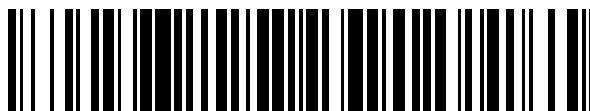


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 748 451**

51 Int. Cl.:

F28D 17/02	(2006.01)
C04B 35/195	(2006.01)
C09K 5/14	(2006.01)
F27B 3/26	(2006.01)
F27D 1/04	(2006.01)
F28D 20/00	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.09.2015 PCT/EP2015/072359**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.04.2016 WO16050732**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.09.2015 E 15770914 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.07.2019 EP 3201554**

54 Título: **Unidad de almacenamiento térmico**

30 Prioridad:

29.09.2014 FR 1459188

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

16.03.2020

73 Titular/es:

**SAINT-GOBAIN CENTRE DE RECHERCHES ET
D'ETUDES EUROPÉEN (100.0%)
"Les Miroirs" 18 Avenue d'Alsace
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

**WATREMETZ, BENOIT;
DUPIN, THIERRY y
LEPLAY, PAUL**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 748 451 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

Unidad de almacenamiento térmico

5 Campo técnico

La invención se refiere a una unidad de almacenamiento térmico, así como a una instalación térmica. El documento US 2014/000835 describe una unidad de almacenamiento térmico que comprende un apilamiento de ladrillos con estratos. Este documento divulga una fracción de vacío inferior o igual al 60%, pero no una obturación de apertura.

10 Técnica anterior

Una instalación térmica puede comprender una unidad que produce energía calorífica, un consumidor de energía calorífica y una unidad de almacenamiento de esta energía calorífica, a fin de desplazar en el tiempo su producción y su consumo.

15 El almacenamiento de la energía calorífica es también útil para valorizar las energías blandas, como la energía solar, renovables pero cuya producción es intermitente. El almacenamiento de la energía puede también ser útil para aprovechar las diferencias de precio de la electricidad entre las horas denominadas “de poca demanda”, durante las cuales las tarifas de la electricidad son menos elevadas, y las horas denominadas “de mucha demanda” durante las cuales las tarifas son más elevadas. Por ejemplo, en el caso de almacenamiento de energía por compresión de aire, que genera la energía calorífica que se almacena en una unidad de almacenamiento térmico, las fases de compresión que consumen electricidad se realizan ventajosamente a menor coste durante las horas de poca demanda, mientras que las fases de liberación que producen electricidad se realizan durante las horas de mucha demanda, a fin de proporcionar la electricidad que puede inyectarse en la red eléctrica, en función de la demanda, a una tarifa ventajosa.

20 La energía calorífica puede almacenarse en unos elementos de almacenamiento de energía de una unidad de almacenamiento térmico. Los elementos de almacenamiento de energía pueden ser a granel (“media” en inglés) en forma de un lecho (“packed bed” en inglés), por ejemplo un lecho de piedras, o estar apilados de manera ordenada, clásicamente en forma de un apilamiento de ladrillos.

30 La operación de almacenamiento, por intercambio térmico entre una corriente de fluido portador de calor y la unidad de almacenamiento térmico, se denomina clásicamente “carga”, siendo el fluido portador de calor que entra en la unidad de almacenamiento térmico durante la carga “fluido portador de calor de carga”.

35 La capacidad de almacenamiento depende en particular de la cantidad de material de almacenamiento de energía por unidad de volumen. Típicamente, para disponer de una capacidad suficiente, la “fracción volúmica de vacío”, es decir la relación entre el volumen de vacío (espacio no ocupado por la materia de los elementos a granel o de los ladrillos (ignorando la porosidad de esta materia)) y el volumen de la unidad de almacenamiento térmico, es inferior o igual a 60%, a la diferencia de los regeneradores, y en particular de los regeneradores utilizados en la industria vidriera.

40 La energía calorífica almacenada puede estar después restituida, por intercambio térmico, entre una corriente de fluido portador de calor y los elementos de almacenamiento de energía. Esta operación se denomina clásicamente “descarga”, siendo el fluido portador de calor que entra en la unidad de almacenamiento térmico durante la descarga denominado “fluido portador de calor de descarga”.

45 “A review on packed bed solar energy storage systems”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14 (2010), p 1059-1069, describe el estado de la técnica en el campo de las unidades de almacenamiento térmico, y en particular la influencia de algunos parámetros sobre la eficacia de dichas unidades de almacenamiento térmico.

50 Especialmente, la eficacia de una unidad de almacenamiento térmico depende estrechamente de su geometría y del material de los elementos de almacenamiento de energía utilizado para acumular y restituir la energía calorífica. Existe una necesidad permanente para mejorar esta eficacia y/o reducir el volumen de la unidad de almacenamiento térmico a eficacia y cantidad de material constantes. Esta necesidad es aún más sensible cuando las reglamentaciones medioambientales y el problema de controlar los gastos a incitan las industrias a buscar siempre más ahorros de energía.

55 Un objetivo de la invención es satisfacer, al menos parcialmente, esta necesidad.

Resumen de la invención

60 Se ha alcanzado este objetivo mediante una unidad de almacenamiento térmico que comprende las características de la reivindicación 1.

5 Como se verá más en detalle a lo que sigue de la descripción, los pasos constituyen unas zonas que ofrecen grandes superficies de intercambio térmico y las aberturas obturadas (obturaciones de las aberturas aguas abajo de los pasos) mejoran el desvío de una parte del flujo del fluido portador de calor hacia estos pasos. Una unidad de almacenamiento térmico según la invención presenta así, al mismo tiempo, una capacidad de almacenamiento elevada y una gran eficacia.

10 Preferentemente, la gran cara superior del estrato inferior obtura también, al menos en parte, una o varias aberturas inferiores de conductos superiores del estrato superior, cuando se observan dichas aberturas inferiores, siguiendo su eje respectivo, desde dichos conductos superiores. Las aberturas inferiores del estrato superior así obturadas se denominan "aberturas inferiores obturadas".

Salvo que se indique lo contrario, una característica que se refiere a una "abertura obturada" puede referirse a una abertura superior obturada o una abertura inferior obturada.

15 Una "abertura obturada" puede en particular consistir en una reducción de la sección de paso del conducto y/o en un desplazamiento parcial entre dos aberturas de conductos situadas frente a frente. Cuando una abertura de un conducto de un estrato no está completamente obturada, ésta está situada frente a frente con al menos otro conducto del otro estrato, coaxial o no, denominado "conducto correspondiente". Las aberturas situadas frente a frente se denominan también "correspondientes". Por definición, un "conducto correspondiente" es por lo tanto
20 diferente de un "conducto totalmente desplazado".

Una unidad de almacenamiento térmico según la invención puede también presentar una o varias de las características opcionales siguientes:

25 - el porcentaje de obturación de una abertura obturada es superior al 10%, preferentemente superior al 20%, preferentemente superior al 30%, preferentemente superior al 40%, preferentemente superior al 50%, preferentemente superior al 60%, preferentemente superior al 70%, preferentemente superior al 80%, preferentemente superior al 90%, preferentemente superior al 100%;

30 - el porcentaje de obturación de más del 70%, preferentemente más del 90%, preferentemente más del 95% en número de aberturas superiores obturadas de dicho estrato inferior es del 100%, siendo un porcentaje de obturación del 100% particularmente muy adecuado cuando el fluido portador de calor es un gas llevado a alta presión, típicamente superior a 10 bares;

35 - en un modo de realización, las aberturas obturadas de un mismo estrato presentan sustancialmente el mismo porcentaje de obturación;

40 - el porcentaje de obturación, como promedio a lo largo de un par de estrato con paso, es aún mayor cuando dicho par está cerca de un extremo del apilamiento, pudiendo la variación presentar unos niveles sobre varios pares de estratos con pasos superpuestos;

45 - en un modo de realización preferido, uno, preferentemente al menos un 10%, preferentemente al menos un 30%, preferentemente al menos un 50%, preferentemente al menos un 70%, preferentemente al menos un 90% en número, de manera preferida sustancialmente todas las aberturas superiores y/o inferiores obturadas no son coaxiales con una abertura inferior y/o superior, respectivamente, correspondiente y, preferentemente, la relación de las superficies de una abertura (independientemente de la obturación) y de una abertura correspondiente está comprendida entre 0,1 y 10, incluso entre 0,1 y 5. En un modo de realización, dicha relación está comprendida entre 0,9 y 1,1, incluso sustancialmente igual a 1;

50 - en un modo de realización, una, preferentemente cualquier abertura obturada, es coaxial con una abertura correspondiente, estando la relación de las superficies de dicha abertura obturada (independientemente de la obturación) y de dicha abertura correspondiente preferentemente comprendida entre 0,1 y 10, incluso entre 0,1 y 5, y preferentemente superior a 1,1 o inferior a 0,9;

55 - la gran cara superior del estrato inferior obtura, al menos en parte, una abertura inferior del estrato superior, denominada "abertura inferior obturada", cuando se observa dicha abertura inferior, siguiendo su eje, desde dicho conducto superior;

60 - la relación del número de las aberturas superiores obturadas sobre el número de las aberturas inferiores obturadas está comprendida entre 0,7 y 1,3, preferentemente entre 0,8 y 1,2, preferentemente entre 0,9 y 1,1, de manera preferida sustancialmente igual a 1;

65 - en un modo de realización, más del 20%, preferentemente más del 70%, preferentemente más del 95% en número de las aberturas inferiores de dicho estrato superior son unas aberturas inferiores obturadas;

ES 2 748 451 T3

- en un modo de realización, por ejemplo como se representa en la figura 12, más del 20% y menos del 60% en número de las aberturas inferiores de dicho estrato superior son unas aberturas inferiores obturadas;
- 5 - más del 20%, más del 30%, más del 40%, más del 50%, más del 70%, más del 90% en número, incluso cualquiera de dichas aberturas superior de dicho estrato inferior y/o las aberturas inferiores de dicho estrato superior son unas aberturas obturadas por la gran cara inferior de dicho estrato superior y/o por la gran cara superior de dicho estrato inferior, respectivamente;
- 10 - en un modo de realización, más del 20%, más del 30%, más del 40%, más del 50%, más del 70%, más del 90% en número, incluso cualquiera de dichas aberturas superiores de dicho estrato inferior son unas aberturas obturadas por la gran cara inferior del estrato superior, y más del 20%, más del 30%, más del 40%, más del 50%, más del 70%, más del 90% en número, incluso cualquiera de dichas aberturas inferiores de dicho estrato superior son unas aberturas obturadas por la gran cara superior del estrato inferior;
- 15 - las características según la invención de las aberturas superiores obturadas se presentan en más del 50%, más del 70%, más del 90%, preferentemente el 100% en número de las aberturas inferiores obturadas;
- dicho paso, preferentemente cualquier paso, se extiende sustancialmente de manera horizontal;
- 20 - la altura máxima de dicho paso es superior a 1 mm, incluso superior a 2 mm, incluso superior a 3 mm e inferior a 3 cm, preferentemente inferior a 2 cm, preferentemente inferior a 1 cm;
- dicho paso pone en comunicación fluidica dicha abertura superior de dicho conducto inferior con más del 10%, más del 30%, más del 50%, más del 70%, más del 90%, de manera preferida sustancialmente el 100% en número de las aberturas inferiores de los conductos superiores de dicho estrato superior;
- 25 - dicho paso pone en comunicación fluidica más del 10%, más del 30%, más del 50%, más del 70%, más del 90%, incluso sustancialmente el 100% en número de las aberturas superiores de los conductos inferiores de dicho estrato inferior con más del 10%, más del 30%, más del 50%, más del 70%, más del 90%, incluso sustancialmente el 100% en número de las aberturas inferiores de los conductos superiores de dicho estrato superior;
- 30 - en un modo de realización, más del 50%, más del 70%, más del 90%, incluso sustancialmente el 100% en número de los conductos son unas perforaciones;
- 35 - en un modo de realización, más del 50%, más del 70%, más del 90%, incluso sustancialmente el 100% en número de los conductos presentan una sección transversal de la cual todas las dimensiones son superiores a 5 mm, y/o inferiores a 100 mm, a 50 mm, a 30 mm, sea cual sea el plano de corte considerado, preferentemente cuando la temperatura es superior a 1000°C, 1200°C o 1500°C, preferentemente a la temperatura de carga;
- 40 - preferentemente, cada uno de dicho conducto presenta, en toda su longitud, una sección transversal de paso cuyo diámetro equivalente es siempre superior a 5 mm, superior a 10 mm, incluso superior a 15 mm, y/o una abertura superior y/o una abertura inferior cuyo diámetro equivalente es superior a 5 mm, preferentemente superior a 10 mm, incluso superior a 15 mm;
- 45 - más del 20%, más del 30%, más del 40%, más del 50%, más del 70%, más del 90%, preferentemente el 100% en número de pares de estratos superpuestos del apilamiento son unos pares de estratos de paso;
- más del 50%, preferentemente más del 70%, preferentemente más del 90%, preferentemente el 100% en número de los pares de estratos de paso del apilamiento comprenden una, preferentemente varias, preferentemente todas las características del par de estratos de paso descrito anteriormente;
- 50 - en un modo de realización preferido, la relación del número de obstáculos activos en un sentido de circulación de dicho fluido portador de calor sobre el número de obstáculos activos en el otro sentido de circulación de dicho fluido portador de calor está comprendido entre 0,7 y 1,3, preferentemente entre 0,8 y 1,2, preferentemente entre 0,9 y 1,1, preferentemente de aproximadamente 1, considerando un par de estratos de paso, preferentemente considerando más del 50%, más del 70%, más del 90%, preferentemente el 100% en número de los pares de estratos de paso del apilamiento;
- 55 - el apilamiento de ladrillos presenta una fracción en volumen de vacío inferior o igual al 50%, preferentemente inferior o igual al 40%, preferentemente inferior o igual al 30%, preferentemente inferior o igual al 25%, incluso inferior o igual al 20%, y/o superior o igual al 10%, preferentemente superior o igual al 15%;
- 60 - el apilamiento comprende uno, preferentemente más del 5%, más del 10%, preferentemente más del 20%, preferentemente más del 30%, preferentemente más del 40%, preferentemente más del 50%, preferentemente más del 60%, preferentemente más del 70%, preferentemente más del 80%, preferentemente más del 90%, de manera preferida sustancialmente el 100%, en número, de ladrillos según la invención, tales como se definen a continuación;
- 65

ES 2 748 451 T3

- un material a granel está dispuesto entre el recinto y el apilamiento, lo que permite optimizar la capacidad de almacenamiento de energía;
- 5 - el material a granel utilizado es idéntico al material utilizado en el apilamiento;
- preferentemente, el tamaño mínimo de las partículas a granel es superior a la altura de los pasos a fin de evitar el taponado de dichos pasos;
- 10 - el apilamiento comprende uno o varios tirantes interpuestos entre los estratos superpuestos para mantener el paso;
- preferentemente, el paso se obtiene por la forma de los ladrillos, preferentemente por la presencia de al menos un pie de un ladrillo del estrato inferior o del estrato superior, cuyo extremo libre se apoya sobre la gran cara inferior del estrato superior y/o sobre la gran cara superior del estrato inferior, respectivamente;
- 15 - preferentemente, el pie está alojado en un alojamiento de un ladrillo;
- en un plano de corte longitudinal que contiene los ejes de dos conductos adyacentes que pertenecen a un mismo estrato y en comunicación fluidica por medio de un paso, como se representa en la figura 15, por ejemplo, los obstáculos aptos para desviar el fluido portador de calor que proviene de dichos conductos adyacentes en dicho paso no son simétricos, es decir que los obstáculos no actúan con la misma eficacia, de manera que un fluido portador de calor circula entre dichos obstáculos;
- 20 - en el apilamiento, más del 30%, más del 50%, más del 70%, más del 90%, incluso el 100% de los pares de dos conductos adyacentes que pertenecen a un mismo estrato y en comunicación fluidica por medio de un paso, presentan una configuración tal que, en un plano de corte longitudinal que contiene los ejes de dichos conductos adyacentes, los obstáculos aptos para desviar un fluido portador de calor que proviene de dichos conductos adyacentes en dicho paso no son simétricos;
- 25 - preferentemente, los obstáculos del apilamiento se conforman para que más del 50%, más del 70%, más del 90%, preferentemente el 100% en número de pasos del apilamiento sean recorridos por un fluido portador de calor durante la fase de carga y/o la fase de descarga.
- 30 En un modo de realización preferido, más del 20%, preferentemente más del 30%, preferentemente más del 40%, preferentemente más del 50%, preferentemente más del 70%, preferentemente más del 90%, preferentemente el 100% en número de los pares de estratos superpuestos del apilamiento forman cada uno un par de estratos de paso,
- 35 más del 20%, preferentemente más del 30%, preferentemente más del 40%, preferentemente más del 50% y menos del 90%, preferentemente menos del 80% en número, de las aberturas superiores del estrato inferior de cada denominado par de estratos de paso son unas aberturas obturadas por la gran cara inferior del estrato superior de dicho par de estratos de paso, y
- 40 más de 20%, preferentemente más del 30%, preferentemente más del 40%, preferentemente más del 50% y menos del 90%, preferentemente menos del 80% en número, de las aberturas inferiores del estrato superior de cada denominado par de estratos de paso son unas aberturas obturadas por la gran cara superior del estrato inferior de dicho par de estratos de paso, y
- 45 siendo preferentemente el porcentaje de obturación de las aberturas obturadas superior al 70%, preferentemente superior al 80%, preferentemente superior al 90%, preferentemente igual al 100%.
- 50 La invención se refiere también, según un modo de realización, a una unidad de almacenamiento térmico con un ladrillo, dicho ladrillo
- 55 - se delimita por una cara superior, una cara inferior, preferentemente paralela a dicha cara superior, y una superficie lateral que se extiende, sustancialmente según un cilindro virtual, entre dichas cara superior e inferior y preferentemente de manera perpendicular a dichas caras superior e inferior, y
- comprende una perforación que atraviesa dicho ladrillo y desemboca en dichas caras superior e inferior,
- 60 la perforación y la superficie lateral del ladrillo se conforman de manera que, en un par de estratos constituido de dichos ladrillos dispuestos en forma de un estrato inferior compacto y de un estrato superior compacto superpuesto a dicho estrato inferior, todo o parte de los orificios interfaciales del estrato inferior corresponden a perforaciones de ladrillos del estrato superior, y/o todo o parte de los orificios interfaciales entre los ladrillos del estrato superior corresponden a perforaciones de ladrillos del estrato inferior,
- 65

siendo un orificio interfacial de un estrato un conducto dispuesto entre los ladrillos de dicho estrato y que desemboca en las grandes caras inferior y superior de dicho estrato,

5 correspondiendo una correspondencia entre un orificio interfacial y una perforación a una obturación parcial de al menos una de las aberturas del orificio interfacial y de la perforación en frente,

siendo un estrato compacto cuando los ladrillos que lo constituyen ocupan un volumen mínimo.

10 Un ladrillo según este modo de realización de la invención puede también presentar una o varias de las características opcionales siguientes:

- el ladrillo comprende sólo una única perforación;

15 - la perforación se extiende al centro del ladrillo.

La invención se refiere también, según un modo de realización, a una unidad de almacenamiento térmico según la invención con un ladrillo, dicho ladrillo:

20 - está delimitado por una cara superior, una cara inferior, preferentemente paralela a dicha cara superior, y una superficie lateral que se extiende, sustancialmente según un cilindro virtual, entre dichas caras superior e inferior y de manera preferida perpendicularmente a dichas caras superior e inferior, teniendo dicho cilindro virtual preferentemente una base de forma cuadrada, hexagonal u octogonal, y

25 - comprende más de 20, preferentemente más de 30, preferentemente más de 40, preferentemente más de 50, preferentemente más de 60 perforaciones que atraviesan dicho ladrillo y que desembocan en dichas caras superior e inferior, y

- presenta una fracción en volumen de vacío inferior o igual al 60% y superior o igual al 10%,

30 conformándose y/o repartiéndose las perforaciones, y conformándose la geometría del ladrillo de manera que, en un par de estratos constituido de un estrato inferior compacto constituido de dichos ladrillos y de un estrato superior compacto superpuesto a dicho estrato inferior, cada denominado ladrillo pueda ocupar el mismo espacio en varias posiciones operativas, preferentemente en número de 2, 3 o 4, siendo el porcentaje de obturación medio de las aberturas superiores de las perforaciones de cada uno de dicho ladrillo variable en función de la posición operativa adoptada.

35 Un ladrillo según este modo de realización de la invención puede también presentar una o varias de las características opcionales siguientes:

40 - el ladrillo presenta una geometría adecuada para que el cambio de posición operativa resulte de una rotación del ladrillo, preferentemente alrededor del eje de dicho cilindro virtual;

- las perforaciones se reparten de manera irregular en el ladrillo;

45 - al menos una perforación está separada de las perforaciones adyacentes en una distancia variable en función de la perforación adyacente considerada;

- las perforaciones son paralelas las unas de las otras;

50 - más del 50% en número de las perforaciones presentan cada una un diámetro equivalente medio superior a 5 mm e inferior a 25 mm;

- la densidad de superficie de perforaciones en la superficie superior del ladrillo es superior a 1000, preferentemente superior a 1200, preferentemente superior a 1400 perforaciones por metro cuadrado.

55 Sea cual sea el modo de realización, un ladrillo puede también presentar una o varias de las características opcionales siguientes:

60 - la base del cilindro está conformada para ocupar más del 70% y menos del 95% de la superficie del cuadrado más pequeño en el que se puede inscribir, y/o dicho ladrillo presenta una fracción en volumen de vacío inferior o igual al 60% y superior o igual al 10%;

- la base del cilindro es octogonal y presenta cuatro grandes lados paralelos de dos en dos y cuatro pequeños lados paralelos de dos en dos, siendo cada pequeño lado adyacente a dos grandes lados;

65

ES 2 748 451 T3

- el ladrillo comprende un pie que sobresale de dicha cara superior o de dicha cara inferior, y un alojamiento sobre la cara opuesta a la cara que presenta el pie, de manera que un pie de otro ladrillo idéntico pueda alojarse en dicho alojamiento;
- 5 - dicho pie y dicho alojamiento se conforman de manera que la longitud de dicho pie sea superior a la profundidad de dicho alojamiento en más de 1 mm, preferentemente en más de 2 mm, preferentemente más de 3 mm y menos de 3 cm, preferentemente en menos de 2 cm, preferentemente en menos de 1 cm;
- 10 - el ladrillo está constituido preferentemente de un material que presenta una capacidad calorífica a 25°C superior a $600 \text{ J} \cdot \text{°C}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$;
- el ladrillo está constituido de un material que presenta el análisis químico siguiente, en porcentajes máxicos:
 - 15 - $25\% < \text{Fe}_2\text{O}_3 < 90\%$, y
 - $5\% < \text{Al}_2\text{O}_3 < 30\%$, y
 - $\text{CaO} < 20\%$, y
 - 20 - $\text{TiO}_2 < 25\%$, y
 - $3\% < \text{SiO}_2 < 50\%$, y
 - $\text{Na}_2\text{O} < 10\%$,
 - 25 - siempre que $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{TiO}_2 + \text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{O} > 80\%$, preferentemente $> 85\%$, incluso $> 90\%$,
 - otros óxidos: complemento hasta el 100%;
- 30 - dicho ladrillo presenta una fracción en volumen de vacío (relación entre el volumen de materia (ignorando la porosidad de esta materia) y el volumen definido por la superficie exterior del ladrillo (ignorando las perforaciones)) inferior o igual al 60%, preferentemente inferior o igual al 50%, preferentemente inferior o igual al 40%, preferentemente inferior o igual al 30%, preferentemente inferior o igual al 25%, incluso inferior o igual al 20% y/o superior o igual al 10%, preferentemente superior o igual al 15%;
- 35 - dicho ladrillo presenta una masa superior a 10 kg e inferior a 25 kg;
- dicho ladrillo comprende unas corrugaciones, diferentes de los obstáculos, destinadas a interrumpir la circulación del fluido portador de calor, preferentemente dispuestas en una o varias, preferentemente en todas las perforaciones del ladrillo y/o sobre la cara lateral y/o sobre la cara superior y/o sobre la cara inferior del ladrillo.
- 40 La invención se refiere también a un conjunto que comprende:
 - 45 - una unidad de almacenamiento térmico según la invención, y
 - un dispositivo de circulación que asegura
 - 50 - durante una fase de carga, la circulación de un fluido portador de calor de carga a través de dicha unidad de almacenamiento térmico, y
 - durante una fase de descarga, una circulación de un fluido portador de calor de descarga a través de dicha unidad de almacenamiento térmico,
- 55 circulando al menos uno de dichos fluidos portadores de calor de carga y descarga, preferentemente los dos fluidos portadores de calor de carga y descarga, en el apilamiento desde dicho conducto inferior hacia al menos un conducto superior.
- 60 En un modo de realización, durante la descarga, el fluido portador de calor de descarga circula en el sentido opuesto al sentido de circulación del fluido portador de calor de carga durante la carga.
- 65 Preferentemente, más del 50%, más del 70%, más del 90%, preferentemente el 100% en número de los pasos del apilamiento se recorren por un fluido portador de calor durante la fase de carga y/o de la fase de descarga.
- Más preferentemente, más del 50%, más del 70%, más del 90%, preferentemente el 100% en número de los pasos del apilamiento se recorren por un fluido portador de calor durante la fase de carga y la fase de descarga.

La invención se refiere también a una instalación térmica que comprende:

- una unidad que produce energía calorífica, por ejemplo un horno, una torre solar, o un compresor, y

5 - un conjunto según la invención, asegurando el dispositivo de circulación de dicho conjunto, durante una fase de carga, la circulación del fluido portador de calor de carga desde la unidad que produce energía calorífica hasta la unidad de almacenamiento térmico, y después a través de dicha unidad de almacenamiento térmico.

10 Preferentemente, una instalación térmica según la invención comprende un consumidor de energía calorífica, asegurando dicho dispositivo de circulación, durante la fase de descarga, una circulación del fluido portador de calor de descarga a través de dicha unidad de almacenamiento térmico, y después desde dicha unidad de almacenamiento térmica hasta el consumidor de energía calorífica.

Breve descripción de las figuras

15 Otros objetos, aspectos, propiedades y ventajas de la presente invención aparecerán también a la luz de la descripción y de los ejemplos siguientes y al examen del dibujo anexo, en el que:

20 - la figura 1 representa esquemáticamente una instalación térmica según la invención;

- la figura 2 representa esquemáticamente una unidad de almacenamiento térmico según la invención;

25 - la figura 3 (3a-3e) representa esquemáticamente unos detalles de apilamientos de ladrillos de unidades de almacenamiento térmico según la invención, estando los ladrillos cortados según sus longitudes en unos planos medios (debajo de las figuras 3a-3c, se han representado las proyecciones de las aberturas inferiores y superiores en la interfaz con el paso)

30 - la figura 4 (4a-4c) representa esquemáticamente un detalle de un apilamiento de ladrillos de una unidad de almacenamiento térmico según un modo de realización preferido; la figura 4b es una vista en perspectiva, la figura 4a es una vista en corte, según el plano P representado en la figura 4b; y la figura 4c es una vista desde arriba del conjunto mostrado en la figura 4b;

35 - la figura 5 representa un ejemplo de contorno de un ladrillo utilizable en una unidad de almacenamiento térmico según la invención;

- las figuras 6 y 7 representan un ladrillo destinado a una unidad de almacenamiento térmico según la invención;

40 - las figuras 8, 9, 10 y 11, representan un esquema del principio del ensamblaje realizado en la unidad de almacenamiento térmico de los ejemplos 3, 4, 5 y 6, respectivamente;

- las figuras 12, 13 y 14 ilustran unas disposiciones preferidas de ladrillos; y

- la figura 15 ilustra una disposición en "espejo" que debe evitarse.

45 En las diferentes figuras, se utilizan referencias idénticas para designar elementos idénticos o análogos. Las flechas en línea discontinua representan unos flujos de fluidos portadores de calor.

Definiciones

50 El término "instalación térmica" debe entenderse en el sentido amplio, como significando cualquier instalación que comprende una unidad que produce energía calorífica.

55 Por "unidad que produce energía calorífica" se consideran no sólo las unidades que se prevén específicamente para generar energía calorífica, como una torre solar, sino también las unidades que, debido a su funcionamiento, generan energía calorífica, por ejemplo un compresor.

60 El término "consumidor de energía calorífica" designa un elemento capaz de recibir energía calorífica. Puede resultar especialmente de un aumento de la temperatura del consumidor (por ejemplo en el caso de calentamiento de un edificio) y/o una transformación en energía mecánica (por ejemplo en una turbina de gas).

65 Por "estrato" de ladrillos, se entiende un conjunto de ladrillos dispuestos al mismo nivel en el apilamiento.

Las aberturas superior e inferior se denominan "totalmente desplazadas" cuando no existe otra zona de recubrimiento cuando la abertura inferior se proyecta en el plano en el que se extiende la abertura superior. Estos conductos inferior y superior pueden, por lo tanto, estar en comunicación sólo por medio de un paso.

Salvo que se indique lo contrario, en un par de estratos de paso, un “obstáculo” designa una parte de un estrato que sobresale en la proyección de la abertura de un conducto de un estrato adyacente, de manera que esta última abertura sea una “abertura obturada”.

- 5 Un obstáculo se denomina “activo” en un sentido de circulación del fluido portador de calor cuando desvía hacia un paso el fluido portador de calor que circula en este sentido.

10 La dirección principal de flujo del fluido portador de calor es la dirección según la cual el fluido portador de calor se desplaza, de media, entre la entrada y la salida del apilamiento. Preferentemente, los conductos se orientan sustancialmente según esta dirección.

Por “inmediatamente superior” o “inmediatamente inferior”, se entiende “posicionado por encima y en contacto” o “posicionado por debajo y en contacto”, respectivamente.

- 15 Los adjetivos “inferior” y “superior” se utilizan con fines de claridad para corresponder a posiciones relativas en un apilamiento vertical, como se representa en la figura 2. Con tal apilamiento, la presencia de “aberturas superiores obturadas” permite obtener el resultado buscado si el flujo se efectúa desde abajo hacia arriba. Por supuesto, la invención no está limitada a tal flujo. Si el flujo se efectúa desde arriba hacia abajo, el apilamiento debe presentar unas “aberturas inferiores obturadas”. Dicho de otra manera, estos adjetivos deben interpretarse como simples referencias, no limitativas, y el alcance de las reivindicaciones es idéntico al que resultaría de la sustitución de estos adjetivos por “primera” y “segunda” respectivamente.

Salvo que se indique lo contrario, una abertura “obturada” está parcial o totalmente obturada.

- 25 Se denomina “porcentaje de obturación” el porcentaje de la superficie de una abertura obturada que está obturado. Un porcentaje de obturación del 100% corresponde por ejemplo a una obturación total.

Una “perforación” es un conducto que atraviesa un ladrillo.

- 30 El diámetro equivalente “medio” de una perforación que desemboca en las caras superior e inferior de un ladrillo es la media de los diámetros equivalentes de las aberturas de la perforación sobre dichas caras superior e inferior.

El diámetro “equivalente” de una abertura es el diámetro de un disco de misma superficie que dicha abertura.

- 35 Por “transversal” se entiende “perpendicular a la dirección de la longitud”.

Por “material cerámico” se entiende un material que no es ni orgánico, ni metálico.

- 40 Los contenidos de óxidos se refieren a los contenidos globales para cada uno de los elementos químicos correspondientes, expresados en forma del óxido más estable, según la convención habitual de la industria.

Clásicamente, la temperatura de fusión se mide bajo presión atmosférica, por ejemplo por análisis calorimétrico diferencial (o “Differential Scanning Calorimetry” o “DSC” en inglés).

- 45 Una “comunicación fluídica” entre dos sitios significa que un fluido puede circular entre estos dos sitios y no que tal circulación tenga lugar efectivamente durante la operación.

Salvo que se indique lo contrario, todos los porcentajes son unos porcentajes máxicos.

- 50 Salvo que se indique lo contrario, las dimensiones son medidas a temperatura ambiente (20°C).

Por “que contiene un”, “que comprende un” o “que comprende un” se entiende “que comprende al menos un” salvo que se indique lo contrario.

- 55 Descripción detallada

La instalación térmica 10 según la invención representada en la figura 1 comprende una unidad que produce energía calorífica 12, una unidad de almacenamiento térmico 14, un consumidor de energía calorífica 16 y un dispositivo de circulación 18.

- 60 La unidad que produce energía calorífica 12 puede, por ejemplo, ser un horno o una torre solar, o un compresor. Preferentemente, la unidad que produce energía calorífica produce más de 50 kWh, o más de 100 kWh, incluso más de 300 kWh, incluso más de 1 MWh, incluso más de 5 MWh de energía calorífica.

El consumidor de energía calorífica 16 puede ser, por ejemplo, un edificio o un conjunto de edificios, un depósito, un tanque, una turbina acoplada a un alternador a fin de generar electricidad, una instalación industrial que consume vapor de agua, por ejemplo la industria de la fabricación de la pasta de papel o una caldera de vapor.

5 El dispositivo de circulación 18 comprende clásicamente un conjunto de canalizaciones, de válvulas y de bombas/ventiladores/extractores controlados con el fin de poder poner en comunicación selectivamente la unidad de almacenamiento térmico

10 - con la unidad que produce energía calorífica 12 de manera que pueda recibir un fluido portador de calor de carga que sale de dicha unidad, durante las fases de carga, y

15 - con el consumidor de energía calorífica 16 de manera que el fluido portador de calor de descarga calentado que sale de la unidad de almacenamiento térmico pueda calentar a dicho consumidor, o más generalmente transferir energía calorífica a dicho consumidor, durante las fases de descarga,

y a fin de poder forzar la circulación del fluido portador de calor de carga y/o del fluido portador de calor de descarga a través de la unidad de almacenamiento térmico 14.

20 Los fluidos portadores de calor de carga y de descarga pueden ser de misma naturaleza o no.

El fluido portador de calor utilizado para la carga y/o la descarga de la unidad de almacenamiento térmico puede ser un gas, por ejemplo aire, vapor de agua, o un gas portador de calor, o ser un líquido, por ejemplo agua, un aceite térmico, sales fundidas o metales o aleaciones fundidos.

25 Unidad de almacenamiento térmico

La figura 2 representa un ejemplo de unidad de almacenamiento térmico 14. Esta unidad de almacenamiento térmico comprende un apilamiento 38 de eje longitudinal X, de manera preferida sustancialmente vertical.

30 En un modo de realización, la unidad de almacenamiento térmico comprende varios apilamientos separados a fin, especialmente, de limitar el peso soportado por los estratos debajo de cada apilamiento.

35 El apilamiento 38, constituido de ladrillos 40, está dispuesto en un recinto 41, por ejemplo de metal o de material cerámico, que presenta un orificio superior 42 y un orificio inferior 44 por los cuales, preferentemente, los fluidos portadores de calor de carga y de descarga, respectivamente, entran en la unidad de almacenamiento térmico. Preferentemente, los fluidos portadores de calor de carga y de descarga salen de la unidad de almacenamiento térmico 14 por los orificios inferior 42 y superior 44, respectivamente.

40 La altura H_{38} del apilamiento 38, entre su cara superior 45s y su cara inferior 45i, es preferentemente superior a 1 m, preferentemente superior a 5 m, preferentemente superior a 15 m, preferentemente superior a 25 m, incluso superior a 35 m, incluso superior a 50 m.

45 La masa del apilamiento 38 es preferentemente superior a 1 T, preferentemente superior a 10 T, incluso superior a 100 T, incluso superior a 500 T, incluso superior a 700 T, incluso superior a 2000 T, incluso superior a 4000 T, incluso superior a 5000 T, incluso superior a 7000 T.

50 El apilamiento 38 es una superposición de estratos 46, o "niveles". Los estratos 46 se extienden de manera preferida sustancialmente de manera horizontal. En un modo de realización, los estratos tienen sustancialmente la misma altura. En un modo de realización, sustancialmente todos los ladrillos de un estrato son idénticos. Los ladrillos de un estrato pueden ser idénticos o diferentes de los ladrillos de otro estrato.

La densidad de estratos según la altura es preferentemente superior o igual a 5 estratos por metro y/o inferior a 15 estratos por metro.

55 Dos estratos superpuestos forman un "par" de estratos. El primero de los estratos atravesado por el fluido portador de calor se denomina "estrato inferior", denominándose el segundo "estrato superior". En lo sucesivo en la descripción y en aras a la claridad, todas las referencias relativas a un objeto de un estrato superior se acompañan de un signo "prima".

60 Cada estrato pertenece por lo tanto a un par en el que constituye el estrato inferior 46 y un par en el que constituye el estrato superior 46' (salvo los estratos en los extremos del apilamiento, que pertenecen sólo a un par de estratos).

Un estrato 46 define, con respecto al sentido de flujo del fluido de carga (flecha en línea interrumpida en la figura 2 o la figura 4a), una gran cara inferior 47a y una gran cara superior 47b.

65

ES 2 748 451 T3

En un par de estratos, la gran cara superior del estrato inferior 46 está enfrentada a la gran cara inferior del estrato superior 46'.

Cada estrato está constituido de ladrillos 40.

Los ladrillos de un estrato pueden superponerse exactamente a los de un estrato inmediatamente inferior, sin recubrimiento. No obstante, preferentemente, como se representa en la figura 4, un estrato se desplaza lateralmente con respecto al estrato sobre el que se extiende. Dicho de otra manera, los ladrillos de estos dos estratos no se superponen exactamente los unos encima de los otros, reposando un ladrillo del estrato superior sobre varios ladrillos del estrato inferior. La estabilidad del apilamiento se encuentra así mejorada.

En un mismo apilamiento, algunos estratos pueden estar en superposición exacta y otros desplazados lateralmente.

Todos los ladrillos de un estrato o del apilamiento (con excepción eventualmente de los ladrillos de la periferia del estrato o del apilamiento) pueden presentar formas o dimensiones idénticas o diferentes.

Dos estratos superpuestos el uno al otro pueden estar constituidos de ladrillos que presentan formas o dimensiones idénticas o diferentes.

Los ladrillos 40 se conforman y/o disponen, preferentemente de manera regular, para constituir unos conductos 48. Como se representa en la figura 4a, cada conducto 48 de un estrato 46 desemboca sobre grandes caras inferior 47a y superior 47b del estrato por unas aberturas inferior 49a y superior 49b.

Los conductos 48 de los estratos superpuestos están en comunicación fluidica a fin de permitir la circulación de los fluidos portadores de calor de carga y de descarga a través del apilamiento entre los orificios de entrada y de salida.

Los conductos 48 son de manera preferida sustancialmente rectilíneos. Se extienden preferentemente todos sustancialmente de manera paralela al eje X del apilamiento.

En un par de estratos 46-46', los dos estratos superpuestos están separados el uno del otro a fin de crear un paso 52. Un par de estratos separados por un paso 52 se denomina "par de estratos de paso". Preferentemente, más del 50%, más del 80%, incluso el 100% en número de los pares de estratos del apilamiento son unos pares de estratos de paso.

Tal como se representa en la figura 4a, por ejemplo, un paso 52 conecta unos conductos inferiores 48 y unos conductos superiores totalmente desplazados 50' de los estratos inferior 46 y superior 46' de un par de estratos de paso. Preferentemente, cada paso 52 pone en comunicación fluidica más de 2, más de 3, más de 4, más de 5 conductos 48 con unos conductos totalmente desplazados 50', y/o preferentemente, más del 10%, más del 50%, más del 70%, más del 90%, incluso sustancialmente el 100% en número de los conductos 48 con unos conductos totalmente desplazados 50'. Preferentemente, un paso 52 pone en comunicación fluidica todos los conductos inferiores y superiores entre sí.

Entre dichos estratos pueden estar dispuestos unos tirantes. Preferentemente, los tirantes vienen de una sola pieza con los ladrillos 40, formando los tirantes y los ladrillos un conjunto monolítico. Puede, por ejemplo, tomar la forma de pies 54 que sobresalen de la cara inferior 55 de los ladrillos, como se describe a continuación.

Preferentemente, la altura H_{52} de un paso 52 es superior a 1 mm, incluso superior a 2 mm, incluso superior a 3 mm e inferior a 3 cm, preferentemente inferior a 2 cm, preferentemente inferior a 1 cm. Ventajosamente, la unidad de almacenamiento térmico según la invención presenta un buen compromiso entre una masa de ladrillos (o "masa térmica") importante y una pérdida de carga aceptable.

En un modo de realización, todos los pasos del apilamiento tienen unas dimensiones, y en particular unas alturas, idénticas. En otro modo de realización, la altura de los pasos varía en función de su posición a lo largo del eje X del apilamiento.

En los modos de realización representados, los pasos 52 se extienden transversalmente, es decir perpendicularmente al eje X. En un modo de realización, todos los ladrillos de un estrato están en contacto los unos con los otros de manera que no existe sustancialmente ninguna comunicación entre diferentes conductos de un estrato, salvo por medio de los pasos 52. Preferentemente, los ladrillos están dispuestos, sin embargo, para que exista, a temperatura ambiente, un espacio de dilatación lateral, en la periferia de los ladrillos, a fin de absorber parcial o totalmente la dilatación térmica de los ladrillos. De ello resulta un aumento de la vida útil de los ladrillos y de la unidad de almacenamiento térmico. Los ladrillos están separados los unos de los otros en función, en particular, de la dilatación térmica del material de los ladrillos, de las dimensiones de los ladrillos y de la temperatura de funcionamiento de los ladrillos. Por ejemplo, una separación superior a 2 mm entre dos ladrillos de 20 cm de ancho es muy adecuada para una temperatura de funcionamiento del orden de 900°C cuando los ladrillos están

ES 2 748 451 T3

constituidos de un material que presenta el análisis químico siguiente, en porcentajes máxicos sobre la base de los óxidos:

- 5 - 25% < Fe_2O_3 < 90%, y
- 5% < Al_2O_3 < 30%, y
- CaO < 20%, y
- 10 - TiO_2 < 25%, y
- 3% < SiO_2 < 50%, y
- 15 - Na_2O < 10%,
- mientras $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{TiO}_2 + \text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{O} > 80\%$, preferentemente > 85%, incluso > 90%, y
- otros óxidos: complemento hasta el 100%.
- 20 En un apilamiento de ladrillos de una unidad de almacenamiento térmico clásico, los espacios de dilatación laterales entre ladrillos adyacentes, que corresponden a unos caudales de fuga, no son adecuados para servir de conductos.
- En particular, en servicio, estos espacios de dilatación se reducen, incluso desaparecen. Preferentemente, según la invención, los conductos presentan siempre una sección transversal cuyas dimensiones son superiores a 5 mm y/o inferiores a 100 mm, a 30 mm, sea cual sea el plano de corte considerado, preferentemente cuando la temperatura es superior a 1000°C, 1200°C o 1500°C, preferentemente a temperatura de carga.
- 25
- Preferentemente, cada conducto presenta, en toda su longitud, una sección transversal de paso cuyo diámetro equivalente es siempre superior a 5 mm, superior a 10 mm, incluso superior a 15 mm y/o una abertura superior y/o una abertura inferior cuyo diámetro equivalente es superior a 5 mm, preferentemente superior a 10 mm, incluso superior a 15 mm.
- 30
- La combinación de los obstáculos 57 y de los pasos 52 permite, ventajosamente, constituir una circulación tridimensional en todo el volumen del recinto. Y aumentar considerablemente la superficie disponible para los intercambios térmicos. Además, un número elevado de pasos permite reducir la velocidad del fluido portador de calor en estos pasos, y por lo tanto asegurar que la duración de contacto con los ladrillos es suficiente para transferir una cantidad elevada de energía calorífica.
- 35
- Preferentemente, más del 50%, preferentemente más del 80%, preferentemente el 100% en número de los pares de estratos de paso comprenden un obstáculo 57 a fin de favorecer un flujo de fluido portador de calor (en un sentido de paso de dicho fluido portador de calor) en el paso 52 del par de estratos.
- 40
- Como se representa por ejemplo en la figura 4a, un mismo estrato puede comprender uno o varios primeros obstáculos activos en el primer sentido de flujo y uno o varios obstáculos activos en el segundo sentido de flujo. Los obstáculos activos en el primer sentido de flujo pueden representar más del 30%, más del 40%, de manera preferida sustancialmente el 50% en número de los obstáculos activos de un mismo estrato, preferentemente del apilamiento.
- 45
- En un par de estratos 46-46' de paso, la presencia de un obstáculo 57 corresponde a la situación en la que, cuando la abertura superior 49b de un conducto inferior 48 del estrato inferior 46 se proyecta normalmente (es decir en un plano transversal a la dirección general de flujo) sobre la gran cara inferior 47a' del estrato superior 46', la intersección de esta proyección de área A_{proy} y de las aberturas inferior 49a' que se extienden en dicha gran cara inferior 47a' presenta un área inferior al área de dicha abertura inferior.
- 50
- En particular, si esta proyección intersecciona sólo una abertura inferior de área A_{am} , y si se denomina A_{com} el área de dicha intersección, $A_{\text{com}} < A_{\text{proy}}$ (figura 3d). Preferentemente la relación $A_{\text{com}}/A_{\text{proy}}$ (relación R) es inferior a 0,9, inferior a 0,8, inferior a 0,7, inferior a 0,6, inferior a 0,5, inferior a 0,4, inferior a 0,3, inferior a 0,2, inferior a 0,1, incluso igual a 0, seleccionándose este valor en función de las obligaciones de funcionamiento, y en particular de la pérdida de carga admisible en la unidad de almacenamiento del calor.
- 55
- El estrato superior 46' "obtura" así al menos parcialmente la abertura superior 49b del estrato inferior 46 cuando se observa desde el conducto inferior 48, como se representa en las figuras 3a-3d.
- 60
- La elección de la relación R depende de las condiciones de utilización de la unidad de almacenamiento térmico. En particular, cuando el fluido portador de calor es un gas llevado a alta presión, típicamente superior a 10 bares, la relación R es preferentemente superior o igual a 0, e inferior a 0,7, preferentemente inferior a 0,5, incluso inferior a
- 65

0,3, incluso inferior a 0,1. Cuando el fluido portador de calor es un gas que presenta una presión inferior a 10 bares, la relación R es preferentemente superior a 0,7.

5 Dicha obturación puede resultar de un conducto superior 48' frente al conducto inferior 48 y que presenta una abertura inferior 49a' de un área inferior a la de la abertura superior 49b del conducto inferior 48, como en las figuras 3b a 3e y 4a. La obturación corresponde entonces a un desplazamiento, es decir a una evolución brusca de la sección transversal para el flujo entre los conductos inferior y superior.

10 La obturación puede ser total, como en la figura 3e en la que $A_{com} = 0$.

Dicha obturación puede también resultar de un desplazamiento entre dos aberturas, de áreas idénticas o diferentes, de conductos 48 y 48' que están enfrentados, como en la figura 3a.

15 Tal desplazamiento puede ser sistemático de un estrato a otro, o aplicarse solamente sobre una parte del apilamiento.

Una modelización o simples ensayos permiten, en función de las condiciones de operación, y en particular en función de la naturaleza y de los caudales de los fluidos portadores de calor, optimizar el dimensionamiento y el posicionamiento de los obstáculos.

20 En un modo de realización, todos los obstáculos son idénticos. Los obstáculos pueden también variar en función de su sitio, en particular en función de la posición del par de estratos de paso según el eje X del apilamiento. Preferentemente, los obstáculos son aún más marcados, es decir que modifican aún más el flujo del fluido portador de calor, cuando están colocados cerca del orificio que permite la introducción de un fluido portador de calor en el apilamiento. Los rendimientos se encuentran por lo tanto mejorados.

30 La forma y la disposición de los ladrillos y las condiciones de operación se determinan para favorecer la circulación en los pasos. En particular, es preferible evitar las configuraciones en las que se disponen varios obstáculos para desviar un fluido portador de calor en un mismo paso, pero en condiciones de flujo que conducen a una circulación limitada, incluso a una ausencia de circulación de fluido en el paso. Por ejemplo, en un plano de corte como se ha representado en la figura 15, el paso está flanqueado por dos obstáculos 57₁ y 57₂ que actúan con la misma eficacia (configuración "espejo" con respecto al paso), lo que conduce a una circulación sustancialmente nula.

35 Las figuras 12, 13 y 14 ilustran unas disposiciones preferidas:

Como se ilustra en la figura 12, en un modo de realización preferido,

40 - más del 20%, preferentemente más del 30%, preferentemente más del 40% y preferentemente menos del 60% en número de las aberturas superiores de dicho estrato inferior son unas aberturas obturadas, y

45 - más del 70%, preferentemente más del 80%, preferentemente más del 90%, preferentemente más del 95%, sustancialmente el 100% de las aberturas superiores obturadas son coaxiales con una abertura correspondiente de un conducto superior, siendo la relación de las superficies de una abertura superior obturada (independientemente de la obturación) y de dicha abertura inferior coaxial superior a 0,1, incluso superior a 0,5 e inferior a 10, preferentemente inferior a 5, preferentemente inferior a 2, preferentemente inferior a 1, preferentemente inferior a 0,9, preferentemente inferior a 0,8.

50 Preferentemente, y en particular si un fluido portador de calor es susceptible de circular en los dos sentidos, el apilamiento comprende unos obstáculos activos en el otro sentido. Preferentemente,

55 - más del 20%, preferentemente más del 30%, preferentemente más del 40% y preferentemente menos del 60% en número de las aberturas inferiores de dicho estrato superior son unas aberturas obturadas, y más del 70%, preferentemente más del 80%, preferentemente más del 90%, preferentemente más del 95%, preferentemente sustancialmente el 100% de las aberturas inferiores obturadas son coaxiales con una abertura superior correspondiente de un conducto inferior, siendo la relación de las superficies de una abertura inferior obturada (independientemente de la obturación) y de dicha abertura superior coaxial superior a 0,1, incluso superior a 0,5 e inferior a 10, preferentemente inferior a 5, preferentemente inferior a 2, preferentemente inferior a 1, preferentemente inferior a 0,9, preferentemente inferior a 0,8.

60 Preferentemente, la relación del número de obstáculos activos en un sentido de circulación de dicho fluido portador de calor sobre el número de obstáculos activos en el otro sentido de circulación de dicho fluido portador de calor está comprendido entre 0,7 y 1,3, preferentemente entre 0,8 y 1,2, preferentemente entre 0,9 y 1,1, preferentemente de aproximadamente 1.

Preferentemente más del 50%, más del 70%, más del 90%, preferentemente el 100% en número de los pares de estratos de paso del apilamiento tienen una configuración que presenta una o varias, preferentemente todas las características de este modo de realización.

5 Como se ilustra en la figure 13, en un modo de realización preferido,

- más del 20%, preferentemente más del 30%, preferentemente más del 40%, preferentemente más del 50%, preferentemente más del 70%, preferentemente más del 90% en número, incluso todas las aberturas superiores de dicho estrato inferior son unas aberturas totalmente obturadas por la gran cara inferior del estrato superior, y

10 - preferentemente más del 20%, preferentemente más del 30%, preferentemente más del 40%, preferentemente más del 50%, preferentemente más del 70%, preferentemente más del 90% en número, incluso todas aquellas dichas aberturas inferiores de dicho estrato superior son unas aberturas totalmente obturadas por la grande cara superior del estrato inferior, y

15 - preferentemente, las aberturas superiores e inferiores presentan sustancialmente el mismo diámetro equivalente.

Este modo es particularmente muy adecuado cuando el fluido portador de calor es un gas llevado a alta presión, típicamente superior a 10 bares.

20 Preferentemente más del 50%, más del 70%, más del 90%, preferentemente el 100% en número de los pares de estratos de paso del apilamiento tienen una configuración que presenta una o varias, preferentemente todas las características de este modo de realización.

25 Como se ilustra en la figura 14, en un modo de realización preferido,

- más del 20%, preferentemente más del 30%, preferentemente más del 40%, preferentemente más del 50%, preferentemente más del 70%, preferentemente más del 90%, preferentemente más del 95%, preferentemente sustancialmente el 100% en número de las aberturas superiores de dicho estrato inferior son unas aberturas obturadas, y

30 - más del 70%, preferentemente más del 80%, preferentemente más del 90%, preferentemente más del 95%, sustancialmente el 100% de dichas aberturas superiores obturadas no son coaxiales con una abertura inferior correspondiente de un conducto superior, y

35 - la relación de las superficies de una abertura superior parcialmente obturada (independientemente de la obturación) y de la abertura inferior correspondiente es superior a 0,1, incluso superior a 0,5, incluso superior a 0,9 e inferior a 10, incluso inferior a 5, incluso inferior a 2, incluso inferior a 1,1.

40 Preferentemente, y en particular si el fluido portador de calor es susceptible de circular en los dos sentidos, el apilamiento comprende unos obstáculos activos en los dos sentidos. Preferentemente,

- más del 20%, preferentemente más del 30%, preferentemente más del 40%, preferentemente más del 50%, preferentemente más del 70%, preferentemente más del 90%, preferentemente más del 95%, preferentemente sustancialmente el 100% en número de las aberturas inferiores de dicho estrato superior son unas aberturas obturadas por la gran cara superior del estrato inferior; y

45 - más del 70%, preferentemente más del 80%, preferentemente más del 90%, preferentemente más del 95%, incluso sustancialmente el 100% de dichas aberturas inferiores obturadas no son coaxiales con una abertura superior correspondiente de un conducto inferior, y

50 - la relación de las superficies de una abertura inferior parcialmente obturada (independientemente de la obturación) y de dicha abertura superior correspondiente es superior a 0,1, incluso superior a 0,5, incluso superior a 0,9 e inferior a 10, incluso inferior a 5, incluso inferior a 2, incluso inferior a 1,1.

55 El porcentaje de obturación es preferentemente superior al 10%, preferentemente superior al 20%, preferentemente superior al 30%, preferentemente superior al 40%, preferentemente superior a 50%, incluso superior al 60%, superior al 70%, superior al 80%, superior al 90%.

60 El porcentaje de obturación se determina preferentemente en función de las obligaciones de funcionamiento, y especialmente de la pérdida de cara admisible en la unidad de almacenamiento del calor.

Preferentemente, más del 50%, más del 70%, más del 90%, preferentemente el 100% en número de los pares de estratos de paso del apilamiento tienen una configuración que presenta una o varias, preferentemente todas las características de este modo de realización.

65

De manera general, el porcentaje de obturación, en promedio sobre un par de estratos de paso, es aún mayor cuando dicho par está cerca de un extremo del apilamiento, pudiendo la variación presentar unos niveles escalonados sobre varios pares de estratos de pasos superpuestos. Cuando varios apilamientos están dispuestos en el recinto y dispuestos para atravesarse sucesivamente por el fluido portador de calor, el porcentaje de obturación, de promedio sobre un par de estratos de paso, es preferentemente tanto más grande cuando dicho par está cerca de un extremo del apilamiento más aguas arriba y/o más aguas abajo, pudiendo la variación presentar unos niveles escalonados sobre varios pares de estratos de pasos superpuestos.

Ladrillo

El material constitutivo de los ladrillos 40 es adecuado para los fluidos portadores de calor que entran en contacto con los ladrillos. Preferentemente, presenta una resistencia pirosfópica medida según la norma ISO 528 (1983), superior a la temperatura de carga $T_c + 50^\circ\text{C}$, incluso superior a $T_c + 100^\circ\text{C}$, incluso superior a $T_c + 150^\circ\text{C}$ e inferior a 1900°C , incluso inferior a 1800°C , incluso inferior a 1700°C , incluso inferior a 1650°C , lo que excluye así cualquier riesgo de desplome.

El material constitutivo de los ladrillos presenta preferentemente una capacidad calorífica a 25°C superior a $600 \text{ J}\cdot^\circ\text{C}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$, incluso superior a $650 \text{ J}\cdot^\circ\text{C}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$, incluso superior a $700 \text{ J}\cdot^\circ\text{C}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$. La capacidad calorífica se puede medir según la norma ASTM E1269, por ejemplo mediante un aparato de análisis calorimétrico diferencial ("DSC" en inglés) Netzsch STA 409 CD.

Preferentemente, el material constitutivo de los ladrillos es un material cerámico. Preferentemente, está constituido de óxidos para más del 90% de su masa, preferentemente más del 95%, preferentemente más del 99%, incluso sustancialmente 100%. Más preferentemente, contiene más del 50%, preferentemente más del 60%, preferentemente más del 70%, incluso más del 80% de circonio y/o de magnesio y/o de alúmina y/o de espinelas alumino-magnesiano, por ejemplo MgAl_2O_4 , y/o de esteatita, y/o de forsterita Mg_2SiO_4 , y/o de ilmenita FeTiO_3 , y/o de óxidos de hierro, preferentemente de alúmina y/o de óxidos de hierro. En un modo de realización, el complemento másico al 100% comprende, incluso está constituido por más del 90% de su masa de al menos un óxido seleccionado entre el óxido de boro, el óxido de sodio, los óxidos de cobre, la sílice y sus mezclas.

Preferentemente, el material constitutivo de los ladrillos presenta el análisis químico siguiente, en porcentajes másicos:

- $25\% < \text{Fe}_2\text{O}_3 < 90\%$, y

- $5\% < \text{Al}_2\text{O}_3 < 30\%$, y

- $\text{CaO} < 20\%$, y

- $\text{TiO}_2 < 25\%$, y

- $3\% < \text{SiO}_2 < 50\%$, y

- $\text{Na}_2\text{O} < 10\%$,

toda vez que $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{TiO}_2 + \text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{O} > 80\%$, preferentemente $> 85\%$, incluso $> 90\%$, y

- otros óxidos: complemento hasta el 100%.

Preferentemente, el material es un material sinterizado. Preferentemente, presenta una porosidad abierta superior al 4%, y/o inferior al 30%, preferentemente inferior al 25%, incluso inferior al 20%, incluso inferior al 15%.

Las formas y las dimensiones de los ladrillos, y en particular de las perforaciones, no son limitativas, siempre que permitan un apilamiento denso, es decir con una fracción de vacío baja, preferentemente inferior o igual al 50%, preferentemente inferior o igual al 40%, preferentemente inferior o igual al 30%, incluso inferior o igual al 20%.

Preferentemente, la masa de un ladrillo es superior a 10 kg e inferior a 25 kg.

En el modo de realización preferido, la altura H_{40} y/o la anchura l_{40} y/o la longitud L_{40} de un ladrillo es preferentemente superior a 10 cm, incluso superior a 15 cm, incluso superior a 20 cm, incluso superior a 25 cm y/o preferentemente inferior a 80 cm, preferentemente inferior a 50 cm, preferentemente inferior a 40 cm.

Preferentemente, el ladrillo es un perfil, es decir que su sección transversal es constante sobre sustancialmente toda su altura. Su sección transversal está delimitada externamente por un contorno B, que forma la base del cilindro que define el perfil y que puede ser en particular poligonal, por ejemplo triangular, cuadrado, rectangular hexagonal u octagonal (véase la figura 4c). Preferentemente, la forma poligonal es regular. El contorno puede también presentar

unas protuberancias o unas depresiones 64 locales (figura 5). Preferentemente, el contorno B presenta dos ejes de simetría, más preferentemente cuatro ejes de simetría. En el modo de realización representado en la figura 4, estos ejes de simetría están incluidos en cuatro planos de simetría A₁-A₄ que se extienden paralelamente a las caras laterales.

5 El contorno B se determina para ocupar preferentemente más del 80% y menos del 95% de la superficie del cuadrado C más pequeño en el que se puede inscribir (véase la figura 5).

10 Un conducto 48 puede tomar la forma de una perforación 66 o de un orificio interfacial 68 en la interfaz entre varios ladrillos adyacentes de un estrato.

En un modo de realización preferido, el ladrillo comprende una, preferentemente una única, perforación 66 que lo atraviesa de un lado a otro según su altura.

15 Preferentemente, el contorno B de la sección transversal de los ladrillos está conformado de manera que, colocando lado a lado varios de dichos ladrillos, se forma, en la interfaz entre los ladrillos, unos orificios interfaciales 68, que atraviesan preferentemente el estrato en toda su altura, preferentemente paralelos a la dirección de la altura. Preferentemente, el contorno se determina a fin de poder formar más de 2, más de 3 y/o menos de 10, menos de 8, menos de 5 orificios interfaciales 68.

20 El ladrillo puede no ser un perfil. En particular, la sección transversal (perpendicular a la dirección de la altura) de dichas perforaciones y de dichos orificios interfaciales puede ser variable sobre la altura de un ladrillo, como se representa en las figuras 3a-3c por ejemplo.

25 El contorno de la sección transversal de dichas perforaciones y de dichos orificios interfaciales puede ser constante o variable sobre la altura de un ladrillo. Puede ser, en particular, circular o poligonal. En un modo de realización, los contornos de las secciones transversales de dichas perforaciones y de dichos orificios interfaciales, respectivamente, son circulares y poligonales, preferentemente cuadrados, respectivamente, como en la figura 4.

30 La forma de las perforaciones 66 y de los orificios interfaciales 68 no es limitativa.

Preferentemente, un ladrillo comprende un dispositivo de anclaje que permite mantener en posición dicho ladrillo con respecto a los ladrillos adyacentes o que pertenecen a un estrato inmediatamente superior y/o inferior.

35 Preferentemente, el ladrillo comprende uno, preferentemente varios, pies 54, que sobresalen preferentemente de la cara inferior 55 o de la cara superior 70 del ladrillo y, preferentemente uno, preferentemente varios alojamientos 72, preferentemente en la cara superior o en la cara inferior del ladrillo, respectivamente, a fin de recibir los pies de uno o varios ladrillos de un estrato que se extiende inmediatamente por encima o por debajo de dicho ladrillo, respectivamente. La cooperación de los pies y de los alojamientos facilita el posicionamiento de los ladrillos y mejora la estabilidad del apilamiento permitiendo un anclaje de los ladrillos los unos sobre los otros.

40 Preferentemente, la altura de los pies 54 se determina a fin de asegurar una separación axial (según la dirección X) H₅₂ entre los estratos, y así disponer los pasos 52 entre los conductos.

45 Preferentemente, los ladrillos del estrato inferior y del estrato superior comprenden al menos un pie y al menos un alojamiento cuyas dimensiones y posicionamiento permiten el ajuste del valor de la altura del paso y/o del valor del o de los obstáculos y/o del valor del espacio de dilatación lateral.

50 Preferentemente, los ladrillos del estrato superior y/o del estrato inferior

- comprenden al menos un pie, preferentemente al menos dos pies, preferentemente al menos tres pies, cuyo extremo libre se apoya sobre la gran cara superior y/o inferior del estrato inferior y/o del estrato superior, respectivamente, a fin de definir dicho paso, y se aloja preferentemente en un alojamiento de un ladrillo que define parcialmente dicha gran cara inferior y/o superior, respectivamente, y/o

55 - comprenden una base de más de tres lados, preferentemente cuadrada, hexagonal u octagonal,

- presentan al menos una perforación que define un conducto, preferentemente rectilíneo.

60 La figura 4b representa un ladrillo en un modo de realización preferido.

65 El ladrillo 40 es un perfil según el eje X, que define la dirección de la altura. Lateralmente el ladrillo 40 está delimitado por una superficie lateral 76 constituida de 8 caras laterales. Las caras laterales comprenden cuatro pequeñas caras laterales 76a idénticas y cuatro grandes caras laterales 76b idénticas, en alternancia con las pequeñas caras laterales 76a. Cada pequeña cara lateral 76a, respectivamente la gran cara lateral 76b, está enfrentada y paralela a otra pequeña cara lateral 76a, respectivamente la gran cara lateral 76b. Observado según el

eje X, el ladrillo presenta así una sección delimitada externamente por un contorno B sustancialmente cuadrado, cuyos ángulos están cortados por las pequeñas caras 76a, siendo el ángulo interno entre dos caras laterales consecutivas igual a 135°. En un modo de realización no representado, el contorno B forma un octógono regular, presentando los 8 lados la misma longitud y el ángulo interno entre dos lados consecutivos es igual a 135°.

5 El ladrillo 40 presenta una perforación 66 que lo atraviesa sustancialmente en su centro, de lado a lado, según la altura, entre una cara inferior 62 y una cara superior 64, sustancialmente enfrentadas y paralelas la una de la otra.

10 La perforación central 66 es sustancialmente cilíndrica, de sección sustancialmente poligonal, preferentemente octogonal. Se extiende paralelamente al eje X, es decir sustancialmente de manera perpendicular a las caras inferior 62 y superior 64.

15 La sección transversal de la perforación central es preferentemente inferior a 0,6 veces, preferentemente inferior a 0,5 veces, preferentemente inferior a 0,4 veces, preferentemente inferior a 0,3 veces, preferentemente inferior a 0,25 veces y, preferentemente, superior a 0,1 vez, preferentemente superior a 0,15 veces la sección del ladrillo en el plano de dicha sección.

20 En cooperación con tres ladrillos adyacentes, cada ladrillo permite fabricar cuatro orificios interfaciales 68 que se extienden según toda la altura del estrato que contiene dichos ladrillos.

En un modo de realización no representado, los ladrillos están montados de manera que las perforaciones 66 se alineen sustancialmente de un estrato al siguiente, preferentemente con un recubrimiento parcial a fin de crear obstáculos. Ventajosamente, las pérdidas de carga se encuentran limitadas.

25 En el modo de realización representado en la figura 4, los ladrillos están montados de manera que al menos una parte de las perforaciones 66 no están alineadas de un estrato al siguiente (desplazamiento del eje). Preferentemente, las perforaciones 66 de un estrato desembocan en unos orificios interfaciales 68 de un estrato adyacente, preferentemente con un recubrimiento parcial a fin de crear obstáculos. Ventajosamente, los intercambios térmicos se encuentran mejorados.

30 En el modo de realización representado en la figura 4, cada ladrillo comprende, en su cara superior, cuatro alojamientos 72 que cooperan con cuatro pies 54 que sobresalen de la cara inferior de ladrillos del estrato inmediatamente superior, siendo la altura de los pies 54 superior a la profundidad de los alojamientos 72 a fin de crear los pasos 52.

35 Preferentemente, en un modo de realización preferido, un ladrillo

40 - comprende una cara superior, una cara inferior, preferentemente paralela a dicha cara superior, y una superficie lateral que se extiende, sustancialmente según un cilindro virtual, entre dichas caras superior e inferior y preferentemente de manera perpendicular a dichas caras superior e inferior, teniendo dicho cilindro virtual una base que presenta preferentemente una forma general poligonal, preferentemente que presenta al menos ocho lados, preferentemente octogonal con dos ejes de simetría perpendicular el uno al otro, preferentemente con cuatro ejes de simetría equiángulamente repartidos alrededor de un centro de intersección común, con preferentemente cuatro pequeños lados de misma longitud y cuatro grandes lados de la misma longitud, determinándose la base preferentemente para ocupar más del 70% y menos del 95% de la superficie del cuadrado más pequeño en el que se puede inscribir, y

50 - comprende preferentemente una perforación que atraviesa dicho ladrillo, preferentemente en su centro, preferentemente de manera sustancialmente paralela a dicha superficie lateral, y que desemboca sobre dichas caras superior e inferior del ladrillo, y

55 - comprende preferentemente un pie, preferentemente al menos dos pies, preferentemente al menos tres pies, que sobresalen de dicha cara superior o de dicha cara inferior, y comprende preferentemente un alojamiento, preferentemente al menos dos alojamientos, preferentemente al menos tres alojamientos, preferentemente el mismo número de alojamientos que el número de pies, en la cara opuesta a la cara que presenta los pies en voladizo, de manera que los pies de otro ladrillo idéntico puedan alojarse en dichos alojamientos (lo que no significa que, en un apilamiento, el ladrillo esté necesariamente ensamblado a ladrillos idénticos).

60 Las figuras 6 y 7 representan unos ladrillos en otro modo de realización preferido.

En este modo de realización particular, el ladrillo:

65 - comprende una cara superior, una cara inferior, preferentemente paralela a dicha cara superior, y una superficie lateral que se extiende, sustancialmente según un cilindro virtual, entre dichas caras superior e inferior y preferentemente de manera perpendicular a dichas caras superior e inferior, teniendo el cilindro virtual una base

preferentemente poligonal, preferentemente cuadrada, hexagonal u octogonal, preferentemente hexagonal, preferentemente de forme regular, y

5 - comprende varias perforaciones, que atraviesan dicho ladrillo, de manera preferida sustancialmente de manera paralela a dicha superficie lateral, y que desemboca sobre dichas caras superior e inferior del ladrillo, siendo el número de dichas perforaciones preferentemente superior a 20, preferentemente superior a 30, preferentemente superior a 40, preferentemente superior a 50, preferentemente superior a 60, más del 50%, preferentemente más del 70%, preferentemente más del 90%, de manera preferida sustancialmente todas las perforaciones que presentan cada una un diámetro equivalente medio superior a 5 mm, preferentemente superior a 10 mm y preferentemente inferior a 25 mm, preferentemente inferior a 20 mm, y

15 - comprende preferentemente al menos un pie, preferentemente al menos dos pies, preferentemente al menos tres pies que sobresalen de dicha cara superior o de dicha cara inferior, y comprende preferentemente al menos un alojamiento, preferentemente al menos dos alojamientos, preferentemente al menos tres alojamientos, preferentemente el mismo número de alojamientos que el número de pies, sobre la cara opuesta a la cara que presenta los pies en voladizo, de manera que los pies de otro ladrillo idéntico puedan alojarse en dichos alojamientos, y

20 - presenta una fracción volúmica de vacío inferior o igual al 60%, preferentemente inferior o igual al 50%, preferentemente inferior o igual al 40%, preferentemente inferior o igual al 30%, preferentemente inferior o igual al 25%, incluso inferior o igual al 20% y/o superior o igual al 10%, preferentemente superior o igual al 15%, y

25 - presenta preferentemente una conformación que permite modificar el porcentaje de obturación en función de la disposición del ladrillo, preferentemente en función de la position angular de dicho ladrillo alrededor de su centro y, preferentemente, sin tener que modificar la disposición de ladrillos idénticos adyacentes del mismo estrato (dicho de otra manera, el espacio ocupado por el ladrillo es idéntico en varias disposiciones diferentes, que corresponden a unos porcentajes de obturación diferentes); y

30 - presenta preferentemente una masa comprendida entre 10 kg y 25 kg.

En este modo de realización preferido, las perforaciones pueden ser de cualquier forma. Preferentemente, las perforaciones son cilíndricas, preferentemente de base circular y/u oblonga, preferentemente de base circular.

35 Las perforaciones pueden repartirse de manera irregular en el ladrillo. Preferentemente, cuando se observa la cara superior de un ladrillo, las perforaciones pueden estar repartidas en una pluralidad de sectores S1-S4 (figuras 6 y 7), delimitados por unas líneas que pasan por unas perforaciones, considerándose estas últimas consideradas como que no pertenecen a ningún sector.

40 Preferentemente, el número de sectores es superior o igual a 2, a 3 o a 4.

45 Preferentemente, las perforaciones se reparten de manera regular en cada sector. Dentro de un sector cualquiera, las perforaciones forman preferentemente, en la cara superior o inferior del ladrillo, una unidad simétrica con respecto al centro del sector considerado. Las unidades pueden ser idénticas en varios sectores. Por ejemplo, en la figura 6, las unidades de los sectores S1 y S4 pueden ser idénticas y las unidades de los sectores S2 y S3 pueden ser idénticas. Todos los sectores pueden también presentar unas unidades diferentes, como en la figura 7.

Preferentemente, se ha separado al menos una perforación de las perforaciones adyacentes en una distancia variable en función de la perforación adyacente considerada.

50 Esta conformación es particularmente ventajosa ya que permite hacer variar fácilmente el porcentaje de obturación acumulado para el conjunto de las perforaciones del ladrillo, por simple rotación de este ladrillo.

55 Por ejemplo, si un apilamiento está constituido de ladrillos de forma hexagonal que presenta 3 sectores, tales como se representan en la figura 7, el porcentaje de obturación acumulado para el conjunto de las perforaciones será diferente según si un sector de un ladrillo del estrato superior, por ejemplo el sector A, reposa sobre el sector B o el sector C de un ladrillo del estrato inferior. Tal ladrillo según la invención permite así, en función de los diferentes motivos seleccionados para cada uno de los sectores, ajustar fácilmente el porcentaje de obturación seleccionando los sectores que se superponen. Más ventajosamente, una rotación de 120° o de 240° de un ladrillo permite su reposicionamiento en el mismo espacio que el que ocupaba inicialmente.

60 La fabricación de los ladrillos puede efectuarse según cualquier técnica de ejecución conocida por el experto en la materia, y en particular por extrusión, prensado o vertido. Preferentemente, los ladrillos se fabrican por extrusión o por prensado.

65 Los ladrillos se tratan después, preferentemente, térmicamente a fin de sinterizarlos. Las condiciones de sinterización, entre otras la temperatura máxima alcanzada, el tiempo de mantenimiento a esta temperatura, las

5 velocidades de subida y bajada de temperatura, la atmósfera, dependen del material que constituye el ladrillo. En un modo de realización, el material constitutivo del ladrillo contiene más del 50%, preferentemente más del 60%, preferentemente más del 70%, incluso más del 80% en masa de óxidos de hierro y el ciclo de sinterización presenta una temperatura máxima alcanzada comprendida entre 1050°C y 1450°C, incluso entre 1050°C y 1350°C, y el tiempo de mantenimiento en niveles a esta temperatura está comprendido entre 15 minutos y 12 horas.

El ensamblaje de los ladrillos no plantea dificultad particular y puede efectuarse según las técnicas habituales.

10 Los ladrillos según el modo de realización de la figura 4 permiten un apilamiento particularmente denso, siendo la fracción de vacío baja. Los huecos se limitan a las perforaciones 66, a los orificios interfaciales 68, a los pasos 52 y a los espacios de dilatación.

15 Permiten también crear fácil y rápidamente unos obstáculos eficaces para desviar un fluido portador de calor hacia los pasos 52.

Además, su forma geométrica facilita su ensamblaje.

20 Finalmente, sus pies 54 permiten un apilamiento con o sin desplazamiento lateral de un estrato al otro, la creación rápida y precisa de pasos 52 y de espacios de dilatación, así como, en cooperación con los alojamientos 72, una buena estabilización del apilamiento.

El porcentaje de obturación se selecciona preferentemente en función de las obligaciones de funcionamiento, y especialmente de la pérdida de carga admisible en la unidad de almacenamiento del calor.

25 Funcionamiento

30 Durante la carga, el fluido portador de calor de carga entra en la unidad de almacenamiento térmico a una temperatura de carga T_c , de manera preferida sustancialmente constante, en general por la parte alta de la unidad de almacenamiento térmico. La temperatura de carga es preferentemente inferior a 1000°C, incluso inferior a 800°C y superior a 350°C, incluso superior a 500°C.

35 El fluido portador de calor de carga se inyecta, por ejemplo, en el apilamiento por la abertura inferior 44, después penetra en los conductos inferiores 48 de un estrato inferior 46. Su circulación se ve dificultada por los obstáculos 57, que aumentan ventajosamente la superficie de intercambio térmico. Según la invención, los obstáculos 57 desvían una parte del flujo de fluido portador de calor hacia los pasos 52 de manera que esta parte del flujo alcance unos conductos superiores 48' de un estrato superior 46' adyacente. La eficacia de la transferencia térmica se encuentra ventajosa y considerablemente aumentada.

40 El fluido portador de calor de carga recalienta los ladrillos con los cuales está en contacto. Su temperatura baja por lo tanto progresivamente.

La baja fracción de vacío del apilamiento confiere una gran capacidad de almacenamiento térmico.

45 Preferentemente, la temperatura a la cual el fluido portador de calor de carga sale de la unidad de almacenamiento térmico, al principio de la carga, es próxima a la temperatura de descarga del ciclo anterior.

50 Durante la descarga, el fluido portador de calor de descarga entra en la unidad de almacenamiento térmico a una temperatura de descarga, de manera preferida sustancialmente constante, por ejemplo por la parte superior de la unidad de almacenamiento térmico. Clásicamente, en régimen estabilizado, la temperatura es próxima a la temperatura de los ladrillos con los cuales entra entonces en contacto, y el fluido portador de calor se calienta rápidamente a esta última temperatura. La temperatura de descarga es preferentemente inferior a la temperatura de carga, por ejemplo de más de 100°C, de más de 200°C o de más de 300°C.

55 El fluido portador de calor prosigue después su trayectoria en la unidad de almacenamiento térmico, enfriando los ladrillos con los cuales está en contacto. Su temperatura aumenta por lo tanto progresivamente. Los intercambios térmicos son similares a los encontrados durante la fase de carga si el circuito seguido por los flujos de fluidos portadores de calor de carga y de descarga son similares.

60 La unidad de almacenamiento térmico sufre por lo tanto una sucesión de "ciclos", comprendiendo cada ciclo una fase de carga, eventualmente una fase de espera, después una fase de descarga. La duración de un ciclo regular es generalmente superior a 0,5 horas, incluso superior a dos horas y/o inferior a 48 horas, incluso inferior a 24 horas.

Ejemplos

65 Los ejemplos siguientes se proporcionan con fines ilustrativos y no limitativos.

ES 2 748 451 T3

Las hipótesis siguientes se utilizan para efectuar los cálculos de la energía calorífica restituida por el regenerador así como la evolución de la temperatura de salida del aire de carga y de descarga:

- Modelo unidimensional:

* Flujo y transferencia térmica en convección forzada en el apilamiento, siendo insignificante el efecto de la gravedad,

* Temperatura y velocidad de fluido constantes en una sección transversal del apilamiento,

* Pérdidas térmicas e influencia de la pared del recinto sobre el flujo insignificantes,

* Distribución uniforme de la temperatura y del flujo de fluido sobre la cara superior (durante la carga) y sobre la cara inferior (durante la descarga) del apilamiento,

* Resistencia nula a la difusión del calor en el material de los elementos de almacenamiento de energía,

- apilamiento de forma cilíndrica, de sección constante, de diámetro igual a 9 m y de volumen igual a 1909 m³,

- elemento de almacenamiento de energía: a granel para el ejemplo 1, fuera de la invención, siendo la fracción de vacío igual al 40%, y en forma de ladrillos apilados en forma de estratos para los otros ejemplos:

* para el ejemplo 2, fuera de la invención, 13,5 estratos por metro, estando cada estrato separado de los estratos adyacentes por un espacio de una altura igual a 4 mm que se extiende horizontalmente, estando cada estrato compuesto de ladrillos que presentan perforaciones de diámetro igual a 12 mm, presentando cada estrato una densidad en superficie de perforaciones igual a 1500 por m², no presentando el apilamiento de estratos ningún obstáculo (porcentaje de obturación nulo), siendo la fracción de vacío igual al 20%,

* para el ejemplo 3, fuera de la invención, 14,2 estratos por metro, estando dichos estratos apilados sin presencia de espacio entre dichos estratos, estando cada estrato compuesto de ladrillos que presentan unas perforaciones de diámetro igual a 12 mm, presentando cada estrato una densidad de superficie de perforaciones igual a 1500 por m², siendo el apilamiento de estratos tal que cada perforación presenta un porcentaje de obturación del 67%, tal como se representa en el esquema del principio de la figura 8, siendo la fracción de vacío igual al 17%,

* para el ejemplo 4, según la invención, 13,5 estratos por metro, estando cada estrato separado de otro por un espacio de una altura igual a 4 mm que se extiende horizontalmente, estando cada estrato compuesto de ladrillos que presentan perforaciones de diámetro igual a 12 mm, presentando cada estrato una densidad de superficie de perforaciones igual a 1500 por m², siendo el apilamiento de estratos tal que cada perforación presenta un porcentaje de obturación del 67%, tal como se representa en el esquema del principio de la figura 9, siendo la fracción de vacío igual al 20%,

* para el ejemplo 5, según la invención, 13,5 estratos por metro, estando cada estrato separado de otro por un espacio de una altura igual a 4 mm que se extiende horizontalmente, estando cada estrato compuesto de ladrillos que presentan unas perforaciones de diámetro igual a 12 mm, presentando cada estrato una densidad de superficie de perforaciones igual a 1500 por m², siendo el apilamiento de estratos tal que la mitad de las perforaciones están totalmente obturadas (porcentaje de obturación del 100%), tal como se representa en el esquema del principio de la figura 10, siendo la fracción de vacío igual al 20%,

* para el ejemplo 6, según la invención, 13,5 estratos por metro, estando cada estrato separado de otro por un espacio de una altura igual a 4 mm que se extiende horizontalmente, estando cada estrato compuesto de ladrillos que presentan unas perforaciones de diámetro igual a 12 mm, presentando cada estrato una densidad de superficie de perforaciones igual a 1500 por m², siendo el apilamiento de estratos tal que la totalidad de las perforaciones están totalmente obturadas (porcentaje de obturación del 100%), tal como se representa en el esquema del principio de la figura 11, siendo la fracción de vacío igual al 20%,

* para los cálculos de las tablas 4, 5 y 6, 13,5 estratos por metro, estando cada estrato separado de otro por un espacio de una altura igual a 4 mm que se extiende horizontalmente, estando cada estrato compuesto de ladrillos que presentan unas perforaciones de diámetro igual a 12 mm, presentando cada estrato una densidad de superficie de perforaciones igual a 1500 por m², definiendo el apilamiento de estratos un porcentaje de pares de estratos de paso así como un porcentaje de aberturas obturadas al 100% en cada par de estratos de paso, siendo el complemento unas aberturas no obturadas, siendo la fracción de vacío igual al 20%,

- fluido portador de calor de carga y de descarga: aire seco,

- volumen de elementos de almacenamiento de energía constante,

ES 2 748 451 T3

- ninguna pérdida térmica radial,
- temperatura de entrada de carga, T_{ec} , igual a 800°C, es decir 1073 K,
- 5 - temperatura de entrada de descarga, T_{ed} , igual a 400°C, es decir 673 K,
- presión interna igual a 10 bares,
- 10 - en carga, el caudal del fluido es constante e igual a 150 kg/s,
- en descarga, el caudal del fluido es constante e igual a 75 kg/s,
- duración de la carga: 5 horas,
- 15 - duración de la descarga: 10 horas,
- composición del material sinterizado de los elementos de almacenamiento de energía:

Tabla 1

Análisis químico de los elementos de almacenamiento de energía	
% de óxido de hierro expresado en forma Fe_2O_3	65
% de Al_2O_3	7
% de CaO	0,7
% de TiO_2	0,7
% de SiO_2	24
% de otros óxidos	2,6
Otras características de los elementos de almacenamiento de energía	
Masa en volumen aparente del material de los elementos de almacenamiento (g/cm^3)	3,2
Porosidad abierta (%)	4
Cp a 25°C ($J\ kg^{-1}\ K^{-1}$)	650
Cp a 400°C ($J\ kg^{-1}\ K^{-1}$)	880
Cp a 800°C ($J\ kg^{-1}\ K^{-1}$)	910

Es decir

- 25 T_{sd} , temperatura de salida de descarga, variable durante la duración de la descarga,
- T_{SD} , temperatura media de salida de descarga, siendo la duración de descarga igual a 10 horas.

Se denomina "eficacia" de la unidad de almacenamiento térmico, la relación E siguiente, expresada en porcentaje:

$$30 \quad E = (T_{SD} - T_{ed}) / (T_{ec} - T_{ed}).$$

Cuando más tiende hacia el 100% la relación E, más eficaz es la unidad de almacenamiento térmico.

- 35 Los resultados de la simulación efectuada aparecen en la tabla 2 siguiente:

Tabla 2

Ejemplo	Eficacia (%)
1	91,9
2	94,2
3	No explotable
4	95,5
5	95,5
6	97,2

- 40 Las unidades de almacenamiento térmico de los ejemplos 4, 5 y 6 presentan una mejora destacable de la eficacia con respecto a la unidad de almacenamiento térmico según los ejemplos 1 y 2.

La unidad de almacenamiento del ejemplo 3 no es explotable debido a una pérdida de carga demasiado elevada.

ES 2 748 451 T3

Los resultados de la tabla 3 siguiente muestran la variación de volumen de la unidad de almacenamiento realizable para una eficacia buscada igual al 90% y al 95%, tomándose como referencia la unidad de almacenamiento térmico del ejemplo 2, correspondiendo una variación de volumen negativa a una disminución de volumen:

5 Tabla 3

Ejemplo	Variación de volumen de la unidad de almacenamiento térmico para una eficacia buscada igual al 90% (%)	Variación de volumen de la unidad de almacenamiento térmico para una eficacia buscada igual al 95% (%)
1	+21,7	+13,3
2	referencia	referencia
4	-12,3	-23
5	-6,9	-12,7
6	-14,3	-26,8

10 Las unidades de almacenamiento térmico de los ejemplos 4, 5, 6 presentan un volumen reducido del 12,3%, el 6,9% y el 14,3%, respectivamente, con respecto a la unidad de almacenamiento del ejemplo 2 cuando se busca una eficacia igual al 90%.

15 Las unidades de almacenamiento térmico de los ejemplos 4, 5, 6 presentan un volumen reducido del 23%, el 12,7% y el 26,8%, respectivamente, con respecto a la unidad de almacenamiento del ejemplo 2 cuando se busca una eficacia igual al 95%

Esta reducción de volumen de la unidad de almacenamiento térmico se acompaña ventajosamente de una reducción de los costes de inversión.

20 Los resultados de las tablas 4, 5 y 6 siguientes muestran los efectos conjugados del porcentaje de pares de estratos de paso en el apilamiento y, en un par de estratos de paso cualquiera, del porcentaje en número de aberturas obturadas. Permiten en particular constatar que la eficacia aumenta sustancialmente cuando el porcentaje de pares de estratos de pasos del apilamiento supera el 20% y el número de aberturas obturadas de cada estrato de pasos supera el 20%.

25 Tabla 4

Eficacia (%)		Porcentaje de pares de estratos de pasos (%)				
		0	20	50	70	100
Porcentaje de aberturas obturadas al 100% en cada par de estratos de pasos	0	94,2	94,2	94,2	94,2	94,2
	20	94,2	94,4	94,4	94,4	94,5
	50	94,2	94,6	95,0	95,2	95,5
	70	94,2	94,8	95,5	95,8	96,3
	100	94,2	95,3	96,3	96,7	97,2

Tabla 5

Ganancia de volumen para una eficacia buscada igual al 90%		Porcentaje de pares de estratos de pasos (%)				
referencia: ej. 2		0	20	50	70	100
Porcentaje de aberturas obturadas al 100% en cada par de estratos de pasos	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	20	0,0	0,3	0,8	1,0	1,5
	50	0,0	1,9	4,1	5,3	6,9
	70	0,0	3,4	6,9	8,6	10,7
	100	0,0	5,9	10,7	12,5	14,3

30

Tabla 6

Ganancia de volumen para una eficacia buscada igual al 95%		Porcentaje de pares de estratos de pasos (%)				
referencia: ej. 2		0	20	50	70	100
Porcentaje de aberturas obturadas al 100% en cada par de estratos de pasos	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	20	0,0	0,5	1,5	1,9	2,8
	50	0,0	3,7	4,6	9,7	12,7
	70	0,0	6,3	12,7	15,8	20,1
	100	0,0	10,8	20,1	23,6	26,8

Por supuesto, la presente invención no está limitada a los modos de realización descritos y representados, proporcionados a título de ejemplos. En particular, unas combinaciones de los diferentes modos de realización descritos o representados entran también en el ámbito de la invención. En particular, en las figuras 6 y 7, el ladrillo presenta una conformación que permite modificar el porcentaje de obturación en función de su disposición, preferentemente en función de su posición angular alrededor de su centro o de su eje y, preferentemente, sin tener que modificar la disposición de los ladrillos idénticos adyacentes del mismo estrato. Tal conformación es no obstante también posible con otros tipos de ladrillos, y especialmente con los ladrillos que comprenden sólo una única perforación.

5

10 La invención no está limitada tampoco por la forma o las dimensiones del apilamiento.

REIVINDICACIONES

1. Unidad de almacenamiento térmico que comprende:

- 5 - un recinto (41) que comprende unos orificios (42; 44) que permiten una introducción y una extracción de un fluido portador de calor en dicho recinto, y
- 10 - un apilamiento de ladrillos constituidos preferentemente de un material que presenta una capacidad calorífica a 25°C superior a $600 \text{ J} \cdot \text{°C}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, estando dichos ladrillos dispuestos en dicho recinto en forma de estratos (46; 46') superpuestos, presentando cada estrato unas grandes caras inferior (47a; 47a') y superior (47b; 47b') y definiendo una pluralidad de conductos (48; 48') que desembocan cada uno por unas aberturas inferior (49a; 49a') y superior (49b; 49b') sobre dichas grandes caras inferior y superior, respectivamente,
- 15 comprendiendo el apilamiento un par de estratos constituido de un estrato inferior (46) y de un estrato superior (46') superpuesto a dicho estrato inferior,
- siendo dicho par de estratos, denominado "par de estratos de paso", tal que:
- 20 - las grandes caras superior (47b) e inferior (47a') de dicho estrato inferior y de dicho estrato superior, respectivamente, están separadas la una de la otra a fin de definir un paso (52) que pone en comunicación fluidica una abertura superior (49b) de un conducto inferior (48) de dicho estrato inferior y al menos una abertura inferior, totalmente desplazada con respecto a dicha abertura superior (49b), de al menos un conducto superior de dicho estrato superior,
- 25 - la cara grande inferior (47a') del estrato superior obtura, al menos en parte, dicha abertura superior (49b), denominada "abertura superior obturada", cuando se observa dicha abertura superior (49b), según su eje, desde dicho conducto inferior (48),
- 30 conformándose y disponiéndose dichos ladrillos de manera que dicho apilamiento presente una fracción en volumen de vacío inferior o igual al 60%,
- siendo más del 20% en número de las aberturas superiores de dicho estrato inferior unas aberturas superiores obturadas,
- 35 siendo más de 20% en número de los pares de estratos superpuestos del apilamiento cada uno un denominado par de estratos de paso.
2. Unidad de almacenamiento térmico según la reivindicación inmediatamente anterior, en la que más del 50%, preferentemente más del 70%, preferentemente más del 90%, preferentemente el 100% en número de los pares de estratos superpuestos del apilamiento forman cada uno unos pares de estratos de paso.
- 40
3. Unidad de almacenamiento térmico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que, para al menos un par de estratos de paso, preferentemente para cualquier par de estratos de paso, el porcentaje de obturación de una abertura superior obturada, preferentemente de cualquier abertura superior obturada, es superior al 10%, preferentemente superior al 90%.
- 45
4. Unidad de almacenamiento térmico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que para al menos un par de estratos de paso, preferentemente para cualquier par de estratos de paso, más del 95% en número de las aberturas superiores del estrato inferior de dicho par de estratos de paso son unas aberturas superiores obturadas.
- 50
5. Unidad de almacenamiento térmico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que para al menos un par de estratos de paso, preferentemente para cualquier par de estratos de paso, más del 70%, preferentemente más del 95% en número de las aberturas superiores obturadas de los conductos inferiores del estrato inferior de dicho par de estratos de paso está enfrentada a una abertura inferior, denominada "correspondiente", de un conducto superior del estrato superior de dicho par de estratos de paso, siendo la relación de las superficies de una abertura superior obturada y de dicha abertura inferior correspondiente superior a 0,1 e inferior a 0,9, o superior a 1,1 e inferior a 10.
- 55
- 60 6. Unidad de almacenamiento térmico según la reivindicación inmediatamente anterior, en la que para al menos un par de estratos de paso, preferentemente para cualquier par de estratos de paso, más del 70%, preferentemente más del 95% en número de las aberturas superiores obturadas de dicho par de estratos de paso son coaxiales a una abertura inferior correspondiente.
- 65 7. Unidad de almacenamiento térmico según la reivindicación 4, en la que para al menos un par de estratos de paso, preferentemente para cualquier par de estratos de paso, más del 70%, preferentemente más del 95% en número de

las aberturas superiores obturadas de dicho par de estratos de paso no son coaxiales a una abertura inferior correspondiente.

5 8. Unidad de almacenamiento térmico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que para al menos un par de estratos de paso, preferentemente para cualquier par de estratos de paso, el porcentaje de obturación de dicha abertura superior obturada de dicho par de estratos de paso es del 100%.

10 9. Unidad de almacenamiento térmico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que para al menos un par de estratos de paso, preferentemente para cualquier par de estratos de paso, la cara grande superior de dicho par de estratos de paso del estrato inferior obtura, al menos en parte, una abertura inferior del estrato superior de dicho par de estratos de paso, denominada "abertura inferior obturada", cuando dicha abertura inferior se observa, según su eje, desde dicho conducto superior.

15 10. Unidad de almacenamiento térmico según la reivindicación inmediatamente anterior, en la que para al menos un par de estratos de paso, preferentemente para cualquier par de estratos de paso, la relación del número de las aberturas superiores obturadas de dicho par de estratos de paso sobre el número de las aberturas inferiores obturadas de dicho par de estratos de paso está comprendido entre 0,7 y 1,3, preferentemente comprendido entre 0,9 y 1,1.

20 11. Unidad de almacenamiento térmico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que para al menos un par de estratos de paso, preferentemente para cualquier par de estratos de paso, el paso de dicho par de estratos de paso, preferentemente cualquier paso, se extiende sustancialmente de manera horizontal.

25 12. Unidad de almacenamiento térmico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que para al menos un par de estratos de paso, preferentemente para cualquier par de estratos de paso, la altura máxima (H_{52}) de dicho paso de dicho par de estratos de paso es superior a 1 mm e inferior a 3 cm.

30 13. Unidad de almacenamiento térmico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que para al menos un par de estratos de paso, preferentemente para cualquier par de estratos de paso, el porcentaje de obturación, de promedio sobre dicho par de estratos de paso, es aún mayor cuando dicho par está cerca de un extremo del apilamiento, pudiendo la variación presentar unos niveles escalonados sobre varios pares de estratos de pasos superpuestos.

35 14. Unidad de almacenamiento térmico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, siendo más del 5% de los ladrillos del apilamiento cada uno un "ladrillo perforado"

40 - delimitado por una cara superior (70), una cara inferior (55), preferentemente paralela a dicha cara superior, y una superficie lateral (76) que se extiende, sustancialmente según un cilindro virtual, entre dichas caras superior e inferior y preferentemente de manera perpendicular a dichas caras superior e inferior, y

- comprendiendo una perforación (66) que atraviesa dicho ladrillo perforado y desembocando sobre dichas caras superior e inferior,

45 conformándose la perforación y la superficie lateral del ladrillo perforado de manera que, en un par de estratos constituido de dichos ladrillos perforados dispuestos en forma de un estrato inferior (46) compacto y de un estrato superior (46') compacto superpuesto a dicho estrato inferior, correspondiendo todo o parte de los orificios interfaciales (68) entre los ladrillos perforados del estrato inferior con unas perforaciones de ladrillos perforados del estrato superior, y/o correspondiendo todo o parte de los orificios interfaciales entre los ladrillos del estrato superior con unas perforaciones de ladrillos perforados del estrato inferior,

50 siendo un orificio interfacial de un estrato un conducto dispuesto entre los ladrillos de dicho estrato y desembocando sobre las grandes caras inferior (47a) y superior (47b) de dicho estrato,

55 correspondiendo una correspondencia entre un orificio interfacial y una perforación a una obturación parcial de al menos una de las aberturas del orificio interfacial y de la perforación enfrentadas,

siendo un estrato compacto cuando los ladrillos que lo constituyen ocupan un volumen mínimo.

60 15. Unidad de almacenamiento térmico según la reivindicación anterior, en la que la base del cilindro está conformada para ocupar más del 70% y menos del 95% de la superficie del cuadrado más pequeño en el que se puede inscribir, y/o dicho ladrillo perforado presenta una fracción en volumen de vacío inferior o igual al 60% y superior o igual al 10%.

65 16. Unidad de almacenamiento térmico según una cualquiera de las dos reivindicaciones inmediatamente anteriores, en la que la base del cilindro es octogonal y presenta cuatro grandes lados paralelos de dos en dos y cuatro pequeños lados paralelos de dos en dos, siendo cada pequeño lado adyacente a dos grandes lados.

17. Unidad de almacenamiento térmico según una cualquier de las reivindicaciones 1 a 13, siendo más del 5% de los ladrillos del apilamiento cada uno un "ladrillo perforado"

- 5 - delimitado por una cara superior (70), una cara inferior (55), preferentemente paralela a dicha cara superior, y una superficie lateral (76) que se extiende, sustancialmente según un cilindro virtual, entre dichas caras superior e inferior y preferentemente de manera perpendicular a dichas caras superior e inferior, teniendo dicho cilindro virtual preferentemente una base de forme cuadrada, hexagonal u octogonal, y
- 10 - comprendiendo más de 20 perforaciones (66) que atraviesan dicho ladrillo perforado y que desembocan sobre dichas caras superior e inferior, y
- que presenta una fracción en volumen de vacío inferior o igual al 60% y superior o igual al 10%,
- 15 conformándose y/o repartiéndose las perforaciones, y conformándose la geometría del ladrillo perforado de manera que, en un par de estratos constituido de un estrato inferior (46) compacto constituido de dichos ladrillos perforados y de un estrato superior (46') compacto superpuesto a dicho estrato inferior, cada denominado ladrillo perforado pueda ocupar el mismo espacio en varias posiciones operativas, preferentemente en número de 2, 3 o 4, siendo el porcentaje de obturación medio de las aberturas superiores de las perforaciones de cada denominado ladrillo perforado variable en función de la posición operativa adoptada.
- 20

18. Unidad de almacenamiento térmico según la reivindicación inmediatamente anterior,

- 25 - en la que más del 50% en número de las perforaciones presentan cada una un diámetro equivalente medio superior a 5 mm e inferior a 25 mm, y/o
- en la que la densidad de superficie de las perforaciones en la superficie superior del ladrillo es superior a 1000, preferentemente superior a 1200, preferentemente superior a 1400 perforaciones por metro cuadrado.

30 19. Unidad de almacenamiento térmico según una cualquier de las reivindicaciones 14 a 18, dicho ladrillo perforado

- comprende un pie que sobresale de dicha cara superior o de dicha cara inferior, y un alojamiento sobre la cara opuesta a la cara que presenta el pie, de manera que un pie de otro ladrillo idéntico pueda alojarse en dicho alojamiento; y/o

35 - está constituido de un material que presenta el análisis químico siguiente, en porcentajes máxicos:

- $25\% < \text{Fe}_2\text{O}_3 < 90\%$, y

40 - $5\% < \text{Al}_2\text{O}_3 < 30\%$, y

- $\text{CaO} < 20\%$, y

- $\text{TiO}_2 < 25\%$, y

45 - $3\% < \text{SiO}_2 < 50\%$, y

- $\text{Na}_2\text{O} < 10\%$,

50 toda vez que $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{TiO}_2 + \text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{O} > 80\%$, preferentemente $> 85\%$, incluso $> 90\%$, y

- Otros óxidos: complementa hasta el 100%, y/o

- que presenta una masa superior a 10 kg e inferior a 25 kg.

55 20. Instalación térmica que comprende:

- una unidad que produce energía calorífica (12), y

60 - una unidad de almacenamiento térmico (14) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, y

- un dispositivo de circulación (18) que asegura

65 - durante una fase de carga, la circulación de un fluido portador de calor de carga desde la unidad que produce la energía calorífica hasta la unidad de almacenamiento térmico, y después atraviesa dicha unidad de almacenamiento térmico, y

- durante una fase de descarga, una circulación de un fluido portador de calor de descarga a través de dicha unidad de almacenamiento térmico,

- 5 circulando al menos uno de dichos fluidos portadores de calor de carga y de descarga, preferentemente los dos fluidos portadores de calor de carga y de descarga, en el apilamiento desde dicho conducto inferior hacia al menos un dicho conducto superior.

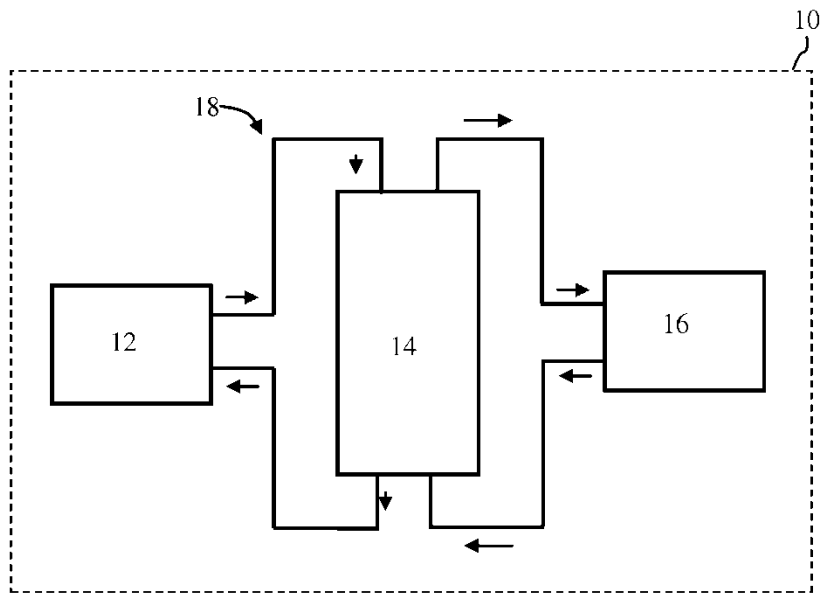


Fig. 1

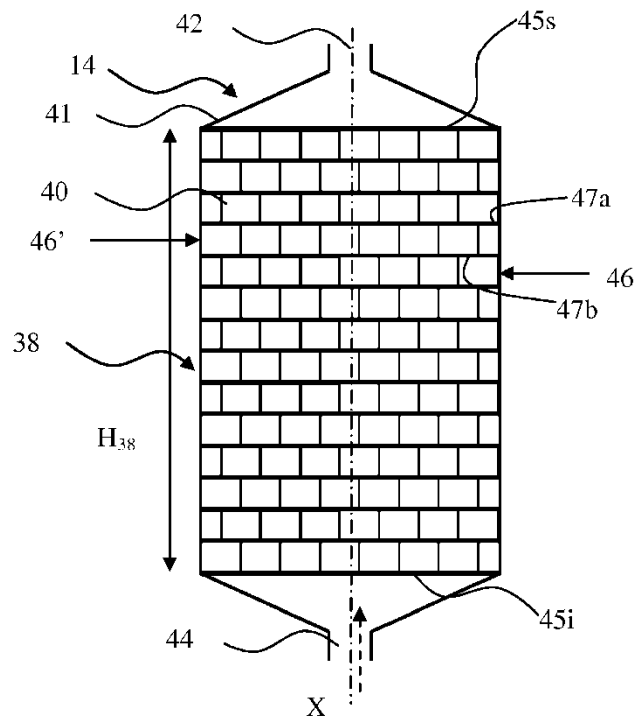


Fig. 2

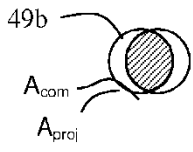
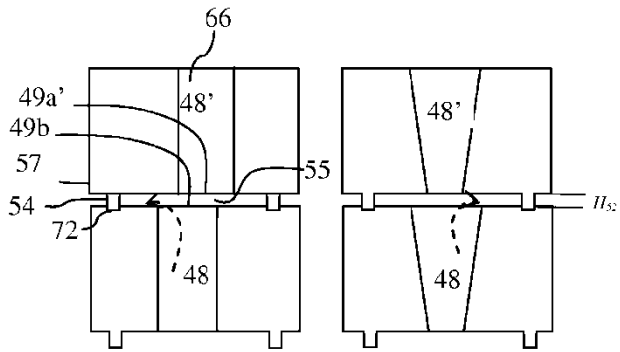


Fig. 3a

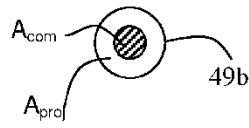


Fig. 3b

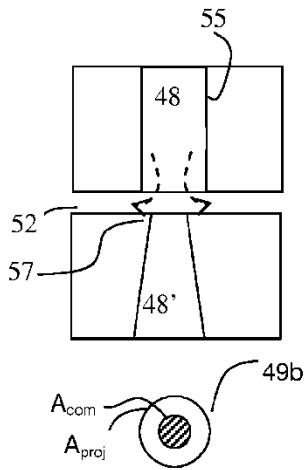


Fig. 3c

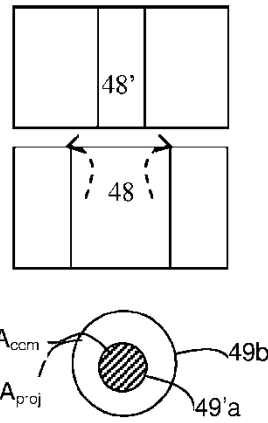


Fig. 3d

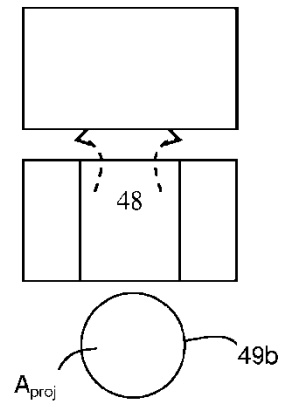
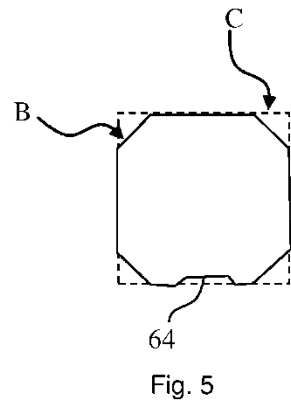
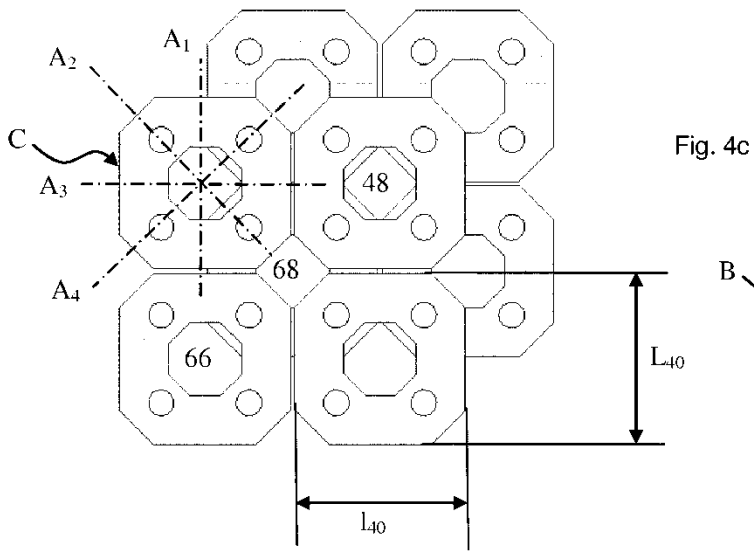
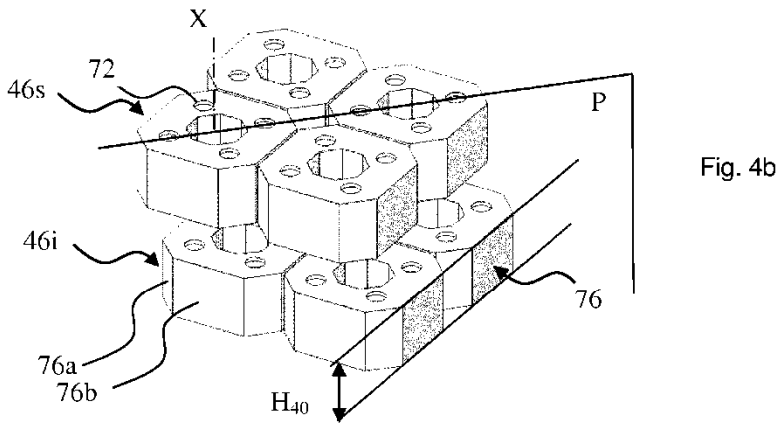
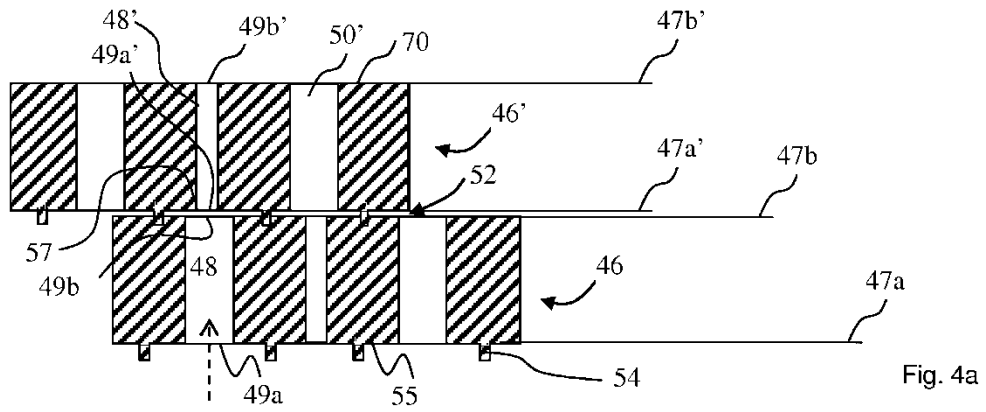
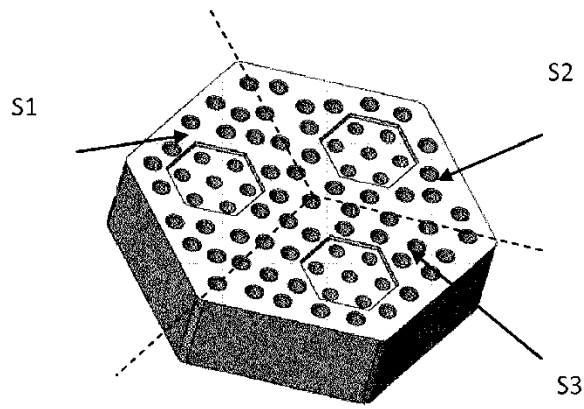
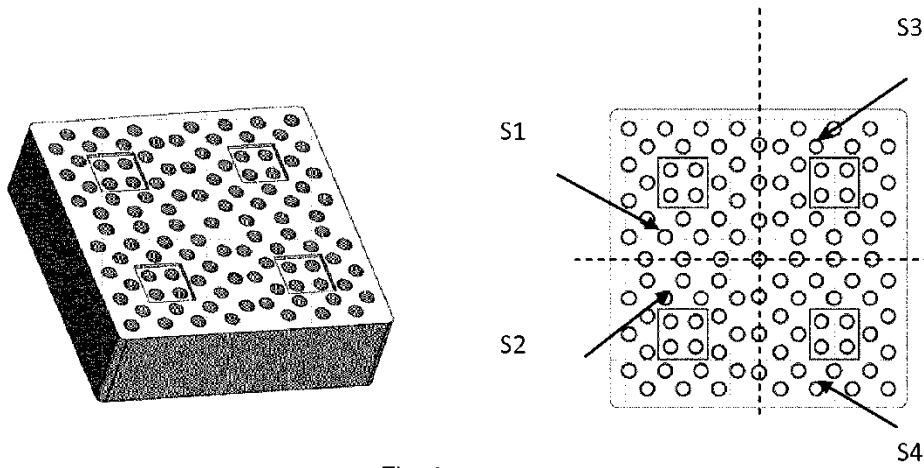


Fig. 3e





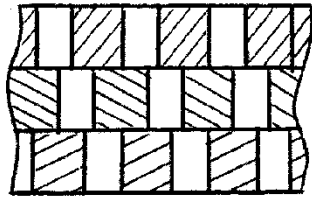


Fig. 8

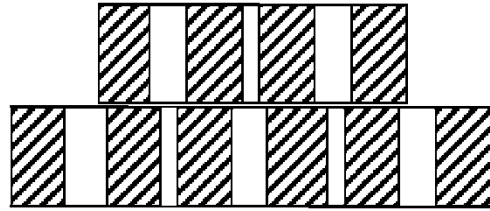


Fig. 12

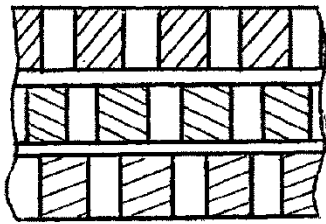


Fig. 9

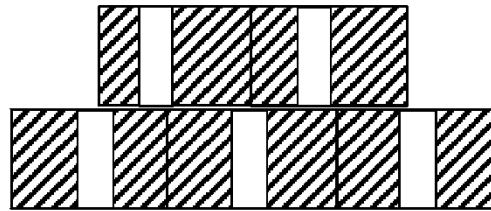


Fig. 13

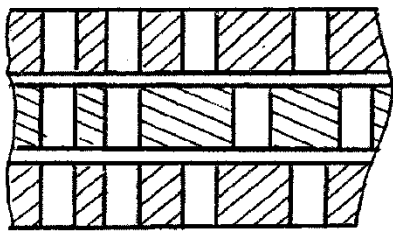


Fig. 10

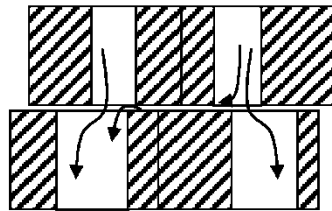


Fig. 14

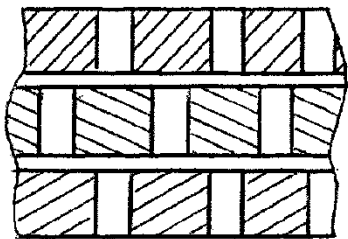
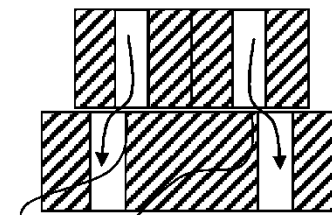


Fig. 11



57₁ 57₂ Fig. 15