado.

La partícula NCS es un material interesante para muchas áreas de aplicación, en particular para procesos de absorción.

- 30 Con la partícula NCS de la presente invención, la corrosión se reduce considerablemente e incluso materiales muy sensibles a la corrosión tales como el aluminio se podrían considerar para su uso como material para una máquina que funcione de acuerdo con el proceso de absorción. La razón de esto es que la sal se queda esencialmente dentro de la barrera de las nanopartículas debido a la fuerte tensión superficial; el revestimiento de las nanopartículas solo es permeable a la fase gaseosa del disolvente. De este modo la sal nunca, o en grado muy limitado, entra en contacto con el material sensible a la corrosión.

- 35 Con las características de corrosión reducida de la partícula NCS de la presente invención, también puede realizarse un proceso de absorción a presión atmosférica en lugar de en un entorno de vacío. Si la sal no se revistiese con las nanopartículas, los contenidos de oxígeno en el aire atmosférico disminuirían la vida útil del proceso de absorción debido a la fuerte corrosión. Por tanto, la partícula NCS de la presente invención abre muchas nuevas áreas de aplicación para procesos de absorción que comprenden una sal.

- 40 Además, en los procesos de absorción actuales, se necesitan grandes superficies intercambiadoras de calor, que comprenden preferiblemente un metal, para crear grandes superficies de contacto entre la sal y la fase gaseosa del disolvente así como para crear un transporte de calor eficaz hacia y desde el disolvente. Además, las partes móviles en una máquina de absorción, tales como las bombas usadas para crear una película descendente, se usan para aumentar las superficies de contacto. Separando y encerrando la sal dentro de una capa de nanopartículas, la superficie de contacto entre la sal y el disolvente en fase gaseosa aumenta automáticamente. De este modo, la transferencia de calor hacia y desde el disolvente se puede realizar por contacto directo entre la sal y la fase gaseosa del disolvente, sin ninguna superficie de intercambio de calor adicional. Además, se reduce o incluso se elimina la necesidad de usar bombas y la técnica de película descendente.

- 45 Al preparar una sal revestida, la sal adquiere nuevas características. Las nuevas características de la partícula NCS de la invención dan como resultado nuevas áreas de aplicación para sales en procesos de absorción. Por ejemplo, las partículas NCS se pueden bombear de la misma manera que un líquido puro o un polvo que fluye libremente y, en otras palabras, se pueden distribuir de la misma manera que la calefacción y refrigeración urbanas, donde se usa normalmente agua pura. Una sal no revestida sería imposible de aplicar en calefacción y refrigeración urbanas, pero la sal revestida reduce la corrosión en el proceso en gran medida, tiene una densidad de energía 10 veces mayor que el agua pura y no causa cristalización de partículas de sal en el proceso de bombeo. La partícula NCS puede almacenar energía químicamente enlazada que se puede liberar cuando y donde sea necesario, creando

calefacción o refrigeración. Dado que la partícula NCS tiene una alta densidad de energía y esencialmente no pierde su energía si se almacena correctamente, el material puede ser transportado a largas distancias. La partícula NCS puede por ejemplo cargarse (calentarse) donde hay exceso de energía, por ejemplo en la industria, lejos del usuario final, y más tarde ser transportada y descargada donde se necesite energía.

- 5 En contraste con la calefacción y refrigeración urbanas convencionales, solo se necesita 1/10 de un diámetro de tubería normal para distribuir una cantidad conocida de energía con la partícula NCS en comparación con el agua líquida pura. Esto se debe a que la partícula revestida tiene 10 veces la densidad de energía en comparación con el agua líquida pura debido a la capacidad de bombeo de calor de la partícula NCS. Además, las tuberías de distribución para calefacción y refrigeración urbanas pueden, cuando se usa la partícula NCS de la presente invención, ser producidas en material plástico barato y no adquirir ningún aislamiento puesto que el material de la partícula NCS contiene energía latente en lugar de energía sensible. Dado que no es necesario colocar una tubería de un sistema de distribución que usa partículas NCS en un entorno protegido contra heladas, las tuberías pueden colocarse mejor en el suelo de la misma manera que un cable de fibra. No se necesitan tuberías especiales para calefacción o refrigeración y, dado que no se usa simultáneamente calefacción y refrigeración, la tubería de distribución solo puede dimensionarse en función de la necesidad media de calefacción.

Las áreas de aplicación para la partícula NCS incluyen, pero no se limitan a,

- Bombas de calor químicas de absorción para objetivos de refrigeración y calefacción,
 - Bombas de calor químicas de absorción que funcionan de acuerdo con el principio híbrido (ver por ejemplo los documentos WO 2007/139476 y WO/2009/102271) para objetivos de refrigeración, calefacción y almacenamiento de energía,
 - Máquinas que usan procesos de absorción para refrigeración desecante y control de humedad para un buen clima interior,
 - Instalaciones desecantes y control de humedad para un buen clima interior,
 - Recogida y almacenamiento de exceso de calor o calor residual de, por ejemplo, la industria o vehículos a usar para calefacción o refrigeración para los usuarios finales tales como la industria, hospitales, oficinas o casas particulares.
 - Almacenamiento de calor acumulado para uso posterior,
 - Las partículas NCS se pueden usar en vez de agua como vehículo de energía, extendiendo la capacidad en una rejilla de calefacción urbana, para contener también la refrigeración urbana. En una rejilla con las presentes partículas NCS como soporte de energía la tubería podría reducirse debido a una densidad de energía significativamente mayor en comparación con el agua,
 - Utilizar las presentes partículas NCS como almacenamiento de energía o almacenamiento estacional para la energía solar o el calor residual de la industria, para utilizarse en la industria, hospitales, oficinas, o casas particulares,
 - Limpieza o almacenamiento de gases de escape peligrosos como el metano, hidrógeno, dióxido de carbono, óxido de carbono y otros gases de motores de combustión de los vehículos, de la industria y otras fuentes de emisión de gases. Permitir una posterior regeneración de las presentes partículas NCS cuando los gases peligrosos se llevan fuera de peligro desde, por ejemplo, zonas densamente pobladas a un lugar en donde los gases pueden ser cuidados con seguridad,
 - La conversión de colectores solares térmicos de solo calefacción, para objetivos tanto de calefacción como de refrigeración,
 - Los paneles de ladrillo de techo y de cubierta de techo pueden, con las presentes partículas NCS, lograr una funcionalidad extendida y este material de construcción se puede usar para la producción de refrigeración y calefacción para la construcción,
 - Producción de agua potable a partir de aire húmedo por medio de colectores solares térmicos convertidos, paneles de ladrillos de techo y de cubierta de techo con las presentes partículas NCS,
 - Mantenimiento de la humedad exacta en archivos, museos y otros lugares relevantes,
 - Extinción de incendios, especialmente en equipos electrónicos, en donde las presentes partículas NCS se pueden regenerar por humedad y utilizarse de nuevo.
- 50 Una característica común para muchas áreas de aplicación es que la partícula NCS se usa en un proceso de absorción. Un líquido volátil en fase gaseosa es absorbido por la sal revestida en una reacción exotérmica. Cuando

la sal revestida que contiene el líquido volátil se calienta, el líquido se libera como un gas en una reacción endotérmica.

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

- 5 Debe entenderse que esta invención no está limitada a las realizaciones particulares mostradas aquí. Los siguientes ejemplos se proporcionan con fines ilustrativos y no se pretende limitar el alcance de la invención puesto que el alcance de la presente invención está limitado solamente por las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes.

Ejemplos

Ejemplo 1

- 10 En un experimento, se vertieron 95 partes de una disolución acuosa de LiBr (32% en peso) en un mezclador de tipo OBH Nordica de 1,5 L y se añadieron 5 partes de un derivado de sílice hidrófobo a la disolución de sal. La mezcla se realizó a >10 000 rpm durante tres intervalos, durando cada intervalo aproximadamente 30 s. El material resultante era un polvo blanco seco y de flujo libre. La sal revestida con nanopartículas se trató después térmicamente.

Ejemplo 2 – Propiedades de corrosión de una sal revestida con nanopartículas sobre cobre, acero y aluminio

- 15 La sal revestida con nanopartículas se preparó según el ejemplo 1 anterior. El contenido de LiBr original en la disolución acuosa era 32% en peso.

Una cucharadita de la sal revestida con nanopartículas se puso en tres metales diferentes:

- cobre
 - acero
- 20
- aluminio

Los metales se calentaron en un ambiente atmosférico en un horno a 300°C durante 1 hora aproximadamente.

Por razones comparativas, se vertió una disolución acuosa de LiBr al 32% en peso sobre una lámina de cobre y se calentó sobre una placa calefactora durante aproximadamente 15 minutos (menos de 300°C).

- 25 Se produjo corrosión rápidamente en la lámina de cobre cuando se usó la disolución acuosa de sal. Un color azul/verde de los productos de oxidación apareció muy claramente y se formó un agujero en la lámina. La lámina de cobre que se expuso a la sal revestida con nanopartículas no mostró signos algunos de corrosión.

Tampoco las láminas metálicas de acero y de aluminio mostraron signos de corrosión al ser expuestas a la sal revestida con nanopartículas.

Ejemplo 3 – Reversibilidad de la sal revestida con nanopartículas cuando se usa en un proceso de absorción

- 30 La sal revestida con nanopartículas se preparó según el ejemplo 1 anterior. El contenido de LiBr original en la disolución acuosa era 32% en peso. Un reactor en una máquina de absorción a pequeña escala se llenó con 50 gramos de la sal revestida con nanopartículas, conteniendo por tanto 34 gramos de agua la sal revestida con nanopartículas. El reactor se conectó a un condensador/evaporador a través de un canal de transporte de gas. El condensador/evaporador se llenó con 100 gramos de agua.

- 35 La máquina de absorción se cargó calentando el reactor a 120-150°C durante 4-12 horas con un disipador de calor en el lado condensador/evaporador de aproximadamente 6°C.

La máquina de absorción se descargó calentando el condensador/evaporador a 17°C mientras que tenía un disipador de calor de aproximadamente 25-30°C conectado al reactor.

- 40 Durante la carga, el agua se evapora de la sal revestida con nanopartículas y se transporta como vapor de agua al condensador/evaporador donde el vapor se condensa y forma agua líquida pura. El proceso de carga puede continuar hasta que no haya agua en la sal revestida con nanopartículas. Parece que la sal revestida con nanopartículas no cambia su aspecto o se descompone en partículas de sal separadas y nanopartículas. Además, durante la descarga la sal "seca" revestida con nanopartículas puede absorber de nuevo el vapor de agua procedente del condensador/evaporador sin cambiar su aspecto y aunque siendo aún un polvo seco.

- 45 Las medidas de la reversibilidad de la sal revestida con nanopartículas se hicieron durante el proceso de absorción descrito anteriormente. Después de cargar, el reactor se pesó en una escala precisa para investigar la cantidad de agua que había dejado la sal revestida con nanopartículas. Después de la descarga, el reactor se pesó una vez más

para investigar la cantidad de agua que había vuelto a la sal revestida con nanopartículas en el reactor. Dos módulos paralelos donde funcionan al mismo tiempo.

- 5 Los cambios mostrados en la tabla siguiente dependen de las variaciones en las condiciones ambientales. Sin embargo, con el tiempo las pruebas en ambos módulos muestran que el mismo o más contenido de agua regresa gradualmente al reactor. El aumento gradual podría significar que el intervalo que se puede usar para la posible utilización (absorción de agua) de la sal revestida con nanopartículas está siempre muy por encima del intervalo normal.

Día	Medida #	Regreso de agua al reactor (gramos)
1	1	32,3
2	2	27,0
2	3	30,9
3	4	29,5
3	5	32,5
4	6	32,8
4	7	34,5
5	8	37,2
5	9	32,4
6	10	37,1
6	11	37,4
7	12	34,5
7	13	35,8
8	14	37,0
8	15	38,7

- 10 Los resultados anteriores confirman la reversibilidad con respecto a la absorción y desorción de agua para la sal revestida con nanopartículas.

La prueba se realizó también con una temperatura de carga tan alta como 190°C para mostrar la estabilidad de la sal revestida con nanopartículas a altas temperaturas.

Ejemplo 4 – Contaminación por medio de migraciones de gotitas de sal al condensador/evaporador

- 15 La sal revestida con nanopartículas se preparó según el ejemplo 1 anterior. Se llenó un reactor en una máquina de absorción a pequeña escala con la sal recubierta con nanopartículas. El reactor se conectó a un condensador/evaporador a través de un canal de transporte de gas. Como barrera entre el reactor y el condensador/evaporador, se colocó un filtro con poros suficientemente grandes para evitar que la sal revestida con nanopartículas se escapara al condensador/evaporador.
- 20 La máquina de absorción se cargó calentando el reactor a 120-150°C durante 4-12 horas con un disipador de calor en el lado condensador/evaporador de aproximadamente 6°C.
- Durante la carga, el agua se evapora de la sal revestida con nanopartículas y se transporta al condensador/evaporador a través del canal de transporte de gas. En el condensador/evaporador, el vapor de agua se condensa en agua líquida.
- 25 Una vez completada la carga, se abrió el condensador/evaporador y se analizó el agua líquida para detectar posibles iones salinos para investigar si algo de la sal se había transportado con el vapor de agua al condensador/evaporador.

Se prepararon tres muestras líquidas en tres vasos de precipitados: a) agua contaminada – una muestra de una máquina de la técnica anterior; b) agua del condensador/evaporador de una máquina con sal revestida con nanopartículas; c) agua destilada – referencia. La presencia de trazas de sal (bromuro de litio en el presente ejemplo) se puede determinar por medio de un reactivo de nitrato de plata. El nitrato de plata forma un bromuro de plata no soluble que se desarrolla como un color lechoso/opaco. $\text{LiBr} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgBr}\downarrow + \text{LiNO}_3$

El reactivo de nitrato de plata se añadió a los tres vasos de precipitados. El caso a) reveló la presencia de iones bromuro en el líquido. Los casos b) y c) revelaron la ausencia de iones bromuro en el líquido, es decir, el agua del condensador/evaporador del presente ejemplo era completamente pura y limpia de iones salinos cualesquiera, es decir, la sal se mantiene dentro de la red de nanopartículas en la partícula NCS.

La migración de micro-gotitas de disolución de sal dentro de la máquina puede de esta manera ser detenida usando el material NCS, debido a las fuerzas de unión de la sal dentro de la sal revestida con nanopartículas.

Ejemplo 5 – Canales abiertos para la penetración de gas

Los canales abiertos aseguran el acceso del gas para la interacción con la sal revestida con nanopartículas. El tamaño de los canales sigue siendo el mismo y no cambia con el tiempo. La gran superficie de contacto ($700\text{-}1000\text{ cm}^2/\text{cm}^3$) garantiza una interacción eficaz entre la sal revestida con material de nanopartículas y el gas.

Ejemplo 6

Se prepararon cuatro tipos diferentes de partículas NCS a partir de LiCl, $\text{Na}_2\text{S}\cdot 9\text{H}_2\text{O}$, CaO, y LiBr respectivamente. Las nanopartículas eran partículas de sílice con grupos poli(dimetilsiloxilo) unidos por enlace covalente a la superficie.

Para las nanopartículas, la superficie específica BET medida según la norma DIN EN ISO 9277/DIN 66132 era aproximadamente $120\text{ m}^2/\text{g}$. El pH en una dispersión al 4% en una mezcla 1:1 de agua:metanol medido según la norma DIN EN ISO 787-9 varió de aproximadamente 4,0 a aproximadamente 6,0. La densidad compactada medida según la norma DIN EN ISO 787/11 era aproximadamente 50 g/l . La pérdida de peso al secar durante 2 h a 105°C medida según la norma DIN EN ISO 787-2 era inferior a aproximadamente 0,6% en peso. El contenido de carbono medido según la norma DIN EN ISO 3262-20 era aproximadamente 4,5% en peso.

La sal y las nanopartículas se mezclaron en un mezclador de tipo OBH Nordica de 1,5 L. La mezcla se realizó a $>10\ 000\text{ rpm}$ durante tres intervalos, durando cada intervalo aproximadamente 30 s. El material resultante era un polvo uniforme de flujo libre que no se humedeció en agua.

Ejemplo 7

En un experimento, se colocaron 98 partes de CaO sólido en un mezclador de tipo OBH Nordica de 1,5 L y se añadieron también 2 partes de un derivado de sílice hidrófobo. La mezcla se realizó a $>10\ 000\text{ rpm}$ durante un intervalo de aproximadamente 30 s. El material resultante era un polvo ligeramente gris seco que fluía libremente.

Para las nanopartículas, la superficie específica BET medida según la norma DIN EN ISO 9277/DIN 66132 era aproximadamente $120\text{ m}^2/\text{g}$. El pH en una dispersión al 4% en una mezcla 1:1 de agua:metanol medido según la norma DIN EN ISO 787-9 varió de aproximadamente 4,0 a aproximadamente 6,0. La densidad compactada medida según la norma DIN EN ISO 787/11 era aproximadamente 50 g/l . La pérdida de peso al secar durante 2 h a 105°C medida según la norma DIN EN ISO 787-2 era inferior a aproximadamente 0,6% en peso. El contenido de carbono medido según la norma DIN EN ISO 3262-20 era aproximadamente 4,5% en peso.

Ejemplo 8

En un experimento, se vertieron 93 partes de una disolución acuosa de LiCl (40% en peso) en un mezclador de tipo OBH Nordica de 1,5 L y se añadieron 7 partes de un derivado de sílice hidrófobo a la disolución de sal. La mezcla se realizó a $>10\ 000\text{ rpm}$ durante dos intervalos, durando cada intervalo aproximadamente 30 s. El material resultante fue un polvo blanco seco y de flujo libre. Posteriormente la sal revestida con nanopartículas se trató térmicamente.

Para las nanopartículas, la superficie específica BET medida según la norma DIN EN ISO 9277/DIN 66132 era aproximadamente $120\text{ m}^2/\text{g}$. El pH en una dispersión al 4% en una mezcla 1:1 de agua:metanol medido según la norma DIN EN ISO 787-9 varió de aproximadamente 6,5 a aproximadamente 8,0. La densidad compactada medida según la norma DIN EN ISO 787/11 era aproximadamente 200 g/l . La pérdida de peso al secar durante 2 h a 105°C medida según la norma DIN EN ISO 787-2 era inferior a aproximadamente 0,6% en peso. El contenido de carbono medido según la norma DIN EN ISO 3262-20 era aproximadamente 2,8% en peso.

Ejemplo 9 – Estabilidad de partícula del CaO revestido con nanopartículas cuando se usa en un proceso de absorción

El CaO revestido con nanopartículas se preparó según el ejemplo 7 anterior. Un reactor fabricado de un pequeño plato de cobre en una máquina de absorción a pequeña escala hecha de vidrio se llenó con 0,4 gramos del CaO revestido con nanopartículas. El reactor se conectó a un condensador/evaporador a través de un canal de transporte de gas. El condensador/evaporador se llenó con 0,5 gramos de agua.

- 5 El tubo de absorción se cargó calentando el reactor a 370-400°C durante 1 minuto con un calentador de inducción. Un disipador en el lado condensador/evaporador es un aire ambiental de aproximadamente 21°C.

La máquina de absorción se descargó durante 3 minutos desconectando el calentador de inducción. El condensador/evaporador se mantuvo a temperatura ambiente aproximadamente a 21°C durante la descarga.

- 10 Durante la carga, el hidróxido cálcico revestido con nanopartículas se descompone en CaO revestido con nanopartículas y agua que se evapora y se transporta como vapor al lado condensador/evaporador de un tubo de vidrio donde el vapor se condensa y forma agua líquida pura. Parece que el CaO revestido con nanopartículas no cambia su aspecto o se descompone en partículas de óxido separadas y nanopartículas. Además, durante la descarga el CaO "seco" revestido con nanopartículas puede absorber nuevamente vapor de agua procedente del condensador/evaporador sin cambiar su aspecto y siendo aún un polvo seco.

- 15 El estudio de la estabilidad del CaO revestido con nanopartículas se realizó durante el proceso de absorción descrito anteriormente. Las imágenes de microscopía electrónica de CaO/Ca(OH)₂ revestido con nanopartículas se realizaron después de 1300 ciclos de carga/descarga y se compararon con imágenes de microscopía electrónica de CaO/Ca(OH)₂ no reciclado revestido con nanopartículas. El CaO/Ca(OH)₂ no reciclado revestido con nanopartículas y la imagen X10000 de SEM se muestran en la Fig. 3 y después de 1300 ciclos en la Fig. 4. La estructura del CaO/Ca(OH)₂ revestido con nanopartículas sigue siendo la misma.
- 20

Ejemplo 10 – Reversibilidad del CaO revestido con nanopartículas cuando se usa en un proceso de absorción

El CaO revestido con nanopartículas se preparó según el ejemplo 7 anterior. Se construyó una máquina de absorción y que consistía en un tubo reactor y un condensador/evaporador. Un reactor hecho de tubo de acero con diámetro interior de 70 mm y dotado de un canal de vapor de 40 mm de diámetro hecho de malla de cobre. El reactor contiene 300 gramos de CaO revestido con nanopartículas colocadas entre la pared del tubo reactor y el canal de vapor. El reactor se conectó a un condensador/evaporador a través de un canal de transporte de gas dotado de un manómetro y una conexión a bomba de vacío. El condensador/evaporador se llenó con 250 gramos de agua. El proceso de carga/descarga se realiza en vacío. La presión se controla mediante un manómetro.

25

- 30 El tubo de absorción se cargó calentando el reactor a 470°C durante 12 horas en un horno. Un disipador de calor en el lado condensador/evaporador es un aire ambiental de aproximadamente 21°C.

La máquina de absorción se descargó durante 3 horas. La temperatura del condensador/evaporador se mantuvo entre 60-70°C. El aumento de temperatura del reactor se registró continuamente con el sensor de temperatura. El cambio de masa del condensador/evaporador se midió durante el ciclo de descarga.

- 35 Se han realizado 30 ciclos de acuerdo con 110-111. El cambio de masa del condensador/evaporador fue de 96,0-97,0 gramos cada ciclo. La temperatura máxima del reactor varió entre 380-420°C cuando la temperatura de inicio del reactor (al comienzo de la descarga) varió entre 270-320°C. Por tanto ninguna degradación en el rendimiento se ha medido.

El tubo del reactor estuvo abierto después de 27 ciclos con el fin de inspeccionar la calidad del polvo consistente en CaO revestido con nanopartículas. El polvo posee el mismo color que al inicio y no incluye aglomerados "duros".

- 40 Ejemplo 11

En un experimento, se colocaron 90 partes de CaO sólido en un mezclador de tipo OBH Nordica de 1,5 L y 10 partes de nanopartículas de grafito de tipo MKN-CG-400 MK Impex Corp. La mezcla se realizó a >10 000 rpm durante dos intervalos de aproximadamente 30 s. El material resultante fue un polvo seco similar a una ceniza que fluía libremente.

- 45

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una bomba de calor química de absorción, que comprende al menos una partícula, en donde dicha partícula comprende una parte interior y un revestimiento exterior, en donde dicha parte interior comprende al menos uno seleccionado del grupo que consiste en una sal y CaO y en donde dicho revestimiento exterior comprende nanopartículas hidrófobas, y en donde dicha partícula tiene un tamaño medio de 1 a 1000 μm .
2. La bomba de calor química de absorción según la reivindicación 1, en donde dicha sal es higroscópica.
- 10 3. La bomba de calor química de absorción según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en donde dicha sal se selecciona 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.
4. La bomba de calor química de absorción según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde dicha sal se selecciona del grupo que consiste en Na_2S , LiBr, LiCl, CaCl_2 , y CaBr_2 .
- 15 5. La bomba de calor química de absorción según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde dichas nanopartículas comprenden al menos un material seleccionado del grupo que consiste en partículas de SiO_2 modificado hidrofóticamente y materiales de carbono.
6. La bomba de calor química de absorción según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde dichas nanopartículas hidrófobas comprenden SiO_2 , y están modificadas por compuestos hidrófobos unidos por enlace covalente.
- 20 7. La bomba de calor química de absorción según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en donde dicha partícula comprende además al menos un líquido.
8. La bomba de calor química de absorción según cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en donde dicha partícula comprende además agua.
- 25 9. La bomba de calor química de absorción según cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en donde dichas nanopartículas hidrófobas comprenden al menos un material de carbono seleccionado del grupo que consiste en grafito y grafeno.

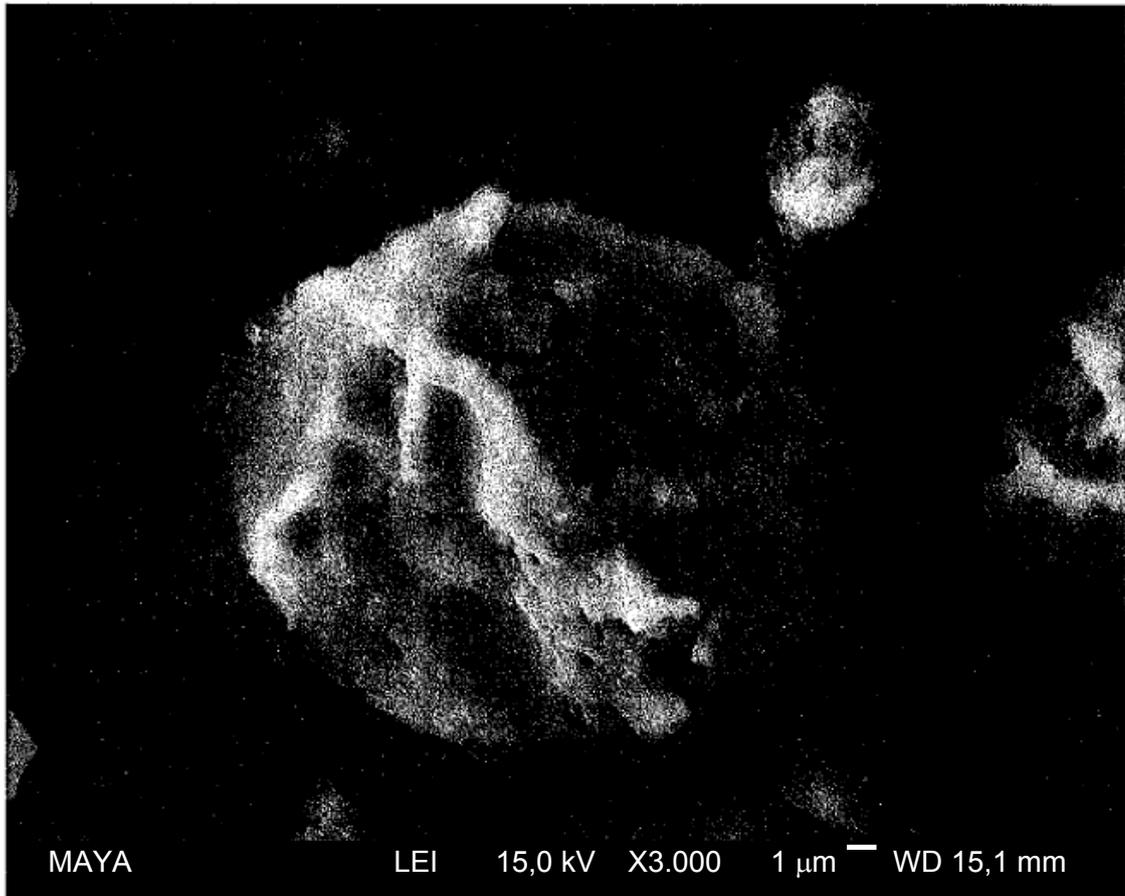


Fig. 1

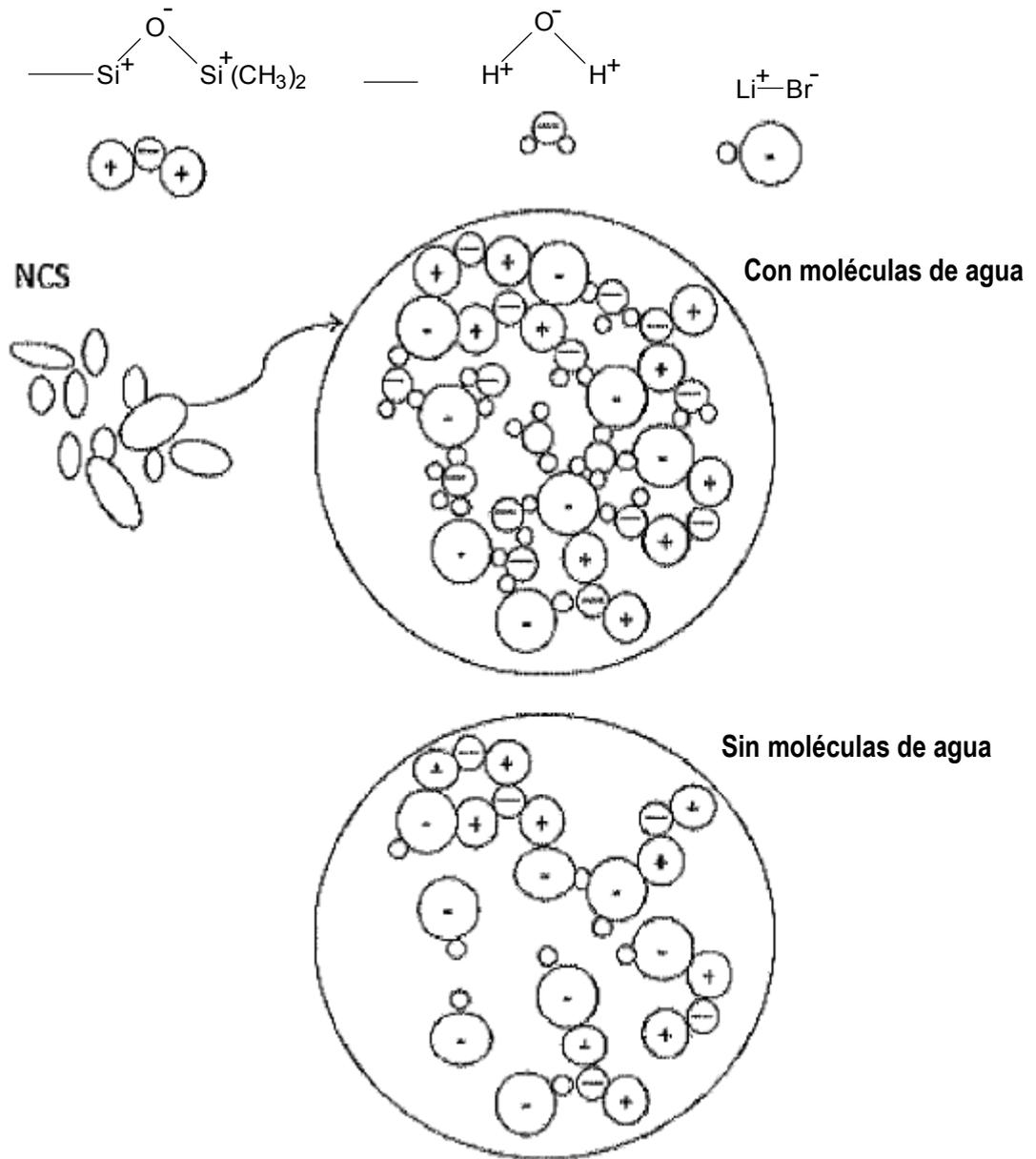


Fig. 2

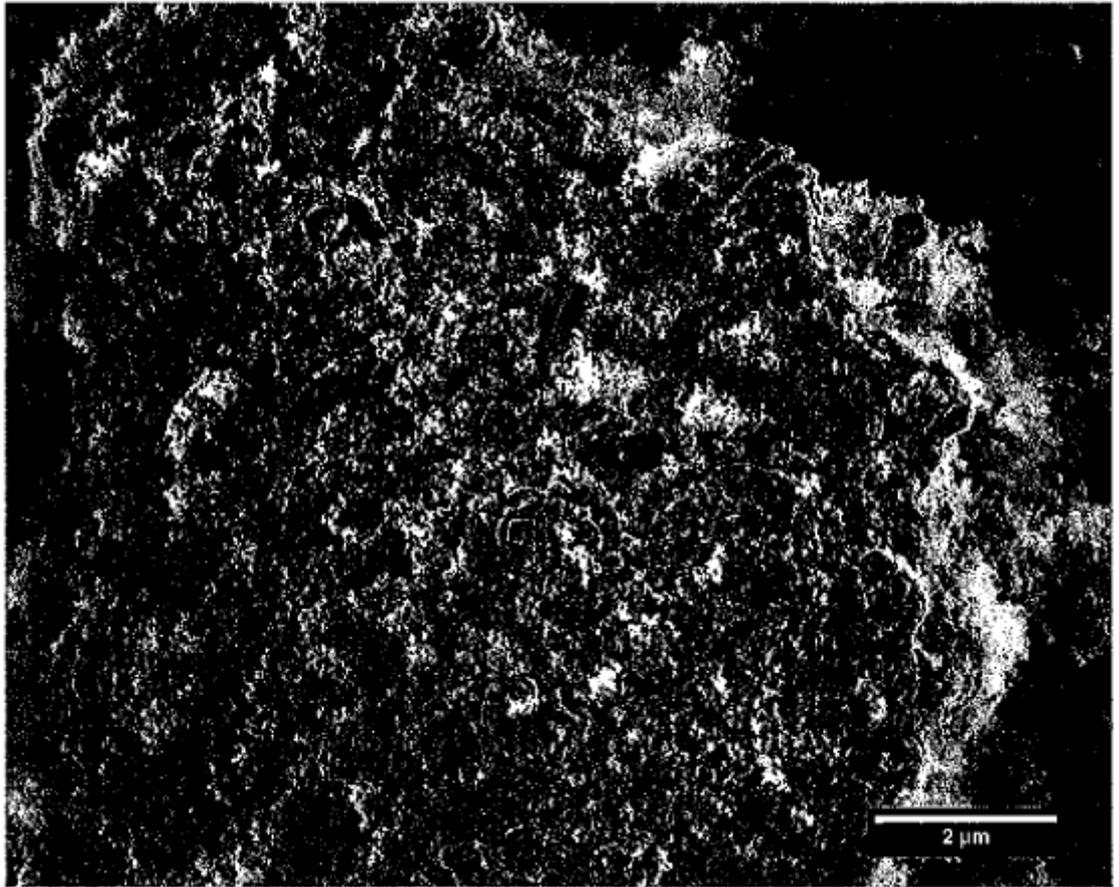


Fig. 3

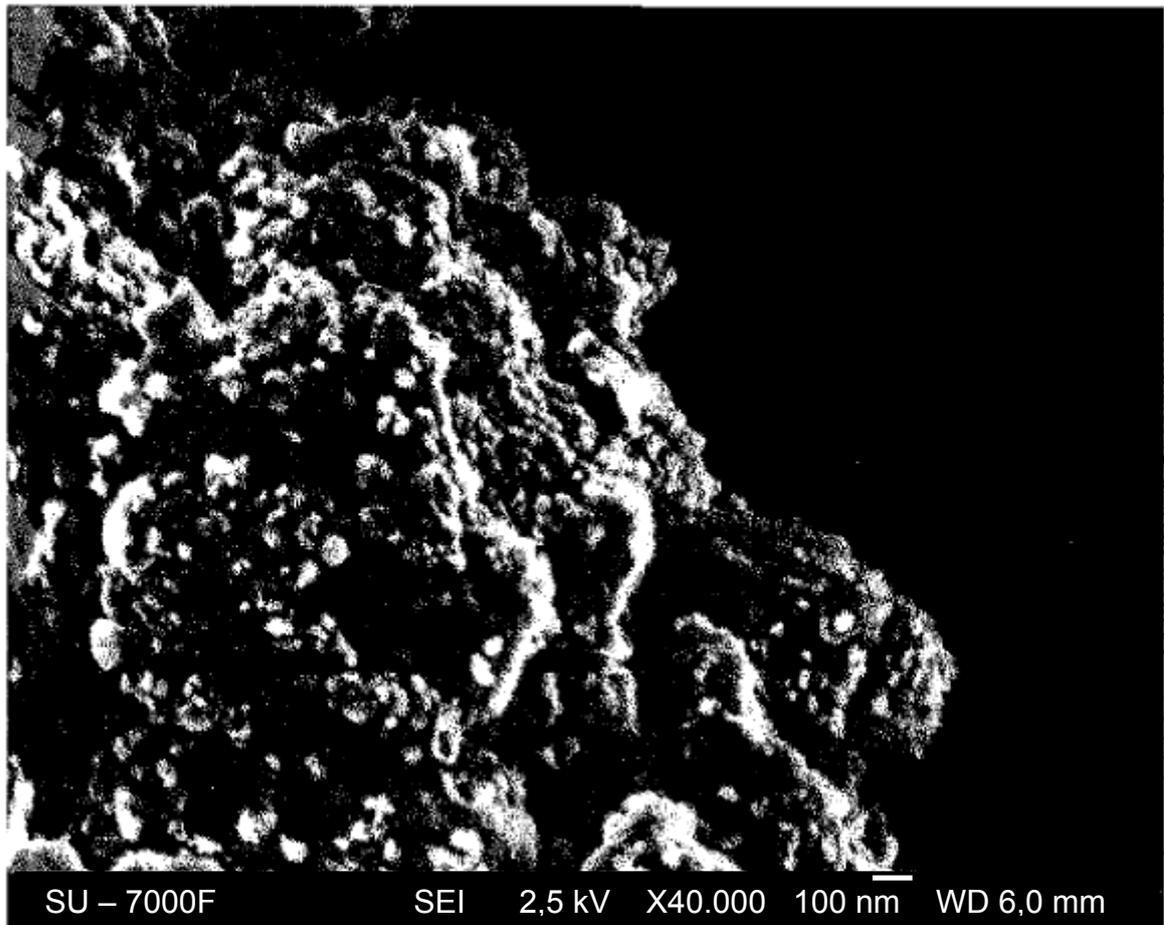


Fig. 4