

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 527 537**

51 Int. Cl.:

F28D 13/00 (2006.01)

F24J 2/07 (2006.01)

F24J 2/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.04.2011 E 11723658 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.10.2014 EP 2564127**

54 Título: **Dispositivo y método para almacenamiento y transferencia de energía térmica**

30 Prioridad:

29.04.2010 IT RM20100203

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

26.01.2015

73 Titular/es:

**MAGALDI INDUSTRIE S.R.L. (100.0%)
Via Irno 219
84135 Salerno, IT**

72 Inventor/es:

**MAGALDI, MARIO;
DE MICHELE, GENNARO y
SALATINO, PIERO**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 527 537 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 y método para almacenamiento y transferencia de energía térmica

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un dispositivo para almacenamiento y transporte de energía térmica, en particular de origen solar, preferentemente para un uso posterior o concurrente de la misma para la producción de energía eléctrica.

10

Antecedentes de la invención

Es conocido almacenar energía solar, para un uso posterior, concentrada mediante helióstatos, fijos o de seguimiento, en el interior de un receptor que consiste en un bloque de material que tiene una elevada conductividad térmica (típicamente grafito). Dicho bloque porta generalmente una cavidad adecuadamente orientada sobre la cual están dirigidos dichos helióstatos. El bloque receptor, además, está típicamente vinculado a un intercambiador de calor que tiene unos haces de tuberías inmersos en el mismo bloque y atravesados por un fluido de servicio – o fluido portador, típicamente agua, en estado de líquido o vapor a una alta temperatura. El calor almacenado en el bloque receptor se transfiere a dicho fluido de servicio a fin de producir vapor o calor para plantas industriales.

20

En un sistema para almacenar energía solar en bloque de grafito del tipo descrito anteriormente, las temperaturas en juego pueden estar en el intervalo de 400 °C a 2000 °C. El límite superior de temperatura está vinculado a la resistencia térmica del intercambiador de calor, y en particular a los haces de tuberías metálicas del mismo. En particular, en relación a la diferencia de temperatura entre el fluido entrante y las tuberías del intercambiador, las condiciones termodinámicas del fluido pueden cambiar tan rápidamente como para crear fuertes sollicitaciones del metal de los tubos (choques térmico y mecánico), tales para someter a los intercambiadores de calor a condiciones físicas extremas, con el riesgo de tensiones internas excesivas y consecuente rotura.

25

Además, una dificultad de los sistemas descritos es asegurar la continuidad en la cantidad de calor extraída por el acumulador, puesto que la etapa de almacenamiento está ligada a las condiciones atmosféricas y a los ciclos día / noche. Los sistemas conocidos son por lo tanto poco versátiles en términos de capacidad de adaptación a las exigencias energéticas valle.

30

En general, además, los sistemas conocidos no están optimizados en términos de eficiencia de uso y conversión de la energía eléctrica entrante.

35

El documento US 4,384,569 divulga un sistema colector / de almacenamiento de energía solar en el que un fluido de servicio fluye en un conducto en el interior de un contenedor relleno con un material absorbente del calor poroso y sólido.

40

El documento US 2009/322089 divulga un receptor de energía solar y una unidad de almacenamiento que tiene un núcleo de material refractario y uno o más canales de fluido en el interior del núcleo.

45

El documento US 4,401,103 divulga un aparato para la conversión de energía solar que tiene una cámara de almacenamiento y medios para la circulación de un fluido entre un objetivo solar y la cámara.

Sumario de la invención

El problema técnico en la base de la presente invención es por lo tanto superar los inconvenientes mencionados con referencia a la técnica anterior.

50

El problema anterior se soluciona mediante un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, mediante una planta, preferentemente para la producción de energía, comprendiendo al mismo y mediante un método de acuerdo con la reivindicación 17.

55

El objeto de las reivindicaciones independientes 1 y 17 difieren del documento US 4384569 por el hecho de que el almacenamiento de energía térmica es un lecho de partículas y por el hecho de que en uso, el gas de fluidización mueve las partículas del lecho provocando o fomentando un intercambio de calor entre las propias partículas y los haces de tuberías.

60

Las características preferidas de la invención están contenidas en las reivindicaciones dependientes.

Una ventaja importante de la invención consiste en el hecho de que permite obtener un almacenamiento de energía térmica de origen solar de una manera eficiente y fiable, minimizando las sollicitaciones térmicas de los intercambiadores e incrementando la eficiencia del intercambio térmico al fluido portador, gracias al uso de un lecho granular fluidizable que puede realizar un función doble de almacenamiento de calor y de portador térmico. En la

65

base de dicho uso, están las características favorables de intercambio térmico de los lechos fluidizados y el transporte convectivo eficaz del calor posterior a la movilidad de la fase granular. Ambas características están ligadas a la posibilidad de conferir comportamiento reológico a un sólido granular que es comparable a aquél de un fluido, realmente gracias a la fluidización del mismo.

5 Además, gracia a la posibilidad de fluidización controlada y selectiva de los medios granulares de almacenamiento, se asegura una mejor continuidad de extracción de calor y una capacidad optimizada de adaptación a las exigencias energéticas valle.

10 Además, una mayor flexibilidad de la producción de energía es posible quemando combustible gaseoso en el interior del lecho fluidizado, como se aclarará mejor en la descripción detallada de las realizaciones preferidas desarrolladas más adelante.

15 Ventajas adicionales, características y los métodos de uso de la presente invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de algunas realizaciones de la misma, ilustradas a modo de ejemplo no limitativo.

Breve descripción de las figuras

Se hará referencia a las figuras de los dibujos adjuntos, en las cuales:

- 20 - la figura 1 muestra un diagrama de un sistema que incorpora una realización preferida de un dispositivo para almacenamiento y transporte de energía térmica de acuerdo con la invención, dotado con una única cavidad de alojamiento;
- la figura 1a muestra una vista en planta del dispositivo de la figura 1, mostrando la modularidad de un lecho fluidizable de partículas del mismo dispositivo;
- 25 - la figura 2 muestra un diagrama de un sistema relativo a una primera realización del dispositivo de la figura 1, dotado con múltiples cavidades de alojamiento;
- la figura 3 muestra un diagrama de un sistema relativo a una segunda realización del dispositivo de la figura 1, en el que el lecho fluidizable de partículas está directamente expuesto a una cavidad de alojamiento y están previstos unos medios de almacenamiento de bloque adicionales, dispuestos en la periferia de dicho lecho fluidizable;
- 30 - la figura 4 muestra un diagrama de un sistema relativo a una tercera realización del dispositivo de la figura 1, en el que el lecho fluidizable de partículas está directamente expuesto a múltiples cavidades de alojamiento y está previsto un lecho fluidizable adicional para la transferencia del calor a los tubos de un intercambiador;
- la figura 5 muestra un diagrama de un sistema relativo a una cuarta realización del dispositivo de almacenamiento de la figura 1, presentando un lecho fluidizable doble como en la figura 4, pero con una única cavidad central de alojamiento; y
- 35 - la figura 6 muestra un dispositivo del tipo mostrado en las figuras anteriores insertado en un sistema que no está provisto de una combustión de gas combustible y que tiene un circuito cerrado de un gas de fluidización.

Descripción detallada de realizaciones preferidas

40 Con referencia inicialmente a las figuras 1 y 1a, se muestra un dispositivo para almacenamiento y transferencia de energía térmica de acuerdo con una realización preferida de la invención, a modo de ejemplo, como insertado en una planta para la producción de energía eléctrica indicada de forma general con la referencia numérica 100.

45 El sistema 100 comprende uno o más dispositivos para el almacenamiento y transferencia de energía térmica, uno de los cuales está indicado de forma general con la referencia numérica 1 (por simplicidad, la figura 1 solo muestra un dispositivo).

50 El dispositivo 1 es apto para almacenar la energía térmica que se origina a partir de una radiación solar transportada / concentrada sobre el mismo por ejemplo mediante helióstatos fijos o de seguimiento.

El dispositivo 1 comprende una cubierta de contención 2 preferentemente de metal y aislada térmicamente en su interior para reducir así al mínimo la dispersión de calor al ambiente exterior.

55 La cubierta 2 porta una cavidad 20 en la que se concentra la energía solar.

Se procura una entrada de alimentación 21 sobre la cubierta 2 para un gas de fluidización, el papel de la cual se aclarará más adelante.

60 En una porción superior de la cubierta 2, el dispositivo 1 está dotado con un conducto de desagüe 5 para los medios de fluidización, el papel del cual también se aclarará más adelante.

En el presente ejemplo – y como se entiende mejor en la figura 1a – el dispositivo 1 tiene una geometría generalmente cilíndrica, con la cavidad 20 dispuesta centralmente y presentando un desarrollo en forma de cúpula.

65

5 En el interior de la cubierta 2 hay dispuestos unos medios de almacenamiento 30, preferentemente conformados como un bloque monolítico de grafito o comprendiendo grafito y obtenido por ejemplo mediante compactación de material granular. En la presente realización, los medios de almacenamiento 30 están dispuestos inmediatamente en correspondencia a la cavidad 20, para definir así las paredes periféricas de la misma y por lo tanto estar directamente impactadas por la radiación solar concentrada en la misma cavidad 20.

10 En correspondencia con la entrada de la cavidad 20 puede estar dispuesta una placa 13 de un material sensiblemente transparente, preferentemente cuarzo. Preferentemente, la placa 13 está adecuadamente tratada de modo que resulta permeable a la radiación solar que entra en la cavidad e impermeable a la radiación infrarroja saliendo de la misma. La placa 13 tiene por lo tanto la función de aislar la cavidad 20 de alojamiento del medio ambiente exterior, minimizando las pérdidas por radiación desde el interior del dispositivo 1.

15 Las paredes de la cavidad 20 pueden tener además un revestimiento metálico 31 o un revestimiento equivalente – mostrado de forma puramente esquemática en la figura 1 – que preserva a los medios de almacenamiento 30 frente a la oxidación y eventualmente retiene una posible dispersión de partículas finas procedentes de los mismos medios de almacenamiento, por ejemplo si se utiliza grafito sometido a desgaste.

20 Pueden proveerse variantes de realizaciones para un material diferente para el bloque de almacenamiento 30 anterior, siempre y cuando tenga unas elevadas conductividad y capacidad térmicas que permitan una rápida difusión de calor dentro del mismo bloque y una maximización de la cantidad de calor almacenado.

25 En el interior de la cubierta 2 y circunscrito al bloque de almacenamiento monolítico 30 hay provisto, de acuerdo con la invención, un lecho fluidizable de partículas, indicado de forma general con la referencia numérica 3. Las partículas del lecho 3 también son aptas para el almacenamiento de energía térmica y están hechas de un material adecuado para el almacenamiento térmico y de acuerdo con características preferidas descritas más adelante.

Los haces de tuberías 4 de un intercambiador de calor, los cuales están atravesados en uso por un fluido de servicio, están dispuestos en el interior del lecho de partículas 3, o en las proximidades del mismo.

30 Tal y como se menciona anteriormente, la entrada 21 del dispositivo 1 es adecuada para permitir la entrada a la cubierta 2 - y específicamente a través del lecho de partículas 3 – de un gas de fluidización, típicamente aire. En particular, la disposición general es tal que el gas puede mover las partículas del lecho 3 para generar así un flujo / movimiento correspondiente de partículas adecuado para el intercambio de calor entre las partículas y los haces de tuberías 4.

35 En la entrada 21 hay provisto un compartimiento de distribución del gas de fluidización, adecuado para permitir la entrada del último mientras se asegura un soporte para el lecho de partículas 3.

40 Un separador de polvo 6, típicamente con impactadores de inercia o dispositivos equivalentes con pérdidas bajas de carga y funcionamiento por ciclón, se coloca en línea con el conducto de desagüe 5 y proporciona un desempolvado del gas de salida, devolviendo a las partículas separadas del gas en el interior de la cubierta 2.

45 La posición de los haces de tuberías 4 relativa al lecho de partículas, o mejor la exposición de la superficie de las tuberías relativas al lecho de partículas, es tal para maximizar así la cantidad de calor intercambiado, la última siendo proporcional al producto del coeficiente de intercambio térmico y de la superficie involucrada en el mismo intercambio térmico.

50 Los haces de tuberías 4 pueden estar inmersos o parcialmente inmersos en el lecho de partículas 3 (como en el ejemplo de la figura 1) u orientados al mismo. La elección depende de la modalidad de gestión que se pretende usar para el dispositivo y de la altura mínima y máxima del lecho de partículas 3 al variar la velocidad del gas de fluidización. En particular, al aumentar dicha velocidad, aumenta la superficie del haz de tuberías involucradas en dicho intercambio térmico.

55 Como se muestra en la figura 1a, preferentemente el lecho de partículas 3 está dividido en múltiples secciones, opcionalmente mediante separadores 330, presentando una estructura modular que permite una fluidización selectiva del mismo, mediante una compartimentación del área de fluidización y una alimentación de gas solo a las porciones del lecho seleccionables de acuerdo a las exigencias específicas de funcionamiento.

60 La alimentación del gas de fluidización 21 a la entrada 21 del dispositivo 1 tiene lugar mediante los medios de alimentación de la planta 100 que comprenden conductos de alimentación 210 conectados a medios de circulación forzada 8, típicamente uno o más ventiladores. En particular, los medios de alimentación definen un circuito que recoge el gas, preferentemente aire del ambiente, el cual se introduce en la entrada 21 del dispositivo 1 y curso abajo de la misma, atraviesa el conducto 5, hacia los medios de desempolvado 6 y hacia un intercambiador 7 para precalentar el fluido de servicio. Está provisto además un colector 14, o caja de aire, para la entrada del gas de fluidización.

65

Los medios de alimentación pueden controlarse selectivamente para variar la velocidad del gas de fluidización y de este modo el coeficiente de intercambio térmico global entre las partículas del lecho 3 y los haces de tuberías 4.

5 De hecho, variando la velocidad de atravesamiento del gas se puede controlar y modificar el coeficiente de intercambio térmico global del lecho fluidizado frente al bloque de almacenamiento y el fluido de servicio, con la consiguiente flexibilidad de regulación de la cantidad de potencia térmica transferida. Este efecto es especialmente útil para la regulación de la cantidad de calor transferida desde los medios de almacenamiento al fluido de servicio a través del lecho de partículas, debido a las condiciones de radiación solar en función de la carga requerida.

10 El régimen de fluidización del lecho de partículas es preferentemente la ebullición, o en cualquier caso aquel tal para maximizar el coeficiente de intercambio térmico y minimizar el transporte de partículas finas en el gas de fluidización. A tal fin, la elección del material de las partículas del lecho se basa en las características térmicas de elevadas conductividad y difusividad térmicas del material constituyente de dichas partículas y en particular en la baja abrasividad para responder a la necesidad de minimizar el fenómeno de erosión tanto del bloque de almacenamiento como de las partículas del mismo lecho, para limitar así la producción y transporte de partículas finas en el gas de fluidización. En base a estas consideraciones, una configuración preferida privilegia el uso, para las partículas del lecho 3, de un material granular inerte a la oxidación, con forma regular, preferentemente esférica y/o preferentemente de dimensiones dentro del intervalo de 50 – 200 micras; y tal que dichas dimensiones sean preferentemente nativas, es decir, que no resulten de la agregación de partículas de dimensiones menores.

20 Cuando sea necesario, es posible proporcionar una superficie de una elevada conductividad térmica 32 para proteger la porción de bloque de almacenamiento involucrado en la acción del lecho de material granular.

25 En cuanto al fluido de servicio, en el presente ejemplo y en la configuración preferida, éste es agua que atraviesa los haces de tuberías 4 y por el efecto del calor intercambiado en el lecho fluidizado, vaporiza.

30 El circuito de fluido de servicio está dotado con conductos 90 que definen los haces de tuberías 4 dentro del dispositivo 1, y en el ejemplo dado en la figura 1 están provistos de una turbina de vapor 10 conectada a un generador de energía eléctrica, un condensador 11, una bomba de alimentación 12 y el intercambiador de calor 7 que actúa como precalentador.

35 Todo el dispositivo 1 está aislado térmicamente y si el o los materiales constituyentes del bloque de almacenamiento 30 y/o el lecho de partículas 3 no es / son inertes al aire (es decir, pueden sufrir fenómeno de oxidación), es necesaria la evacuación del aire del ambiente interior del dispositivo 1 y/o una ligera sobrepresión del ambiente interno realizada con un gas inerte. En tal caso, el gas de fluidización del lecho de partículas ha de ser inerte y el circuito de alimentación de dicho gas ha de estar cerrado como se ilustra en la figura 6.

40 El dispositivo 1 está dotado de un sistema de cierre de la cavidad de alojamiento (sistema no ilustrado en la figura), aislado térmicamente, que evita la dispersión de energía térmica desde dicha cavidad al ambiente exterior. Dicho sistema de cierre, eventualmente automático, está accionado durante el periodo nocturno.

45 En una variante de realización, el dispositivo de almacenamiento 1 está asociado a un reflector / concentrador secundario, no mostrado en las figuras, posicionado en la entrada de la cavidad 20 y de este modo alrededor de la abertura de la cubierta 2 que permite el acceso de la radiación concentrada de los helióstatos.

50 Dicho reflector secundario, gracias a una superficie interna de espejo conformada adecuadamente por ejemplo con un perfil parabólico o hiperbólico, permite recuperar una parte de la radiación reflejada que no alcanzaría la cavidad 20. De hecho, una parte de la radiación reflejada por los helióstatos, por motivos debidos a imperfecciones de las superficies y/o el apuntamiento de los mismos, no entra en la abertura de la cavidad y por lo tanto se perdería.

55 Una posible alternativa consistiría en obtener una entrada de la cavidad más ancha: sin embargo, esta solución aumentaría considerablemente la radiación de la misma cavidad hacia el ambiente exterior, con el resultado de una pérdida de una parte considerable de la potencia. El uso de un concentrador secundario también permite liberar los compromisos de diseño en relación con la precisión de la curvatura del helióstato, lo cual provoca una variación de la dimensión del rayo reflejado sobre el receptor. Además, el uso de dicho concentrador secundario permite usar helióstatos planos, con un área no superior a la superficie de la entrada. Este aspecto tiene una gran influencia sobre el coste total de la tecnología: los espejos planos son muy económicos y el coste de los helióstatos representa típicamente sobre la mitad del coste total de un sistema.

60 La orientación del concentrador local descrito anteriormente sigue la orientación y la posición de la cavidad orientada al campo de los helióstatos.

65 Es particularmente ventajoso el uso conjunto de la ya mencionada placa de cuarzo 13, u otro material transparente, y del concentrador secundario, dispuesto en la entrada de la cavidad de alojamiento, contribuyendo ambos a aumentar el factor de absorción de la energía solar disponible.

En base a otra variante de realización a la cual se refiere la figura 2, el dispositivo de la invención – indicado aquí con la referencia numérica 102 e introducido en una planta 101 – puede estar dotado con múltiples cavidades de alojamiento, mostrándose dos cavidades 201 y 202 en la figura para el ejemplo descrito. La presencia de múltiples cavidades permite mitigar los flujos térmicos que afectan a las paredes interiores de la cavidad única y reducir las temperaturas de funcionamiento, aumentando la competitividad y las prestaciones de los materiales usados como revestimiento de la cavidad. En este caso, las características descritas anteriormente haciendo referencia a la realización de las figuras 1 y 1a para la cavidad 20 única son las mismas para cada cavidad 201 y 202.

A diferencia del dispositivo de almacenamiento descrito en relación a la figura 1, el dispositivo 102 proporciona que el lecho de partículas 3 esté dispuesto centralmente y que el bloque de almacenamiento monolítico o granular, designado con la referencia numérica 301, esté dispuesto lateralmente al lecho.

A lo largo de la línea del fluido de servicio de la planta 101 hay dispuesto un eliminador de gases 40 con un sangrado a la turbina y, curso arriba del mismo, una bomba de extracción 120 o unos medios equivalentes.

Para el resto, el dispositivo 102 y el sistema 101 son similares a aquellos ya descritos con referencia a la figura 1.

Haciendo referencia a la figura 3, una variante adicional de realización del dispositivo de la invención, designada con la referencia numérica 104 e insertada en un sistema 103, prevé que el material granular que constituye el lecho 3 fluidizable reciba la energía térmica solar directamente de las superficies de la cavidad de alojamiento 20 y por lo tanto sirva como unos medios de almacenamiento además de servir como portador térmico. Cualquier posible material adicional de almacenamiento, indicado con la referencia numérica 300, puede estar posicionado en la periferia del lecho fluidizable. En esta configuración el lecho de partículas, cuando se fluidiza, recoge energía térmica de las paredes de la cavidad de alojamiento y la transfiere tanto al haz de tuberías 4 del intercambiador de calor como a las superficies de los medios de almacenamiento 300, si está presente. Como ya se ha dicho, la velocidad de transferencia de calor, es decir, el coeficiente de intercambio térmico está regulado por la velocidad del aire de fluidización.

En presencia de radiación solar, la energía solar se concentra en la cavidad 20, y mediante la fluidización del lecho de partículas, la energía térmica se transfiere en parte a las tuberías del intercambiador 4 y en parte a los medios de almacenamiento 300. La dirección de transferencia de calor es desde la cavidad 20 al lecho de partículas 3 y por lo tanto al intercambiador 4 y a los medios de almacenamiento 300, estando los mismos a temperatura más baja que el material granular 3 y en contacto directo con la cavidad 20.

En ausencia de energía solar, por ejemplo en horas nocturnas, fluidizando el lecho de partículas 3, el paso de calor tiene lugar de los medios de almacenamiento 300 a las partículas del lecho 3 y por lo tanto a las tuberías 4 del intercambiador, asegurando la continuidad de funcionamiento y de producción de vapor y de este modo, de potencia térmica del dispositivo. De este modo, en ausencia de energía solar concentrada en la cavidad de alojamiento 20, la dirección de transferencia de calor se invierte desde los medios de almacenamiento, los cuales han almacenado energía térmica transferida a través de la fluidización del lecho de partículas durante las horas de insolación, hacia las partículas del mismo lecho, es decir, hacia las tuberías del intercambiador de calor.

Para el resto, el dispositivo 104 y el sistema 103 de la figura 3 son similares a aquellos ya descritos con referencia a las figuras 1 y 2.

Haciendo referencia a la figura 4, una variante adicional de realización del dispositivo de la invención, designada con la referencia numérica 106 e insertada en una planta 105, está dotada con un primer y un segundo lecho fluidizable, respectivamente designados con las referencias numéricas 304 y 305, dispuesto el primero concéntricamente al segundo, y con la función respectivamente de medios de almacenamiento y de portador térmico.

Siempre haciendo referencia a la figura 4, el material granular que constituye el primer lecho fluidizable 304 recibe la energía térmica solar directamente de las superficies de las cavidades de alojamiento, indicadas aquí con las referencias numéricas 203 y 204, y sirve de este modo como medios de almacenamiento. La transferencia de calor, por otro lado, se lleva a cabo por el segundo lecho fluidizable 305 dispuesto en el interior del primero 304 y en el interior del cual están ubicados las tuberías 4 del intercambiador de calor. Esta configuración permite una mayor flexibilidad del sistema tanto en la etapa de almacenamiento como en la liberación de calor al fluido portador, gracias a la posibilidad de actuar independientemente sobre el accionamiento y sobre la velocidad del gas de fluidización de los dos lechos de material granular y/o de secciones del mismo.

Una configuración similar es aquella de la versión mostrada en la figura 5, en la cual la posición de los dos lechos, es decir, el de almacenamiento y el portador, se invierte en comparación al caso de la figura 4, puesto que en la figura 5 está prevista una única cavidad de alojamiento 205 en una posición central.

Como ya se ha mencionado, los lechos fluidizados no pueden ser separados mediante separadores 330 físicos, sino mediante el accionamiento individual de zonas modulares a través de la compartimentación del gas de fluidización.

5 Para cualquiera de las configuraciones descritas, el dimensionado del dispositivo, y en particular el del lecho granular, el intervalo de velocidad del gas de fluidización, la cantidad de medios de almacenamiento (sólidos o granulares) opcionalmente asociados al lecho fluidizado, así como las superficies del intercambiador de calor, son tales para asegurar el almacenamiento de energía térmica durante las horas de sol y la cesión de esta durante las horas nocturnas al intercambiador de calor a través de la fluidización de las partículas del lecho.

10 Además, como ya se ha mencionado, para cualquiera de las configuraciones descritas usando una estructura modular del lecho fluidizado y modulando para cada sección la velocidad de fluidización de las mismas partículas, es posible regular la cantidad de energía térmica transferida a las tuberías, eligiendo usar una o más secciones para almacenamiento o transferencia de calor mediante una fluidización selectiva y/o diferenciada del mismo, asegurando un funcionamiento continuo del dispositivo de la invención.

15 Además, con plantas dotadas con múltiples dispositivos de la invención, tal como se ha ilustrado hasta ahora, la posibilidad de regular la cantidad de calor transferido al intercambiador para cada dispositivo y necesaria para mantener constantes la temperatura y presión del vapor producido permite la ventaja de mantener, reducir o aumentar la producción de energía.

20 En el caso de sistemas basados en múltiples dispositivos, el dimensionado de los mismos y la lógica de funcionamiento están coordinados para obtener una producción predeterminada de energía incluso en la ausencia de radiación solar.

25 En la descripción anterior, se ha hecho referencia a modo de ejemplo a la aplicación del dispositivo en un sistema autónomo de producción de energía eléctrica. Sin embargo, debería entenderse que las posibles aplicaciones del dispositivo son amplias y relacionadas con la producción de vapor o calor para sistemas industriales tales como plantas termoeléctricas, sistemas desaladores, tele-calentamiento, etc.

30 Las normativas legales que regulan la producción de energía a partir de fuentes renovables permiten que una parte mínima de la misma energía se produzca mediante la combustión de combustibles fósiles. Normalmente, en los dispositivos de la técnica anterior esta operación se lleva a cabo en unidades independientes del sistema principal de producción.

Por el contrario, una ventaja importante de las plantas de producción de energía basadas en el dispositivo de la invención es la posibilidad de quemar combustible fósil gaseoso en el interior del lecho fluidizado.

35 Por esta razón, para cada una de las realizaciones descritas aquí con referencia a las respectivas figuras 1-3, estas últimas figuras muestran una entrada de gas de combustión 401 en el lecho fluidizable que actúa como portador térmico y directamente a los canales de alimentación de gas de fluidización.

40 Para las variantes de las figuras 4 y 5, dicha alimentación de gas de combustión puede estar prevista, como se muestra, para uno o ambos de los lechos fluidizables.

45 Todas las figuras relacionadas con la descripción muestran una esquematización de las configuraciones y, como tales, pueden no mostrar componentes tales como válvulas o sensores, etc. que han de proveerse para la regulación convencional de circuitos de fluidos.

50 En este punto se entenderá que el sistema de lecho fluidizable tiene la doble ventaja de un elevado coeficiente de intercambio térmico en correspondencia con la interfaz lecho – medios de almacenamiento o lecho – lecho y con las superficies de tuberías inmersas en el lecho granular, paralelamente a una elevada “difusividad” del mismo lecho granular, una propiedad fundamentalmente relacionada con la posibilidad de cargar / descargar rápidamente el acumulador térmico en las etapas transitorias de funcionamiento.

La invención también permite realizar un almacenamiento de energía térmica en el interior del lecho de partículas y variar la potencia térmica a la salida del sistema modulando la velocidad de fluidización de las mismas partículas.

55 Además el uso de múltiples cavidades adecuadamente dimensionadas y orientadas hacia el campo de espejos permite reducir los flujos térmicos incidentes y mitigar las temperaturas máximas que afectarían la cavidad única, haciendo más competitiva la elección de materiales y tecnología de revestimiento de las paredes de la misma cavidad.

60 La estructura modular del lecho fluidizado permite entonces activar una o más secciones con importantes márgenes de gestión y hace que la disponibilidad del sistema sea menos dependiente tanto de las condiciones meteorológicas como de la disponibilidad del generador de energía.

65 Además, la combustión simultánea de gas combustible en el interior del lecho fluidizado del dispositivo permite mantener constante la producción de energía del sistema incluso en periodos de baja insolación.

Finalmente, se entenderá que la invención también proporciona un método de almacenamiento e intercambio de calor como se define en las siguientes reivindicaciones y teniendo las mismas características preferidas descritas anteriormente haciendo referencia a las varias realizaciones y versiones del dispositivo y de la planta de la invención.

5

La presente invención ha sido descrita hasta el momento haciendo referencia a realizaciones preferidas. Debe entenderse que pueden existir otras realizaciones que estén relacionadas con el mismo ámbito inventivo, como se define por el ámbito de protección de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un dispositivo para almacenamiento y transferencia de energía térmica (1) de origen solar, apto para recibir una radiación solar, dicho dispositivo (1) comprende:
- una cubierta de contención (2);
 - unos haces de tuberías (4);
 - un lecho de partículas (3) apto para almacenar energía térmica de origen solar, alojado en el interior de dicha cubierta de contención (2); y
 - 10 - por lo menos una entrada de alimentación para alimentar un gas de fluidización a través de dicho lecho de partículas (3),
la disposición general siendo tal que, en uso, el gas de fluidización mueve las partículas de dicho lecho (3) provocando o fomentando un intercambio de calor desde las partículas hacia los haces de tuberías (4) en los cuales fluye un fluido de servicio.
- 15 2. El dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las partículas de dicho lecho (3) están hechas de un material granular de una forma sensiblemente regular, preferentemente una forma esférica.
- 20 3. El dispositivo (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo una compartimentación del área de fluidización, apto para permitir una fluidización selectiva y/o diferenciada de una o más porciones de dicho lecho de partículas mediante el gas de fluidización.
- 25 4. El dispositivo (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo además unos medios de almacenamiento adicionales conformados como un bloque monolítico (30), que es preferentemente de grafito o comprende grafito y/o que está obtenido preferentemente mediante compactación de un material en forma granular.
- 30 5. El dispositivo (106) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo además unos medios de almacenamiento adicionales conformados como un lecho de partículas (304) fluidizable adicional alojado en el interior de dicha cubierta de contención (2), dichos lechos de partículas (305, 304) estando preferentemente dispuestos uno concéntricamente al otro.
- 35 6. El dispositivo (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, teniendo una o más cavidades de alojamiento (20) en el interior de las cuales o en el interior de cada una de ellas se concentra la radiación solar, en el que preferentemente una placa (13) de un material sensiblemente transparente, preferentemente cuarzo, está dispuesta en correspondencia con la boca de dichas o de cada cavidad (20).
- 40 7. El dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación anterior, comprendiendo un concentrador de radiación solar secundario, situado en la entrada de dichas o por lo menos una cavidad de alojamiento (20).
- 45 8. El dispositivo (104) de acuerdo con la reivindicación 6 o 7 cuando dependen de la reivindicación 5, en el que dicho lecho de partículas (3) está dispuesto inmediatamente en correspondencia de dichas o por lo menos una de dichas cavidades (20).
- 50 9. El dispositivo (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, teniendo un conducto de desagüe (5) para el gas de fluidización.
- 55 10. El dispositivo (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo uno o más elementos de intercambio de calor (4) que alojan o son aptos para alojar un fluido de servicio y están dispuestos para estar así en contacto con dicho lecho de partículas (3) y/o para ser así tocados, en uso, por dicho lecho (3) cuando el último está fluidizado por dicho gas de fluidización.
- 60 11. Una planta (100) para producir vapor o calor para usos industriales, preferentemente una planta de generación de energía eléctrica, comprendiendo uno o más dispositivos (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
- 65 12. La planta (100) de acuerdo con la reivindicación anterior, comprendiendo medios (210, 8) para la alimentación de gas de fluidización a través de por lo menos una entrada (21) de dicho dispositivo (1), dichos medios de alimentación comprenden preferentemente medios (8) para la circulación forzada del gas de fluidización.
13. La planta (100) de acuerdo con la reivindicación 12, en la que dichos medios de alimentación son controlables selectivamente para cambiar la velocidad del gas de fluidización.
14. La planta (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, comprendiendo medios (6) para desempolvar el gas de fluidización.

15. La planta (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, comprendiendo medios para una alimentación selectiva del gas de fluidización a unas porciones seleccionadas de dicho lecho de partículas (3).
- 5 16. La planta (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 15, comprendiendo medios (401) para alimentar un gas de combustión en el interior de dicha cubierta (2) de dicho dispositivo (1).
- 10 17. Un método de almacenamiento y posterior intercambio de energía térmica de origen solar, que prevé el uso de un lecho de partículas (3) que recibe y almacena energía térmica de origen solar, y una fluidización de dicho lecho de partículas (3) tal para provocar o fomentar un intercambio térmico desde el lecho de partículas (3) hacia los haces de tuberías (4) de un intercambiador de calor.
- 15 18. El método de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que dicha fluidización se lleva a cabo mediante una alimentación controlada de un gas de fluidización, preferentemente aire.
- 20 19. El método de acuerdo con la reivindicación 17 o 18, proporcionando una fluidización diferenciada de unas porciones seleccionadas de dicho lecho de partículas (3).
- 25 20. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 17 a 19, en el que un fluido de servicio, el cual es agua y/o vapor, se desplaza por dichos haces de tuberías (4).
- 30 21. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 17 a 20, proporcionando una etapa de almacenar energía térmica en unos medios de almacenamiento (30, 3) durante las horas de sol y una fase de transferencia de calor desde dichos medios (30) a los haces de tuberías (4) mediante la fluidización del lecho de partículas (3) en ausencia de radiación solar.
- 35 22. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 17 a 21, proporcionando el uso de uno o más dispositivos (1) o de una planta (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 24.
23. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones 17 a 22, proporcionando una combustión de combustible fósil gaseoso en el interior de dicho lecho de partículas (3) de dicho dispositivo (1).
24. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 17 a 23, proporcionando una etapa de almacenamiento de energía térmica y de una transferencia simultánea o diferida de dicha energía al intercambiador de calor, a fin de obtener una generación constante de energía.

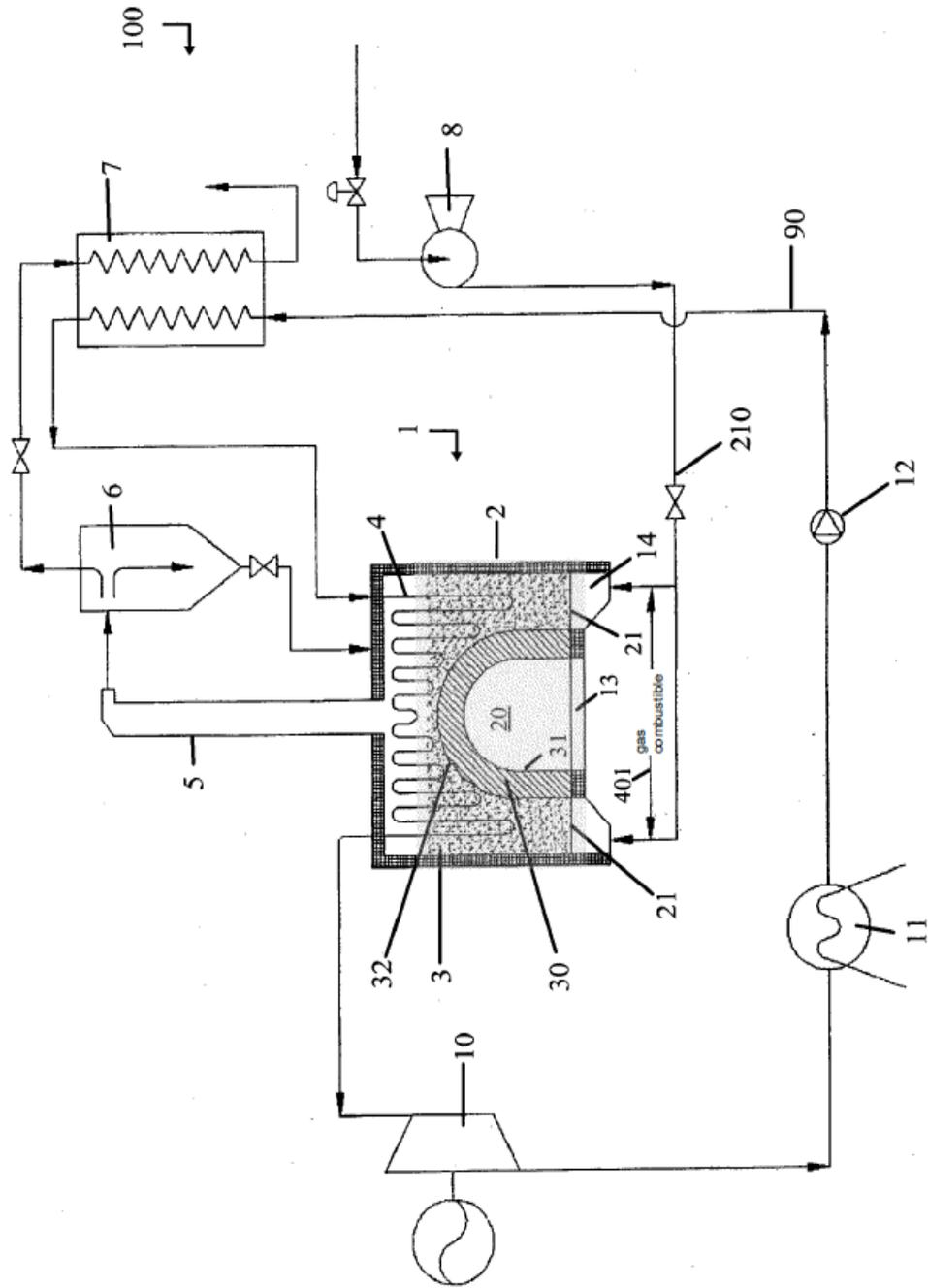


FIG 1

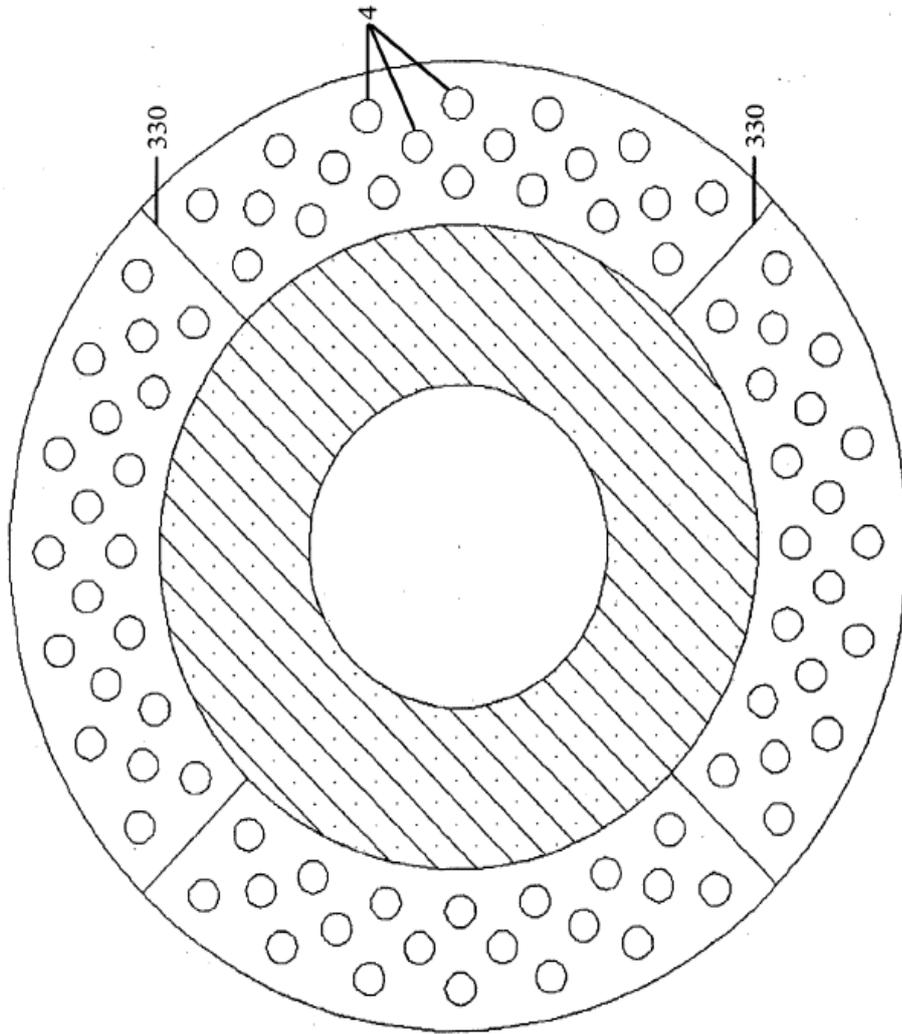


Fig 1a

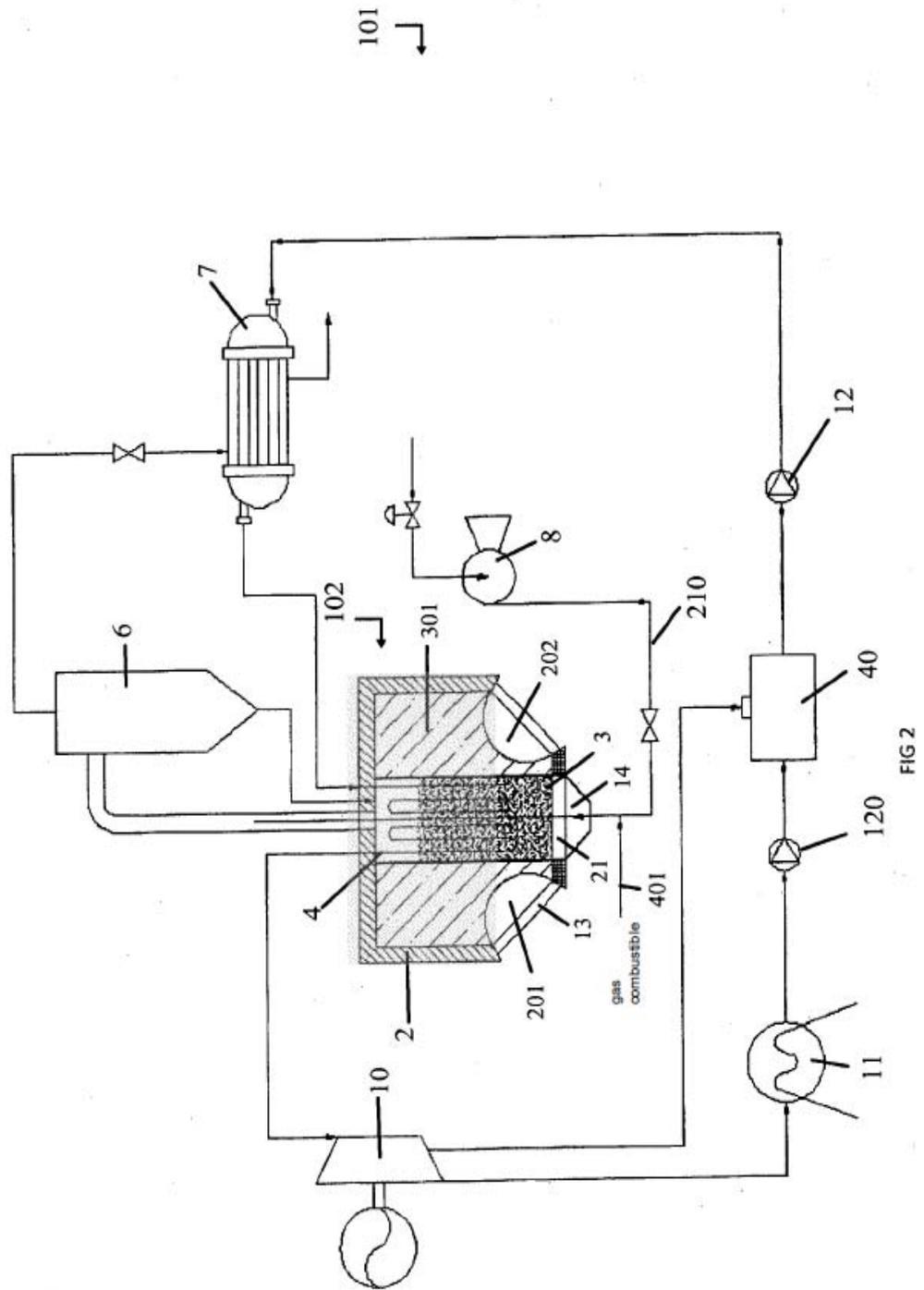


FIG 2

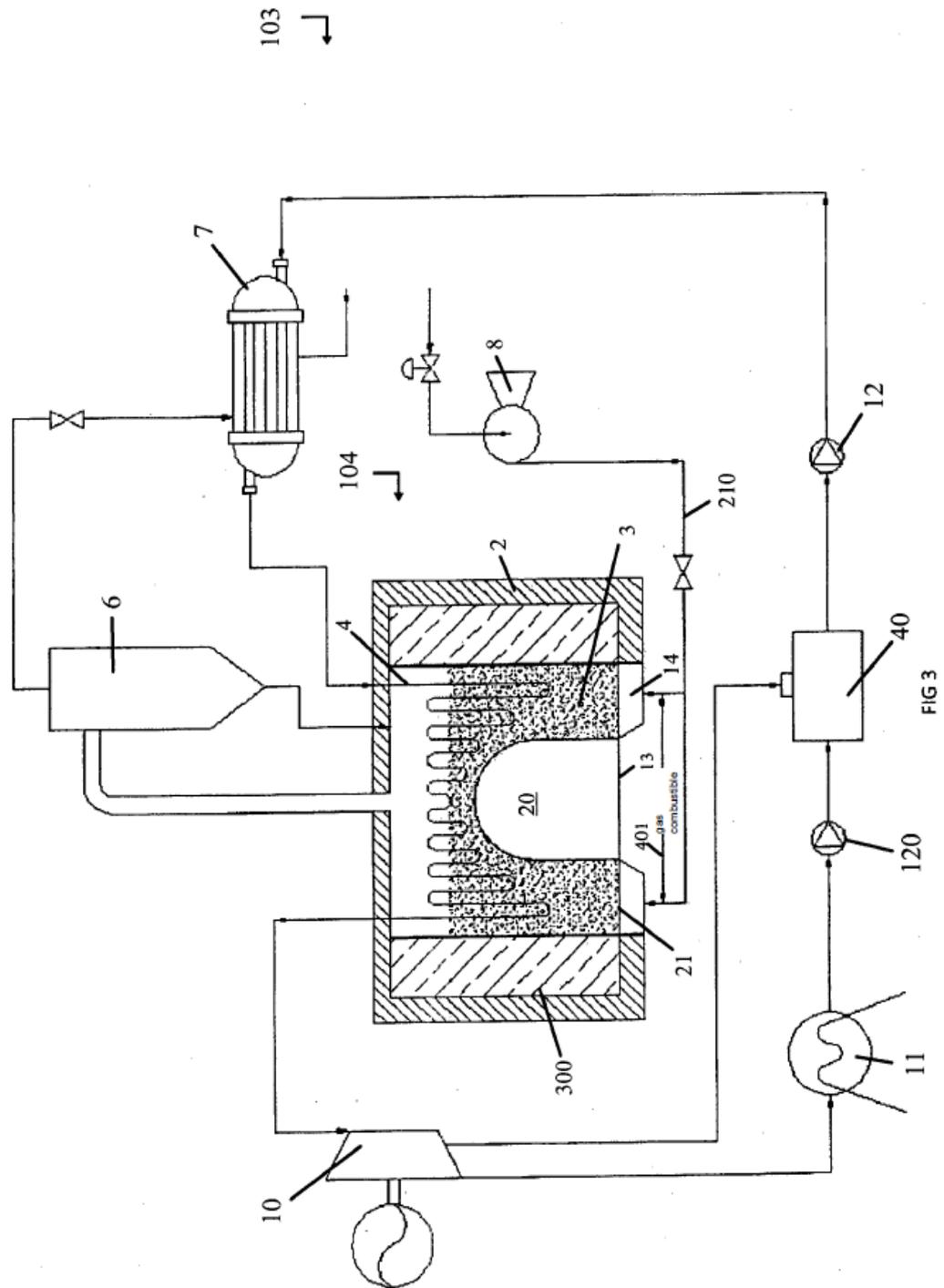


FIG 3

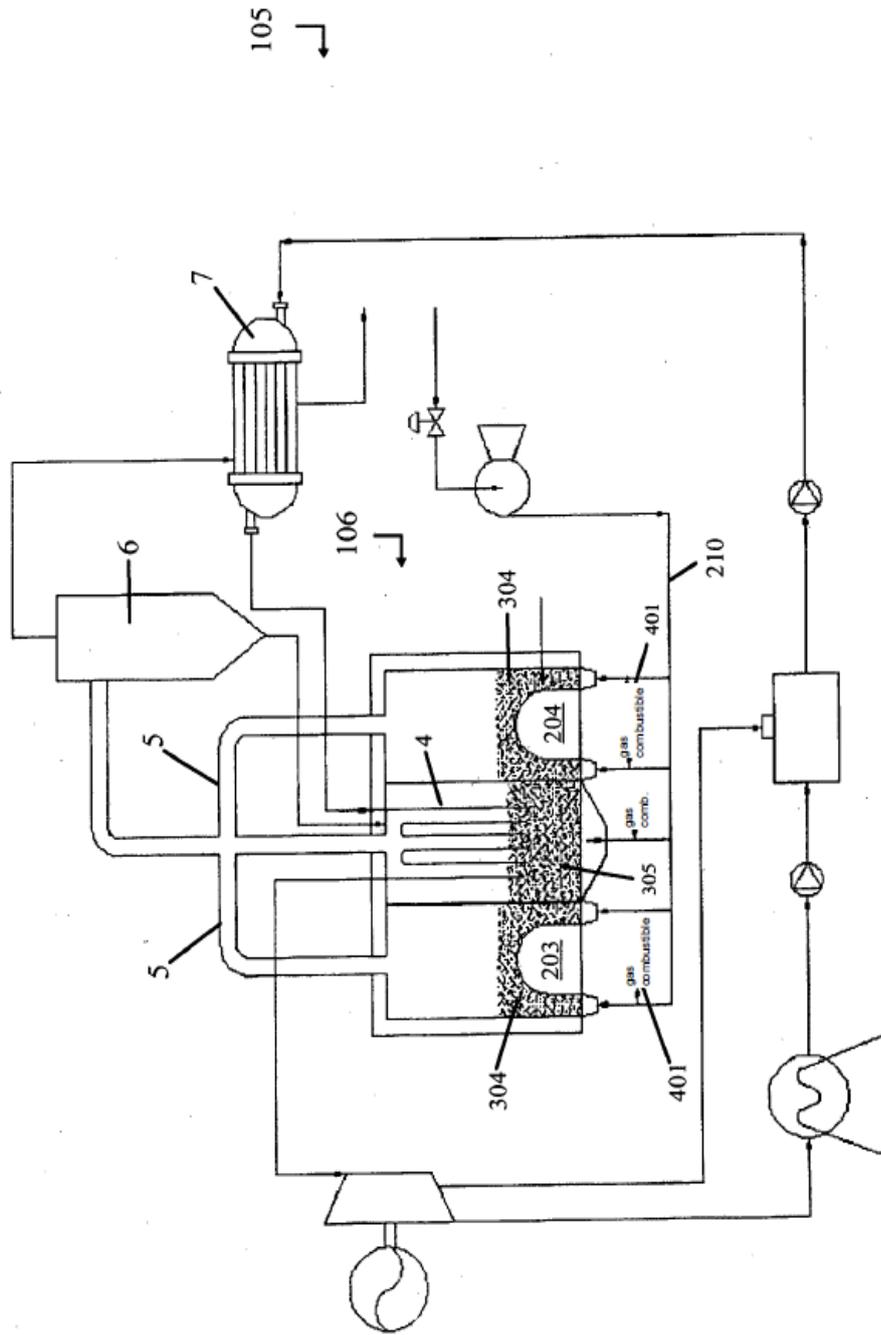


FIG 4

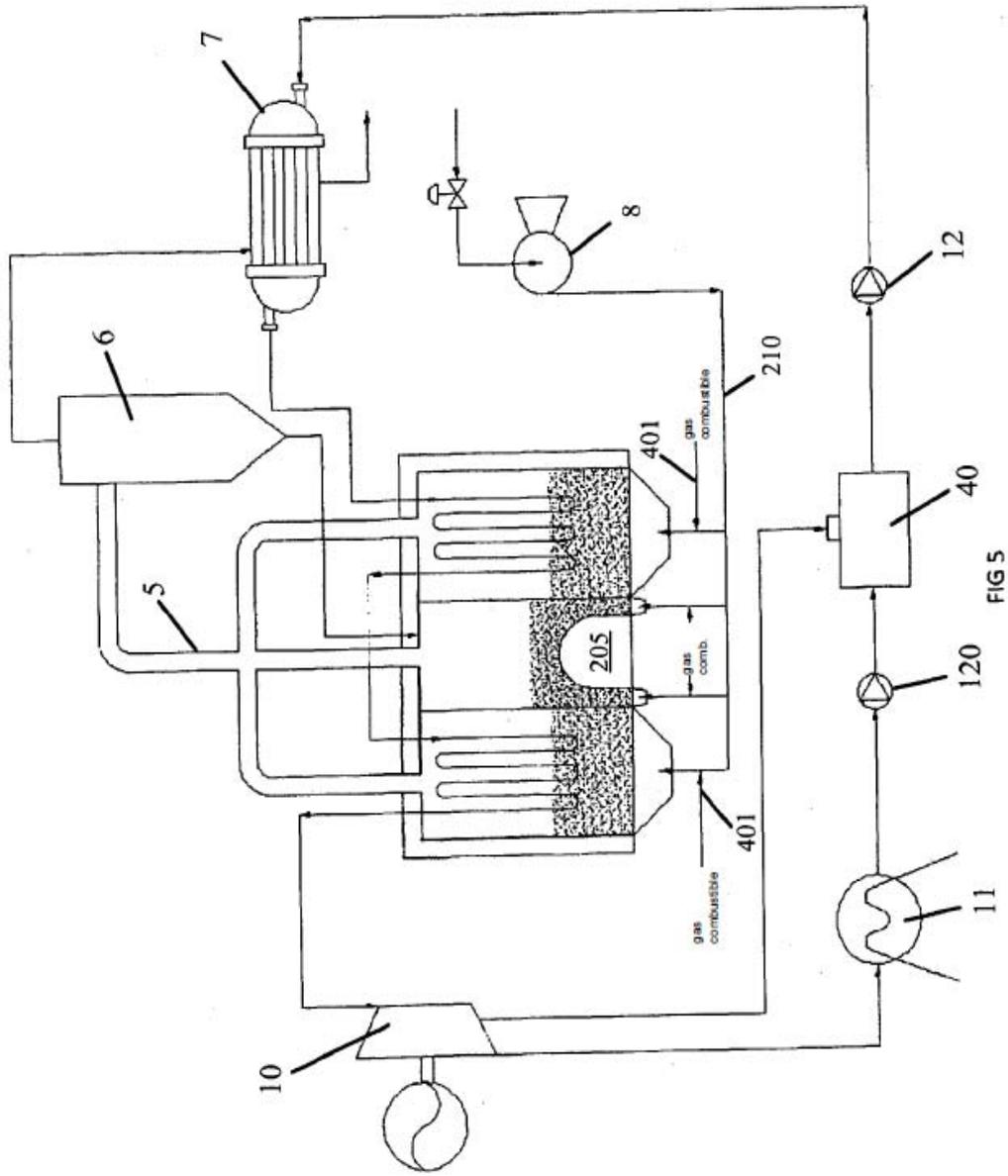


FIG 5

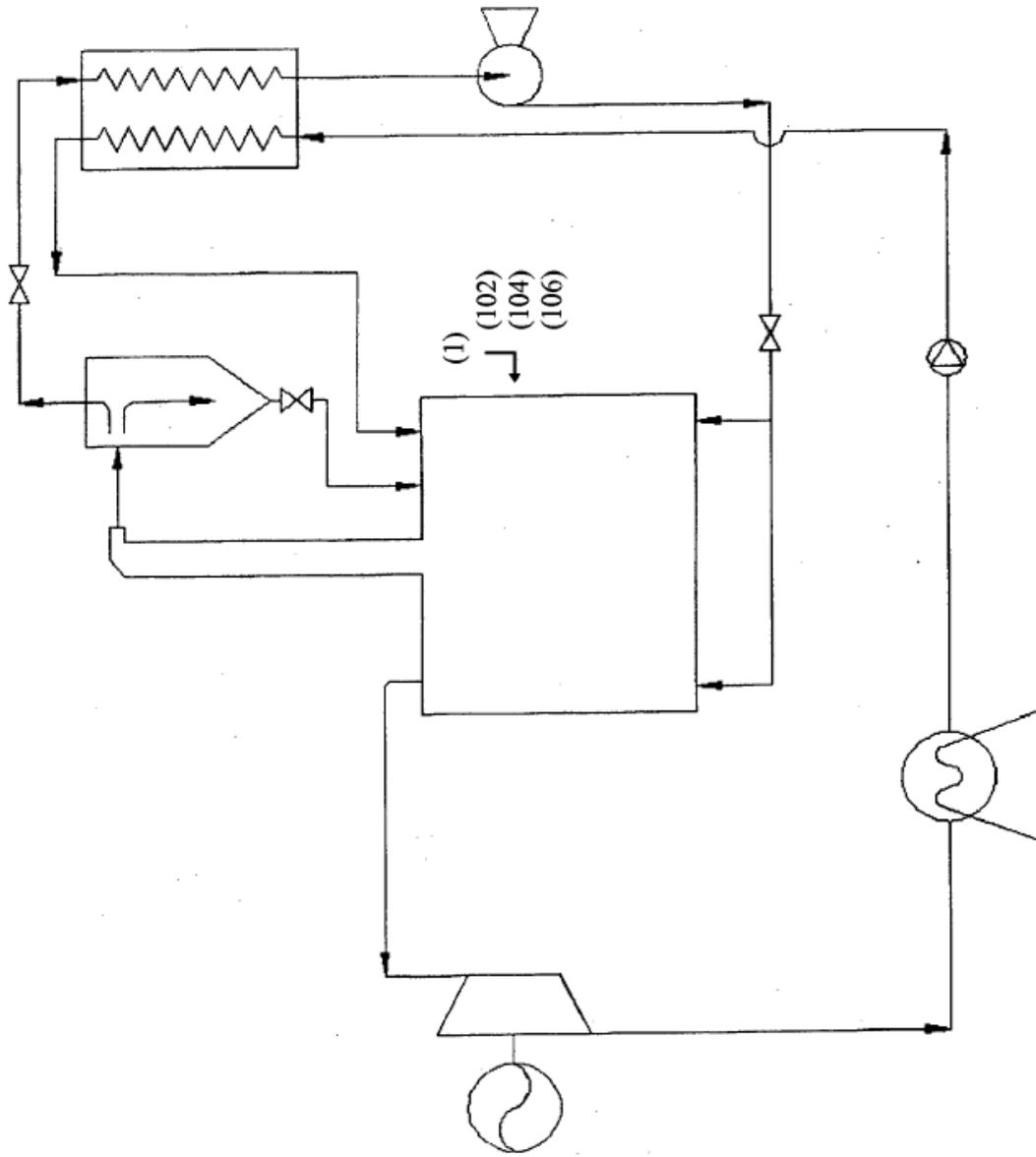


FIG 6