

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 699 649**

51 Int. Cl.:

C10J 3/46	(2006.01) B01J 8/38	(2006.01)
C10J 3/48	(2006.01) F28D 20/00	(2006.01)
F03G 6/06	(2006.01)	
B01J 19/12	(2006.01)	
F28D 13/00	(2006.01)	
B01J 8/32	(2006.01)	
F22B 1/00	(2006.01)	
C09K 5/14	(2006.01)	
C09K 5/10	(2006.01)	
B01J 8/18	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.10.2011 PCT/FR2011/052386**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **26.04.2012 WO12052661**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.10.2011 E 11832109 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.08.2018 EP 2630219**

54 Título: **Dispositivo colector de energía solar**

30 Prioridad:

20.10.2010 FR 1058565

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

12.02.2019

73 Titular/es:

**CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (50.0%)
3, rue Michel-Ange
75016 Paris, FR y
INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE
TOULOUSE (50.0%)**

72 Inventor/es:

**FLAMANT, GILLES y
HEMATI, MEHRDJI**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 699 649 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

Dispositivo colector de energía solar

5 La presente invención tiene como objeto un dispositivo colector de energía solar. Se refiere, en particular, a un receptor solar adaptado para la recepción de al menos una suspensión densa de partículas fluidificadas por un gas y a un procedimiento de almacenamiento de energía solar.

10 La explotación racional de la energía solar necesita el almacenamiento de una parte del calor producido en las horas de exposición al sol para poder restituirla en las horas de consumo o, por lo menos, para asegurar la continuidad del funcionamiento durante los pasos nublados.

El documento US 4 290 779 describe un sistema de gasificación de materia carbonada utilizando la energía solar.

15 El documento DE 102 08 487 describe colector de energía solar que utiliza arena como medio de transferencia de energía térmica o como medio de almacenamiento.

20 En la configuración de este documento, la suspensión de partículas sólidas fluidificadas solo se forma en el receptor solar. El documento WO03/049853 describe un colector de energía solar que permite calentar unas partículas reactivas y, de este modo, realizar unas reacciones químicas que arrastran la producción de gas.

Para el almacenamiento del calor, se conoce que se utiliza el mismo fluido que el implementado como fluido de transferencia térmica (por ejemplo, una sal fundida).

25 De este modo, se puede utilizar vapor como fluido de transferencia térmica. Esta solución tiene como inconveniente, no obstante, una temperatura de funcionamiento limitada.

30 Se pueden utilizar, igualmente, como fluido de transferencia térmica unos aceites de síntesis o unas mezclas de sales fundidas y, en concreto, las mezclas de nitrato de potasio y de nitrato de sodio. La utilización de aceites de síntesis o de sales fundidas tiene como inconveniente que es peligrosa y que presenta una toxicidad elevada.

35 De este modo, se ha pensado en utilizar unas suspensiones de partículas sólidas para absorber la radiación solar, pero esta solución no ha sido satisfactoria, en concreto, debido a la escasa densidad de las suspensiones realizada y a las pérdidas de energía importantes relacionadas con la compresión del aire necesario para la puesta en suspensión.

La presente invención tiene como propósito remediar estos inconvenientes.

40 Propone, en particular, un dispositivo colector de energía solar que utiliza un fluido no tóxico y no peligroso y que permite transportar unas cantidades de calor elevadas.

De este modo, la invención tiene como objeto un dispositivo colector de energía solar.

45 El dispositivo según la invención, definido por la reivindicación independiente 10 y que comprende al menos todas las características de esta reivindicación, comprende al menos un receptor solar que está adaptado para la recepción de al menos una suspensión de partículas sólidas fluidificadas por un gas, circulando cada suspensión entre una entrada y una salida del receptor, estando el volumen de las partículas comprendido entre un 40 y un 55 % del volumen de la suspensión, estando el tamaño medio de las partículas comprendido entre 20 y 150 μm .

50 El volumen de las partículas puede estar comprendido entre un 45 y un 50 % del volumen de la suspensión.

La masa volumétrica de la suspensión puede estar comprendida entre 1.250 y 2.000 kg/m^3 .

55 Las partículas pueden ser unas partículas inertes de arena, de carburo de silicio, de alúmina, unas partículas metálicas, unas partículas de óxidos, de carburos o de nitruros metálicos o unas partículas reactivas.

60 En el caso en que las partículas son unas partículas reactivas, el receptor solar puede ser, igualmente, un reactor en el que se produce un tratamiento térmico del sólido o una reacción sólido-gas tal como el secado, la deshidratación, la descomposición, la descarbonatación o la reducción.

Las partículas pueden ser una mezcla de partículas inertes químicamente y de partículas reactivas y el receptor solar puede ser, igualmente, un reactor en el que se produce una reacción de aprovechamiento de productos orgánicos tal como pirolisis y gasificación.

65 El caudal de las partículas sólidas está comprendido ventajosamente entre 18 y 200 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Cada suspensión puede estar confinada en uno o varios tubos.

Cada tubo puede ser un tubo opaco de material metálico o cerámico.

5 Cada suspensión de partículas fluidificadas puede ser de flujo vertical ascendente o descendente.

El dispositivo puede comprender un elemento de almacenamiento destinado a almacenar las partículas calentadas procedentes del receptor solar, alimentando dicho elemento de almacenamiento un intercambiador de calor de lecho fluidificado.

10 El intercambiador de calor de lecho fluidificado puede alimentar de vapor una turbina de vapor.

El intercambiador de calor de lecho fluidificado puede alimentar una turbina de gas.

15 La invención tiene como objeto, igualmente, la utilización de un dispositivo descrito más arriba para una hibridación entre energía solar y biomasa.

La invención tiene como objeto, igualmente, un procedimiento de almacenamiento de energía solar, definido por la reivindicación independiente 1 y que comprende al menos todas las etapas descritas por esta reivindicación.

20 El procedimiento según la invención comprende una etapa de implementación, en un receptor solar, de al menos una suspensión de partículas sólidas fluidificadas por un gas, circulando cada suspensión entre una entrada y una salida del receptor, estando el volumen de las partículas comprendido entre un 40 y un 55 % del volumen de la suspensión, estando el tamaño medio de las partículas comprendido entre 20 y 150 μm .

25 El procedimiento puede implementarse en un dispositivo descrito más arriba.

Otras características y ventajas de la presente invención se pondrán de manifiesto de manera más clara con la lectura de la siguiente descripción dada a título de ejemplo ilustrativo y no limitativo y hecha con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

- 30
- la figura 1 ilustra de manera esquemática un dispositivo colector de energía solar según la invención, que implementa unas partículas como fluido de transferencia y como material de almacenamiento del calor,
 - la figura 2 ilustra un dispositivo según un primer modo de realización,
 - 35 - la figura 3 ilustra un dispositivo según un segundo modo de realización y
 - las figuras 4 y 5 ilustran las posibilidades de implementación del dispositivo en un receptor solar.

El dispositivo 1, tal como se ilustra en la figura 1, comprende un receptor solar 2 que utiliza unas suspensiones densas de partículas en un gas de flujo vertical, ascendente o descendente, en unos tubos que constituyen los elementos activos del receptor 2. Estos tubos, metálicos o cerámicos, están sometidos a una radiación solar concentrada con la ayuda de medios de concentración 3, por ejemplo, con la ayuda de un campo de heliostatos.

40 La radiación absorbida por los tubos se transmite por conducción hacia la suspensión que se calienta con el contacto de las paredes calientes. Esta suspensión circula entre la entrada y la salida del receptor solar 2 y, de este modo, asegura el transporte de la energía absorbida hacia un conjunto de almacenamiento y de conversión de energía. Este conjunto de "almacenamiento-conversión" comprende un elemento 4 de almacenamiento caliente conectado a la salida del receptor solar 2.

50 El elemento 4 de almacenamiento caliente está destinado a almacenar las partículas calentadas procedentes del receptor solar 2 y puede alimentar un intercambiador de calor 5 de lecho fluidificado en el que las partículas ceden su energía a unos tubos sumergidos en los que se calienta un fluido de trabajo, por ejemplo, vapor, pudiendo este vapor distenderse en una turbina de vapor 6. El fluido de trabajo puede ser, igualmente, un gas, en este caso, se utilizará una turbina de gas. Una turbina es un dispositivo convencional de producción de electricidad.

55 Las partículas enfriadas se evacúan del intercambiador 5, circulando las partículas de manera conocida y se dirigen hacia un elemento 7 de almacenamiento frío que está conectado a la entrada del receptor solar 2.

La suspensión de partículas utilizada en el receptor solar 2 se pone en movimiento por un gas en un tubo o cualquier otro continente equivalente.

60 El tamaño medio de las partículas de la suspensión está comprendido entre 20 y 150 μm . Se pueden utilizar, por ejemplo, unas partículas del grupo A de la clasificación de Geldart. El tamaño medio de las partículas puede determinarse, por ejemplo, por granulometría láser.

65 El tamaño medio de las partículas es lo suficientemente pequeño como para evitar una fluidificación heterogénea y lo suficientemente grande como para evitar la formación de agregados y una mala fluidificación. Este tamaño medio

de partículas permite, además, realizar la puesta en fluidificación de la suspensión con unas velocidades de gas escasas, del orden de algunos cm/s. Esta propiedad constituye una ventaja con respecto a las soluciones convencionales de puesta en suspensión de las partículas por lecho circulante que necesitan unas velocidades de gas del orden de varios m/s, ya que el gasto energético debido a la compresión del gas se reduce.

5 Se trata de una suspensión densa de partículas, es decir, cuya porosidad es igual a como mínimo la de fluidificación y que está comprendida entre un 40 y un 55 % y preferentemente entre un 45 y un 50 %. La porosidad es lo suficientemente pequeña como para fluidificar las partículas y lo suficientemente grande como para evitar la formación de un lecho diluido con un transporte de calor y un intercambio térmico con la pared escasos.

10 En estas condiciones, la masa volumétrica de la suspensión está comprendida ventajosamente entre 1.250 y 2.000 kg/m³. Por ejemplo, siendo la masa volumétrica de la arena de 2.500 kg/m³, una suspensión de partículas de arena que tenga una porosidad de un 50 % tendrá una masa volumétrica de 1.250 kg/m³, esto es, una masa volumétrica aproximadamente 1.000 veces superior a la del aire a presión atmosférica. En consecuencia, la casi totalidad de la energía se transporta por el sólido y el medio posee las propiedades de un casi líquido.

15 El caudal de las partículas sólidas está comprendido ventajosamente entre 18 y 200 kg.m⁻².s⁻¹. De este modo, es lo suficientemente pequeño como para procurar una buena conducción y para evitar las pérdidas de carga relacionadas con la potencia de bombeo del aire y lo suficientemente grande como para evitar el sobrecalentamiento de los tubos y, de este modo, hacer seguro el dispositivo.

20 El coeficiente de intercambio local entre la pared que recibe la radiación solar concentrada y la suspensión de partículas puede ser del orden de 500 a 1.000 W.m⁻².°C⁻¹, esto es, un coeficiente aproximadamente 10 veces superior al coeficiente de intercambio entre un gas y una pared y del mismo orden de magnitud que el de entre un líquido y una pared.

25 El receptor solar 2 puede comprender uno o varios intercambiadores multitubulares que son los módulos absorbedores del receptor 2. Las paredes de los tubos cuyo diámetro está comprendido, por ejemplo, entre 30 mm y 100 mm se calientan por la radiación solar, mientras que en el interior de los tubos circula la suspensión densa de partículas sólidas. Las filas de los tubos pueden sustituirse por unos lechos fluidificados de forma paralelepípedica de escaso espesor.

Se pueden considerar dos configuraciones para la realización del receptor solar 2.

35 En un primer modo de realización, la suspensión es de flujo vertical descendente. Según las condiciones operativas consideradas, se pueden observar dos regímenes de flujo de la suspensión gas-sólido: un intercambiador de flujo denso descendente fluidificado o un lecho móvil.

40 Este primer modo de realización se ilustra en la figura 2, en la que los elementos idénticos a los de la figura 1 llevan las mismas referencias. A la entrada del receptor 2, un recipiente tampón fluidificado 8 alimenta un haz de tubos. En la salida del receptor 2, un lecho fluidificado recupera las partículas sólidas calientes antes de encaminarlas hacia el recipiente de almacenamiento caliente 4. El recipiente tampón 8 está alimentado de partículas por un recipiente de alimentación 9. El recipiente de alimentación 9 está fluidificado, igualmente, por aire, de manera que se cree un movimiento de partículas y que se homogenice la temperatura de las partículas.

45 La suspensión de partículas fluye, de este modo, de arriba a abajo, desde el recipiente tampón 8 hacia el extremo inferior del receptor 2.

50 En esta configuración, el caudal de las partículas sólidas, así como el caudal residual del aire en los tubos se controlan gracias a la regulación de la presión en el recipiente de almacenamiento caliente 4. Según el valor de la velocidad de deslizamiento local, que es la diferencia entre la velocidad de las partículas y la velocidad del gas, se puede realizar la operación en:

- 55 - lecho móvil (velocidad de deslizamiento < velocidad mínima de fluidificación),
- flujos densos descendentes fluidificados homogéneos (velocidad mínima de fluidificación < velocidad de deslizamiento < velocidad mínima de burbujeo),
- flujos densos descendentes fluidificados con burbujas (velocidad de deslizamiento > velocidad mínima de burbujeo).

60 En un segundo modo de realización, tal como se ilustra en la figura 3, la suspensión es de flujo vertical ascendente. Las partículas circulan desde el recipiente de alimentación 9 en dirección del lecho fluidificado situado en el extremo inferior del receptor solar 2, luego suben de nuevo en los tubos del receptor 2 en dirección del recipiente tampón 8 situado en el extremo superior del receptor 2. Las partículas calentadas en el receptor 2 circulan, a continuación, desde el recipiente tampón 8 hasta el recipiente de almacenamiento caliente 4 situado debajo del receptor 2.

65 La figura 4 muestra la implementación del dispositivo en un receptor solar, por ejemplo, según el primer modo de

realización (puede adaptarse, igualmente, al segundo modo). El dispositivo 1 puede comprender, de este modo, cuatro módulos receptores solares 2, alimentados por un único recipiente de alimentación 9. Las partículas recalentadas por los receptores solares 2 se encaminan hacia un único recipiente de almacenamiento caliente 4. Los receptores solares 2 pueden estar alumbrados por un campo de heliostatos circular o norte-sur (receptor de tipo cavidad), como se ilustra en la figura 5.

De este modo, de conformidad con la invención, las suspensiones densas de partículas sólidas fluidificadas por un gas permiten unas temperaturas de funcionamiento elevadas, superiores o iguales a 600 °C, ideales para las centrales y reactores solares de producción de electricidad o de calor, así como para el calentamiento solar de reactores químicos para la producción, por ejemplo, de hidrógeno.

El dispositivo según la invención presenta, de este modo, unas numerosas ventajas:

- dominar el consumo parásito de energía de compresión de aire necesario para la puesta en suspensión,
- operar a unas temperaturas superiores a las de los fluidos de transferencia convencionales, tales como las sales fundidas o el vapor cuya temperatura límite de utilización es de aproximadamente 550 °C,
- utilizar un casi fluido no tóxico y no peligroso con respecto a los fluidos de transferencia utilizados convencionalmente en las centrales solares, como los aceites de síntesis y las sales fundidas que son, respectivamente, inflamables y comburentes,
- implementar un medio que puede servir a la vez como fluido de transferencia y como material de almacenamiento.

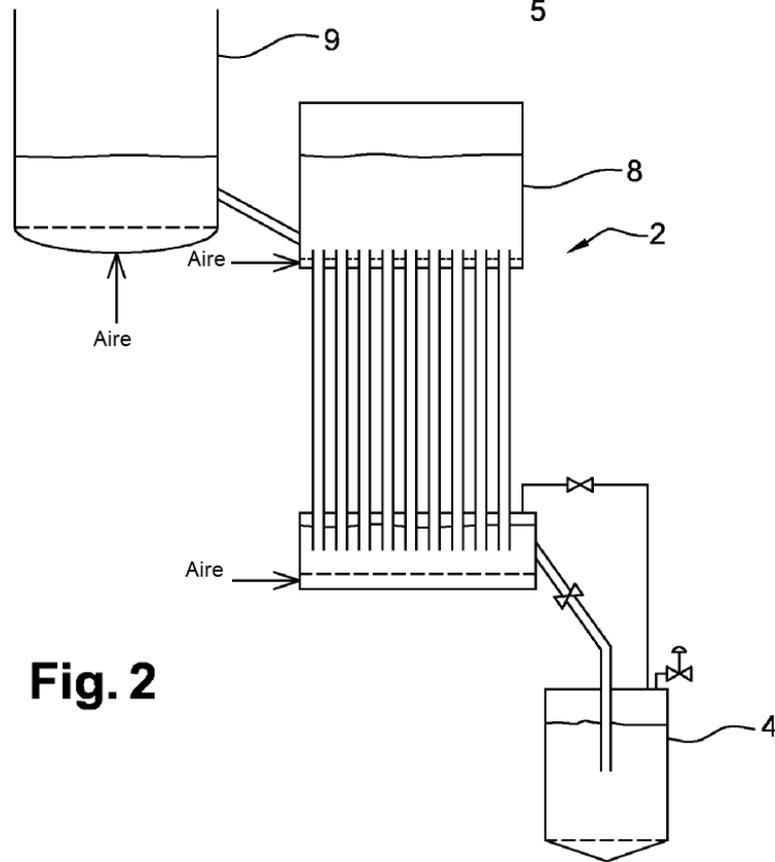
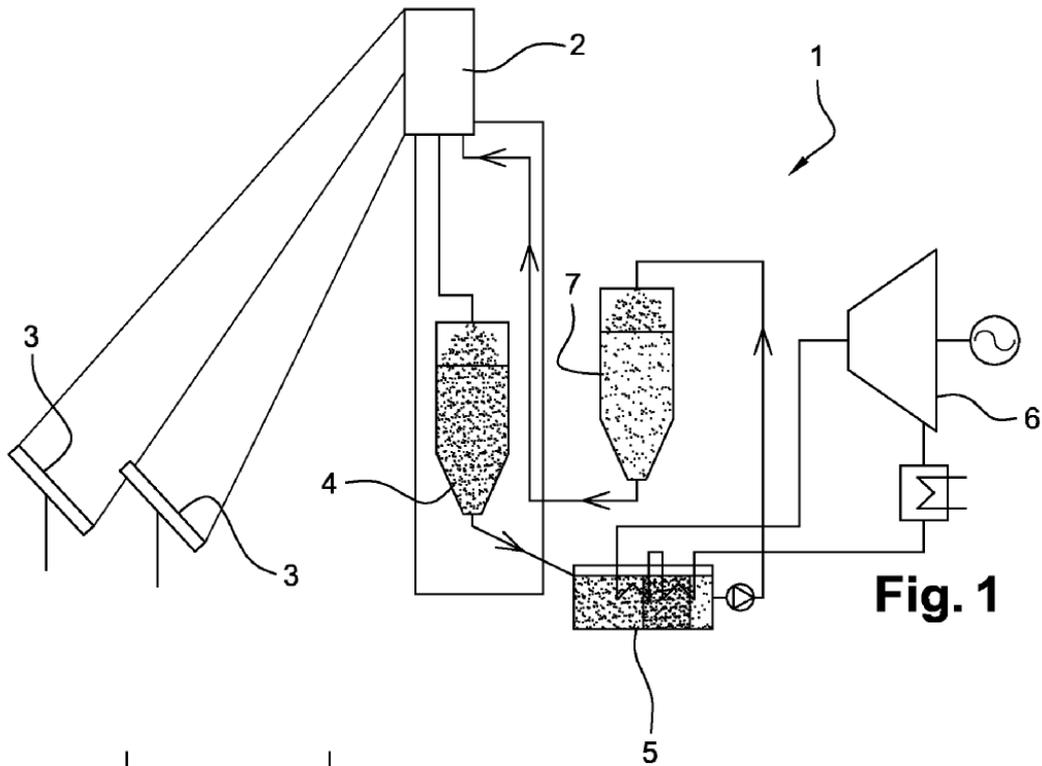
El dispositivo según la invención permite, además, realizar fácilmente una hibridación entre energía solar y biomasa a través de un intercambiador/reactor de lecho fluidificado implementado para producir vapor.

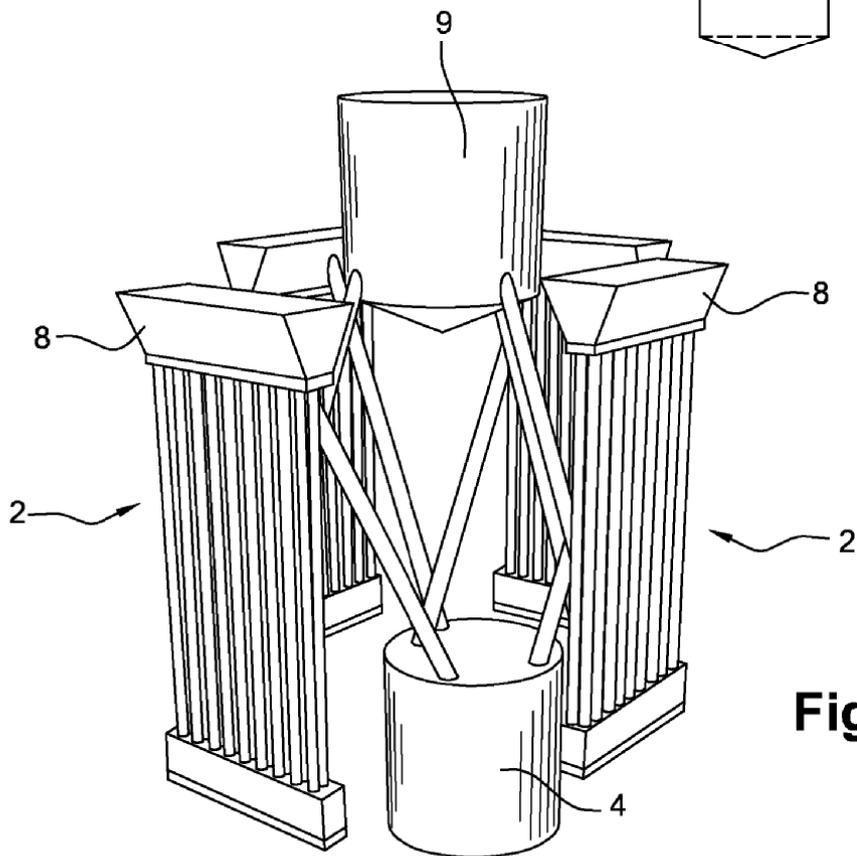
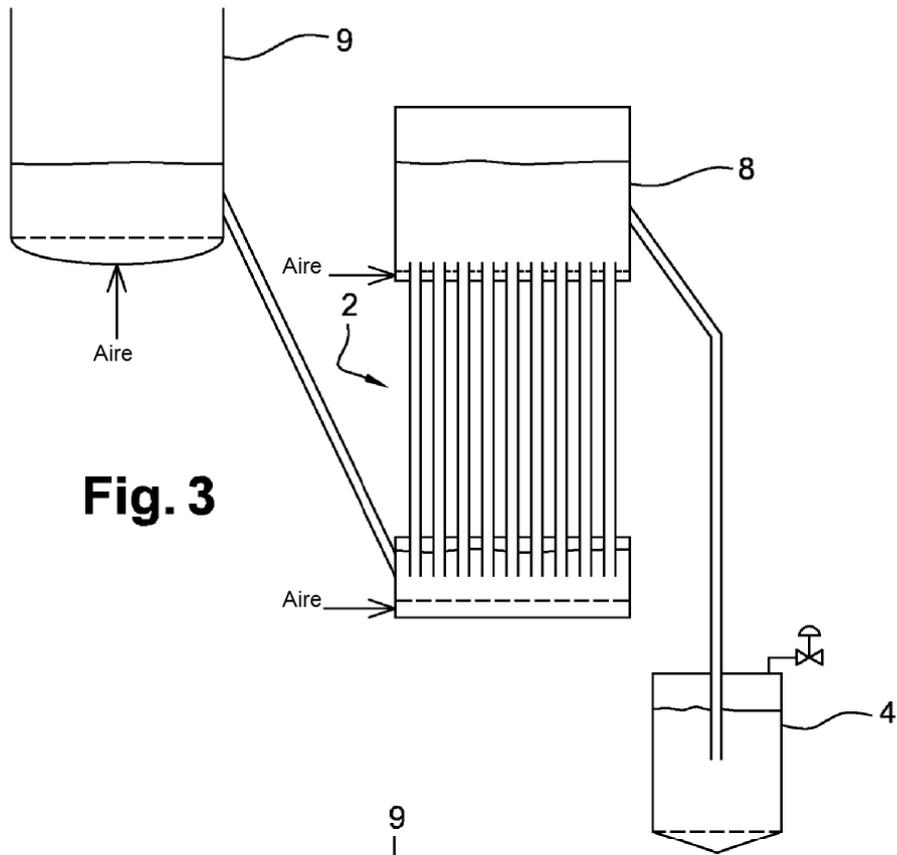
Además, unas suspensiones de este tipo pueden servir también para calentar un reactor químico en el que se realizan unas reacciones endotérmicas, tales como unos ciclos termoquímicos de producción de hidrógeno por vía solar o el tratamiento de sólidos.

30

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de almacenamiento de energía solar, que comprende una etapa de implementación, en un receptor solar (2), de al menos una suspensión de partículas sólidas fluidificadas por un gas, circulando cada suspensión entre una entrada y una salida del receptor (2), estando el volumen de las partículas comprendido entre un 40 y un 55 % del volumen de la suspensión, estando el tamaño medio de las partículas comprendido entre 20 y 150 μm .
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la etapa de implementación se realiza con un volumen de las partículas comprendido entre un 45 y un 50 % del volumen de la suspensión.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que la etapa de implementación se realiza con una suspensión cuya masa volumétrica está comprendida entre 1.250 y 2.000 kg/m^3 .
4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que la etapa de implementación se realiza con unas partículas elegidas de entre unas partículas inertes de arena, de carburo de silicio, de alúmina, unas partículas metálicas, unas partículas de óxidos, de carburos o de nitruros metálicos o unas partículas reactivas.
5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado por que la etapa de implementación se realiza con unas partículas reactivas y por que el receptor solar (2) es, igualmente, un reactor en el que se produce un tratamiento térmico del sólido o una reacción sólido-gas tal como el secado, la deshidratación, la descomposición, la descarbonatación o la reducción.
6. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado por que la etapa de implementación se realiza con una mezcla de partículas inertes químicamente y de partículas reactivas y por que el receptor solar (2) es un reactor en el que se produce una reacción de aprovechamiento de productos orgánicos tal como pirolisis y gasificación.
7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que, durante la etapa de implementación, el caudal de las partículas sólidas está comprendido entre 18 y 200 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.
8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que, durante la etapa de implementación, cada suspensión está confinada en uno o varios tubos.
9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que, durante la etapa de implementación, cada suspensión de partículas fluidificadas es de flujo vertical ascendente o descendente.
10. Dispositivo (1) colector de energía solar, que comprende al menos un receptor solar (2) adaptado para la recepción de al menos una suspensión de partículas sólidas fluidificadas por un gas, circulando cada suspensión entre una entrada y una salida del receptor (2), caracterizado por que
 - el volumen de las partículas está comprendido entre un 40 y un 55 % del volumen de la suspensión, el tamaño medio de las partículas está comprendido entre 20 y 150 μm y el caudal de las partículas está comprendido entre 18 y 200 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ y
 - el dispositivo comprende un elemento de almacenamiento (4) destinado a almacenar las partículas calentadas procedentes del receptor solar (2), alimentando dicho elemento de almacenamiento (4) un intercambiador de calor (5) de lecho fluidificado.
11. Dispositivo (1) según la reivindicación 10, caracterizado por que cada suspensión está confinada en uno o varios tubos.
12. Dispositivo (1) según la reivindicación 11, caracterizado por que cada tubo es un tubo opaco de material metálico o cerámico.
13. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 10 a 12, caracterizado por que cada suspensión de partículas fluidificadas es de flujo vertical ascendente o descendente.
14. Dispositivo (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, caracterizado por que el intercambiador de calor (5) de lecho fluidificado alimenta de vapor una turbina de vapor (6) o alimenta una turbina de gas.
15. Utilización de un dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 10 a 14 o del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, para una hibridación entre energía solar y biomasa.





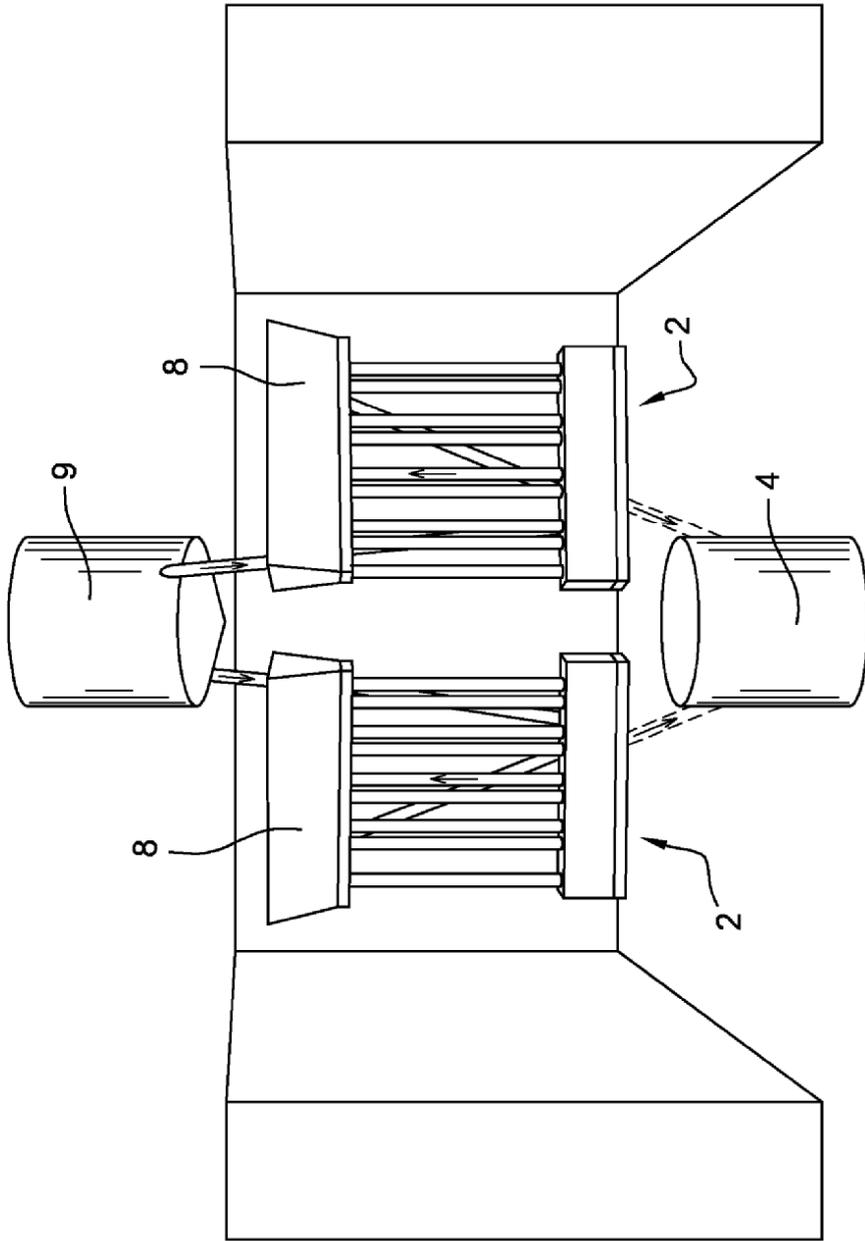


Fig. 5