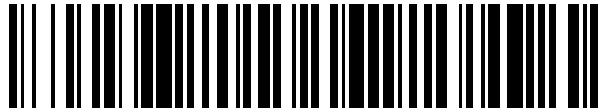


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 558 318**

51 Int. Cl.:

C10J 3/26 (2006.01)

C10J 3/62 (2006.01)

C10J 3/66 (2006.01)

C10J 3/74 (2006.01)

F02B 43/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.02.2011 E 11719757 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.09.2015 EP 2507346**

54 Título: **Aparato y método de carbonización termoquímica y gasificación de biomasa húmeda**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.02.2016

73 Titular/es:

**ZBB GMBH (100.0%)
Friedrich-Engelhorn-Strasse 7-9
68167 Mannheim, DE**

72 Inventor/es:

DEMIR, ELHAN

74 Agente/Representante:

LAZCANO GAINZA, Jesús

ES 2 558 318 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

Aparato y método de carbonización termoquímica y gasificación de biomasa húmeda

La invención se refiere a un aparato para la carbonización termoquímica y gasificación de biomasa húmeda, en particular con agua y/o seca, para la producción de un portador de energía y/o materia prima mediante un reactor de carbonización calentable, teniendo un orificio de entrada con posibilidad de cierre, en el que la biomasa se transforma en portador de energía y/o materia prima sólida, a granel y/o gaseosa y se descarga por un orificio de salida con posibilidad de cierre a un tanque de enfriamiento para almacenamiento intermedio del portador de energía y/o materia prima, estando este tanque de enfriamiento conectado a un reactor de carbonización, el cual está comunicado con un reactor de gasificación en el que de la biomasa se separan gas y residuos, como cenizas.

Estado de la técnica

La gasificación de biomasa es ampliamente conocida. Se entiende por esta un proceso en el que la biomasa se transforma en un producto gaseoso o en gas combustible con la ayuda de medios de gasificación u oxidación (principalmente aire, oxígeno, dióxido de carbono o vapor de agua) vía combustión parcial.

Mediante la gasificación, la biomasa existente como combustible sólido, puede ser transformada en un combustible gaseoso secundario que puede ser utilizado eficazmente en diferentes variantes de aplicación, como por ejemplo la generación de energía eléctrica o como combustible (gas combustible) y propelente o como gas de síntesis para síntesis química. Métodos análogos existen también para otros combustibles sólidos, especialmente para la gasificación de carbón (gasificación de carbón).

La gasificación de la biomasa comienza luego de su secado a temperaturas de alrededor de 150°C en el que primeramente se separan vapor de agua y oxígeno. A temperaturas más altas se separan los componentes sólidos de la biomasa. Este gas se enciende si se suministra aire secundario debido a que el punto de ignición es entre 230 y 280°C.

En la gasificación técnica de biomasa se trata de una combustión parcial con la ayuda de un medio de gasificación u oxidación (principalmente aire, oxígeno, dióxido de carbono o vapor de agua) sin ignición a temperaturas de 700 a 900°C, en cuyo caso esta se oxida hasta monóxido de carbono (CO) y no hasta dióxido de carbono (CO₂) como durante la combustión. Otros componentes del gas obtenido son hidrógeno (H₂), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), vapor de agua (H₂O), así como también, dependiendo de la biomasa utilizada, una serie de trazas de gases e impurezas. Queda un residuo sólido (cenizas y coque), además partes del producto gaseoso pueden condensar al bajar la temperatura (alquitrán y agua).

Además el producto gaseoso combustible puede oxidarse en un proceso posterior mediante combustión (gas combustible) o por síntesis química (gas de síntesis) desprendiendo energía (proceso exotérmico). Si la gasificación se realiza con aire, el producto gaseoso diluido con nitrógeno se designa frecuentemente como gas pobre (gas de poder calorífico bajo, LCV)

La carbonización hidrotérmica (algo como: „carbonización en agua a temperatura alta“) es un método químico para la producción fácil y eficaz de carbón marrón, gas de síntesis, grados primarios líquidos de petróleo y humus de biomasa, desprendiendo energía. Este es un proceso que tan solo en unas cuantas horas imita técnicamente el proceso de formación de carbón marrón (formación de carbón) que en la naturaleza requiere unos 50 000 hasta 50 millones de años.

El proceso operativo conocido hasta ahora es como sigue. En un recipiente bajo presión, en presencia de agua y volumen constante, la biomasa, principalmente material vegetal (descrito en la ecuación de reacción que sigue con el propósito de simplificar como azúcar con la fórmula C₆H₁₂O₆) se calienta hasta 180°C. Simultáneamente, la presión puede ser aumentada a 2 MPa. Durante la reacción se forman iones oxonio que reducen el valor de pH a 5 y por debajo. Esta etapa puede ser acelerada añadiendo una pequeña cantidad de ácido cítrico. Además se ha de tener en cuenta que cuando el valor del pH es bajo, mayor cantidad de carbono pasa a la fase de agua. La reacción es exotérmica, o sea, se desprende energía. Después de 12 horas el carbono en la sustancia de la reacción queda completamente transformado, 90 hasta 99% del carbono es un lodo líquido de bolitas porosas de carbón marrón (C₆H₂O) con dimensión de los poros entre 8 y 20 nm como fase sólida, el resto de 1 a 10% de carbono quedan diluidos en la fase acuosa o transformados en dióxido de carbono. La ecuación de reacción para la formación de carbón marrón es:



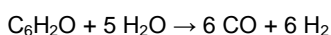
La reacción puede ser interrumpida en diferentes etapas en condiciones de deshidratación incompleta, obteniendo diferentes productos intermedios. Tras ser interrumpido el proceso, después de pocos minutos se obtienen productos intermedios líquidos, sustancias lipofílicas, que son muy difíciles de trabajar debido a su alta reactividad. A continuación estas sustancia polimerizan formando estructuras que asemejan turba que después de 8 horas aparecen como productos intermedios.

En teoría la reacción podría ser catalizada con partículas metálicas determinadas, sin embargo éstas podrían fácilmente agregarse a los productos perdiendo su función.

Mediante la reacción exotérmica de la carbonización hidrotérmica se libera alrededor de 3/8 de la capacidad calorífica de la biomasa referida a la substancia seca (en alto contenido de lignina, resina y/o aceite todavía ¼ como mínimo). En caso de una mejor conducción del proceso, por medio de este calor residual, de la biomasa húmeda podría producirse biocarbón seco y, eventualmente, una parte de la energía transformada se podría utilizar para generar energía.

Lo más importante es tener a disposición un método simple de transformación de CO₂ atmosférico para que, utilizando la biomasa disponible, éste se convierta en una forma estable y segura de conservación, un sumidero de carbono. Con el método de carbonización hidrotérmica, así como con otros métodos de carbonización de biomasa, en cualquier lugar del mundo se puede almacenar una gran cantidad de carbono de manera descentralizada y por un período de tiempo largo, sustancialmente más seguro que la captura y almacenamiento de dióxido de carbono líquido o como gas, discutidos actualmente. Si el carbón tiene una estabilidad química suficiente, éste podría ser utilizado también para mejorar suelos.

El humus artificialmente obtenido podría utilizarse para la nueva creación de zonas verdes en suelos erosionados. Al intensificar de esta forma el desarrollo vegetal se podría atraer dióxido de carbono atmosférico adicional de modo que el efecto final sería una eficacia del carbono mayor de 1, respectivamente, balance de CO₂ negativo. El lodo formado de carbón podría ser utilizado para incineración, respectivamente, para la explotación de nuevos tipos de células de combustible con un rendimiento de 60% que actualmente son objeto de estudio en la Universidad de Harvard. Para la producción de combustibles tradicionales la mezcla de carbono y agua primero ha de calentarse mucho para que se forme el así llamado gas de síntesis, que es una mezcla gaseosa de monóxido de carbono e hidrógeno:



Como alternativa, los productos intermedios líquidos obtenidos como resultado de la transformación incompleta de la biomasa, podrían ser utilizados para la producción de combustibles, así como de materiales artificiales.

Además, el lodo de carbón obtenido podría ser comprimido en briquetas y comercializado como "carbón natural" ecológico por ser éstas neutras al dióxido de carbono y que, comparadas con la biomasa inicial se secarían con menor consumo de energía mediante separación/filtración/compresión y que, por su alto contenido de energía por volumen/masa conllevan menores gastos de transporte y áreas de almacenamiento.

El mayor problema en la producción de gas de síntesis proveniente de biomasa es la formación de alquitrán que en mayor grado podría resolverse con el manejo hidrotérmico del proceso. Por supuesto, en este caso es difícil de comprender por qué se habría de seguir un camino indirecto a través de biocarbón. Se supone que la pasta de biomasa habrá de poder descomponerse en CO₂ y H₂ en condiciones supercríticas de 400°C y presión de 221,2 bar como mínimo (la temperatura crítica del agua es 374 °C), lo cual por supuesto requiere un alto consumo de energía.

En este conjunto de problemas quedan sin clarificar la conducción apropiada del proceso, así como los problemas de la colección, transportación y almacenamiento de la biomasa obtenida. Estos procesos consumen también energía que debería de ser menor que la desprendida mediante la carbonización hidrotérmica.

En fin, todo proceso de incineración de biomasa es precedido por un proceso de gasificación, debido a que ésta en sí no es combustible, sino básicamente solo los gases desprendidos de la biomasa.

Para la carbonización de biomasa correspondiente al desarrollo de la técnica, como la carbonización hidrotérmica HTC en medio acuoso o de vapor, al reactor se suministra adicionalmente agua o vapor de agua desde afuera. Esto significa un gasto sustancial adicional para la construcción y la explotación de la instalación de carbonización. Para proveer el agua o el vapor, así como para calentar el agua se necesita energía térmica. El uso o la descarga del agua de proceso después de terminada la carbonización es una tarea adicional cuya solución está vinculada con un gasto técnico y financiero sustancial.

En los métodos conocidos se desprenden gases y vapores. Estos con frecuencia representan un problema adicional que debe solucionarse tomando medidas técnicas y con gastos adicionales sustanciales.

El documento 10 2008 047 201 A1 indica (véase figura 1) un método y aparato de carbonización y gasificación de biomasa en el que al reactor de carbonización (2), envuelto en una carcasa de calentamiento y provisto de orificio de entrada con posibilidad de cierre, se le suministra energía térmica del reactor de carbonización, del reactor de gasificación (8) y el motor (30) y a través de un orificio de salida el reactor de carbonización está conectado a un tanque de almacenamiento provisional (6) conectado al reactor de gasificación (16), en el que de la biomasa se separa gas (a través de (9)) y residuos (a través de (37)), siendo el reactor de carbonización (2) conectado a un tanque de gas (54). Una tal instalación requiere de muchos gastos, es costosa y trabaja, comparado con el método de acuerdo con la invención, con un rendimiento sustancialmente más bajo.

En los métodos conocidos se desprenden gases y vapores. Estos con frecuencia representan un problema adicional que debe solucionarse tomando medidas técnicas y con gastos adicionales sustanciales.

La invención fundamenta su meta en que de la biomasa se extraiga casi toda la cantidad de carbono y gases, y que éstos se produzcan de un modo simple y económicamente ventajoso.

Conforme la invención, la tarea queda solucionada debido a que

a) al reactor de carbonización que está eficientemente conectado con un elemento térmico, específicamente, envuelto en una carcasa térmica, existe la posibilidad de suministrar energía térmica exterior a través de una tubería adicional que conecta el reactor de gasificación y el de carbonización con la posibilidad de suministrar energía

térmica adicional al menos del reactor de gasificación,

b) existe la posibilidad de suministrar energía de enfriamiento del tanque de enfriamiento al reactor de gasificación a través de tubería que conecta el reactor de gasificación y el tanque de enfriamiento,

c) existe la posibilidad de suministrar humedad, especialmente agua, al tanque de enfriamiento a través de otra tubería para asegurar el aproximadamente constante curso del proceso,

d) del reactor de carbonización y/o del tanque de enfriamiento existe la posibilidad de suministrar el gas del reactor al tanque de gas a través de tubería que conecta el reactor de carbonización y el tanque de gas, en cuyo caso existe la posibilidad de suministrar el gas de la reacción de nuevo al reactor de gasificación a través de tubería que conecta el reactor de gasificación y el tanque de gas.

Así, de un modo simple y económicamente ventajoso, economizando energía y con una instalación fácil de construir, se extrae carbono de biomasa, específicamente, se extrae carbón para calefacción y accionamiento de unidades y aparte de esto se extraen más gases que pueden ser usados por diferentes equipos como motores a gas, turbinas a gas o instalaciones de calefacción.

El método conforme con la invención utiliza preferentemente biomasa húmeda que se obtiene principalmente como material de desecho en las poblaciones y en muchas ocasiones para su disposición implica muchos gastos. En este método, sin embargo, se puede utilizar también otra biomasa que no precisa ser dispuesta como material de desecho.

Para realizar el método se utilizan como mínimo dos reactores. Por un lado este es el reactor de carbonización, y por otro, el reactor de gasificación.

Contrario a esto, en el método aquí descrito, el consumo de energía necesaria para la evaporación se provee usando el calor que se desprende durante el enfriamiento del gas de reacción.

El gas de reactor, producido siguiendo el método conforme la invención es casi totalmente libre de alquitrán, o, de componentes que producen alquitrán, debido a que el proceso de carbonización de la biomasa está colocado antes del proceso de gasificación. Esto se logra especialmente por el hecho de que en el transcurso del proceso las partes volátiles no combustibles de la biomasa pueden ser reducidas de los 80% actuales a alrededor de 30%. Favor comparar tablas 1 y 2. En la tabla 1 se detallan los valores de una instalación del nivel técnico actual, y en la tabla 2 se detallan los valores de la instalación conforme la invención.

El gas de reactor se purifica de partículas sólidas, por ejemplo, polvo fino, después de su salida del reactor de gasificación mediante separador de polvo y luego puede utilizarse para la generación de energía eléctrica y calor.

Con una parte insignificante de agua añadida o vapor calorífico no se obtiene o casi no se obtiene agua de proceso. Debido a esto no es preciso un gasto adicional para el tratamiento de aguas residuales o para la disposición del agua residual, ya que el agua suministrada se evapora en la instalación.

La instalación se puede aplicar en escala técnica pequeña utilizando unidad compuesta por motor a gas y generador conduciendo la energía útil para proveer electricidad y calefacción a poblaciones locales y, a la par, para disponer desechos apropiados de ciertas poblaciones.

A través del método conforme la invención el problema de la contaminación de gases y la formación de alquitrán se soluciona también por el hecho de que en el reactor de gasificación, mediante incineración, se realiza la eliminación casi completa de los productos gaseosos y de vapor críticos del reactor.

Esto conlleva a evitar la formación de CO₂, con lo que con relación a esto se liberaría solo una pequeña parte de la posible energía.

[0033] Una Ventaja de la carbonización hidrotérmica es el hecho de que el uso de biomasa vegetal no se restringe sólo a plantas de contenido bajo de humedad y que la energía obtenida sin separación de dióxido de carbono no se reduce debido a medidas necesarias para secar y, en caso de necesidad, se puede utilizar directamente para secar el producto final. Así, material de origen vegetal que hasta ahora era casi imposible de utilizar, como recortes de jardines y parques, puede servir para generar energía, ahorrando así simultáneamente dióxido de carbono que, junto con el metano que perjudica el clima, se obtendría durante la transformación bacteriana de la biomasa. Toda la instalación trabaja en modo de ahorro de energía debido a que la cantidad total de la energía térmica que se libera a lo largo del proceso se devuelve en el mismo.

Ventajosamente, la humedad contenida en la biomasa y aceptada en el reactor de carbonización se evapora obteniendo gas de reacción a presión entre 5 y 30 bar, con presión recomendada entre 15 y 25 bar, especialmente en presión de alrededor de 20 bar y temperaturas entre 200° y 1200°C, con recomendación entre 400 ° y 800 °C, pudiendo suministrar este gas al reactor de gasificación indirecta o directamente mediante tubería.

Es también ventajoso que el reactor de gasificación tiene la capacidad de operar en temperaturas entre 1200° y 1800°C, con recomendación entre 1000° y 1400°C y que durante el proceso operativo se puede transmitir energía térmica mediante una tubería que conecta el reactor de gasificación y el reactor de carbonización.

Conforme otro cumplimiento de la invención existe una posibilidad adicional de conexión mediante tubería de separador ciclónico y/o unidad depuradora de gas al reactor de gasificación, en cuyo caso entre el separador ciclónico y/o la unidad depuradora de gas se podría instalar un intercambiador de calor que podría bajar la

temperatura del gas hasta la temperatura de operación del intercambiador de calor entre 40°C y 80°C, o entre 50°C y 60°C con lo que la energía obtenida allí resultante puede ser suministrada a un calentamiento y/o al proceso de trabajo de la instalación y la energía térmica liberada por el intercambiador de calor se podría suministrar vía tubería a un consumidor, como por ejemplo una instalación de calefacción.

5 Otra ventaja es que, con la ayuda de una unidad térmica, las sustancias nocivas o las sustancias obstaculizantes liberadas en el reactor de carbonización y/o en el tanque de enfriamiento podrían ser liquidadas total o al menos parcialmente, o separadas.

Otra ventaja también es que el reactor de gasificación está conectado vía tubería a una unidad de procesamiento para tratamiento y/o procesamiento adicional del carbón obtenido en el reactor de gasificación.

10 Otra ventaja también es que el tanque de enfriamiento y/o el reactor de gasificación está conectado vía tubería a la unidad de procesamiento para tratamiento o procesamiento adicional del carbón obtenido en el tanque y/o en el reactor de gasificación.

De importancia especial para esta invención es el hecho de que en el reactor de gasificación se puede obtener vapor saturado que, mediante tubería de vapor saturado está conectado a un consumidor o a instalación de calefacción y/o a motor de pistones a vapor.

15 Otra ventaja es que el reactor de gasificación está conectado vía al menos una tubería a un consumidor o al menos a un compresor de gas y/o motor de gas.

Otra ventaja adicional es que el reactor de gasificación y/o el tanque de enfriamiento se puede enfriar mediante unidad de enfriamiento o, respectivamente, estar envuelto en una carcasa de enfriamiento, y que la unidad de enfriamiento es alimentada con agua de enfriamiento en cuyo caso al menos el agua de enfriamiento de la carcasa de enfriamiento del tanque de enfriamiento se suministra por tubería al reactor de gasificación.

20 Otra ventaja adicional es que en una o más tuberías están previstas válvulas de cierre que pueden ser conectadas o desconectadas manualmente o mediante un mecanismo de accionamiento, pudiendo estos mecanismos de accionamiento ser regulados por una unidad de cómputo dependiendo del proceso operativo.

25 Otra ventaja adicional es que el método se caracteriza con los siguientes pasos:

a) La biomasa se transforma en un portador de energía y/o materia prima sólido, a granel o gaseoso en reactor de carbonización con la ayuda de energía térmica externa y energía térmica adicional que es suministrada al reactor de carbonización por parte de la instalación.

b) El gas obtenido en el reactor de carbonización es recibido en un tanque de gas de reacción.

30 c) El gas de reacción obtenido o el que se halla en el reactor de carbonización y en el tanque de enfriamiento se suministra indirecta o directamente al reactor de gasificación.

d) Al menos una parte de la energía liberada con el método de carbonización y gasificación termoquímica de biomasa húmeda que específicamente contiene agua y/o seca es devuelta al proceso tecnológico y específicamente en el reactor de carbonización.

35 e) El carbón obtenido en el reactor de gasificación se suministra a la unidad de procesamiento.

f) La energía de enfriamiento suministrada al tanque de enfriamiento para llevar a cabo el enfriamiento se suministra simultáneamente o a continuación a la carcasa de enfriamiento del reactor de gasificación.

g) La energía liberada de proceso en el reactor de gasificación o el vapor saturado se suministra a uno o más consumidores, como instalación de calefacción y/o motor de pistones al vapor.

40 Otras ventajas y detalles de la invención se aclaran en las reivindicaciones y en la descripción y están reflejados en las figuras.

Las figuras representan:

Fig. 1 representa como transcurre el proceso conforme método designado para aparato de carbonización y gasificación termoquímica de biomasa húmeda, y especialmente que contiene agua y/o seca para la producción de un portador de energía y/o materia prima mediante un reactor de carbonización calentable provisto de orificio de entrada con posibilidad de cierre en el que la biomasa se transforma en un portador de energía y/o materia prima sólido, a granel o gaseoso.

Fig. 2 representa una vista parcial de aparato de carbonización y gasificación termoquímica de biomasa húmeda, y especialmente que contiene agua y/o seca para la producción de un portador de energía y/o materia prima

50 Fig. 3 representa una vista completa de instalación de aparato de carbonización y gasificación termoquímica de biomasa húmeda, y especialmente que contiene agua y/o seca para la producción de un portador de energía y/o materia prima.

Fig. 4 representa una vista parcial del reactor de gasificación con cabeza, parte media y pie.

La fig. 1 representa un reactor de carbonización 1 para carbonización y gasificación termoquímica de biomasa húmeda, y especialmente que contiene agua y/o seca para la producción de un portador de energía y/o materia prima. El reactor de carbonización es alimentado con biomasa vía tanque receptor 2, provisto de una válvula de admisión u obturador plano 13 y un obturador plano o válvula de escape 15. En el reactor de carbonización 1 se prevé un mecanismo agitador 5 a través del cual la biomasa que representa una mezcla de biomasa húmeda, que contiene agua, y/o seca, se agita. El contenido puede ser de desechos, restos de comida, residuos biológicos, desechos de madera. El mecanismo agitador 5 puede ser accionado manualmente o con la ayuda de motor 3.

60 Al arranque de la instalación total, primero, al reactor de gasificación 16 se suministran madera, o carbón de leña, y luego se pone en marcha la instalación. El gas de reacción obtenido en el reactor de gasificación 16 se suministra vía

tubería 32 a un elemento de calefacción 4 que envuelve el reactor de carbonización 1. Así se da inicio a la carbonización. El gas recibido en el elemento de calefacción 4 se enfría constantemente por introducción de la biomasa. A través de este proceso operativo se ahorra energía. La pérdida de energía que ocurre se compensa con el suministro de energía externa.

5 El reactor de carbonización 1 está efectivamente conectado con un elemento de calefacción, específicamente, está envuelto en una carcasa de calentamiento 4. Al reactor de carbonización 1 se suministra al menos energía térmica externa 60 y de modo ventajoso ahorrando energía suministra otra energía térmica de al menos toda la instalación y, especialmente, del reactor de gasificación 16, haciendo que de esta forma la instalación pueda ser utilizada muy económicamente.

10 La biomasa se puede introducir en el reactor de carbonización 1 de forma continua o interrumpida. En la parte superior del reactor de carbonización 1 se prevé una válvula de alivio de sobrepresión 7 para regular la presión en el reactor de carbonización 1. Cuando la biomasa se introduce en el reactor de carbonización 1 de manera interrumpida, el reactor de carbonización 1 se llena de biomasa fría o con biomasa calentada también, y mediante el elemento de calefacción se calienta de modo que el agua contenida en la biomasa se evapore. El vapor se introduce en un tanque de reacción 21 para que la energía que también se suministra al reactor de gasificación 16 pueda ser utilizada en su totalidad. Al seguir suministrando calor por encima de aproximadamente 180°C se da lugar a la reacción química y de la biomasa se obtienen principalmente carbón y productos gaseosos de reacción.

15 El gas de reacción que sale del reactor de carbonización 1 tiene una temperatura de al menos 300 - 400°C. Este, al menos parcialmente, vía tubería 28 se introduce al tanque de gas de reacción 21 y de ahí al reactor de gasificación 16. En la tubería 28 hay una válvula de retorno 80, con ello no puede escapar sobrepresión del tanque de gas de reacción 21 al reactor de carbonización 1.

20 En el tanque de gas de reacción 21 el gas se enfría mediante unidad refrigerante 49, conectada al tanque de enfriamiento 9 vía tuberías 51 y 30 a una temperatura de alrededor de 80°C. La presión en el tanque de enfriamiento 9 y en el tanque de gas de reacción 21 es unos 2 a 5 bar. El agua refrigerante se introduce desde el tanque de gas de reacción en la carcasa de enfriamiento 52 del reactor de gasificación 16 vía tubería 78. Así se produce más vapor saturado. El tanque de gas de reacción 21 se puede vaciar completamente vía la tubería 78 al reactor de gasificación 16.

25 En el recipiente 16 han sido previstos puntos de medición diferentes 81 con cuya ayuda la temperatura en el recipiente 16 puede ser ajustada.

30 El tanque de gas 21 tiene una función de ajuste y sirve para aceptar los gases de reacción del reactor de carbonización 1 y el tanque de enfriamiento 9. El gas de reacción del tanque de gas de reacción 21 es incinerado en el reactor de gasificación 16 con el carbón. Al incinerar el gas de reacción y el carbón en el reactor de gasificación 16 se obtiene gas de síntesis que luego se transmite a uno o varios usuarios, por ejemplo motor de gas.

35 Una vez alcanzada la temperatura de reacción necesaria, en la biomasa comienza la reacción química y junto con el biocarbón se forma también gas, principalmente CO₂ y vapor de agua. Esta mezcla de vapor-gas es denominada gas de escape de reacción. La presión total en el reactor se obtiene como suma de la presión de ebullición del vapor de agua y la presión parcial de la parte de gas inerte en el reactor de carbonización 1. La reacción se acompaña por desprendimiento de calor, o sea, en el reactor transcurre una reacción exotérmica. Para limitar la presión, el reactor de carbonización 1 tiene de una válvula de ajuste 7 que regula o maneja la presión. Tras terminar la reacción el reactor de carbonización 1 se descarga de la presión abriendo completamente la válvula 7 hasta el punto de que permita ser abierto de manera segura para sacar el biocarbón.

40 En un modo de explotación continua la biomasa se suministra al reactor de carbonización 1 en pequeñas cantidades y en intervalos cortos desde arriba mediante compuerta de presión, designada a continuación como tanque de enfriamiento 9. La presión y la temperatura en el interior del reactor de carbonización 1 son constantemente altas, alrededor de 16 bar y 200°C. La biomasa introducida es calentada en el reactor de carbonización 1 y el agua que ésta contiene se evapora, al menos parcialmente o totalmente, dependiendo de la duración del proceso. La biomasa que reacciona pasa por el reactor de arriba hacia abajo y así se agita constantemente. Tras el proceso de reacción, del tanque de enfriamiento 9, designado también como compuerta a presión, se descarga el carbón. Para limitar la presión en el tanque, del reactor C, mediante válvula de regulación 7, se libera continuamente gas de escape de reacción. El tanque de enfriamiento 9 puede ser también ejecutado como compuerta a presión.

45 PUNTO APARTE Para que durante el proceso de producción de biocarbón se suministre la humedad suficiente en el tanque de enfriamiento 9 a éste se suministra agua fresca a través de aparato de enfriamiento 49 y tubería 51. Además el tanque de enfriamiento 9 puede estar provisto de mecanismo agitador para asegurar una mejor saturación del biocarbón con humedad.

50 La instalación puede trabajar también en ciclo, o en presión alterna, en cuyo caso en el reactor de carbonización 1 se establece una presión de alrededor de 20 bar y una temperatura de 200°C. El biocarbón que se halla en el segundo recipiente, que podría ser un tanque de enfriamiento 9, se enfría. Para tal fin el tanque de enfriamiento 9 tiene una carcasa de enfriamiento 51. La presión en el tanque de enfriamiento 9 se regula también dependiendo del curso del proceso, a través de la válvula de ajuste 12. Dependiendo de la ejecución del proceso, la biomasa húmeda recibida en el reactor de carbonización 1 puede evaporarse entre 5 y 30 bar, preferiblemente bajo presión de 15 y 25 bar, bajo

presiones de alrededor de 20 bar y temperatura entre 200° y 1200°C, con recomendación entre 400° y 800 °C, pudiendo formarse gas de reacción que se suministra al reactor de gasificación 16 indirecta o directamente mediante tubería 30.

5 El reactor de gasificación 16 conforme fig. 1, o conforme fig. 4 (imagen parcial) opera a presión atmosférica. Este está dividido en cabeza de gasificación 61, parte media de gasificación 62 y pie de gasificación 63. El biocarbón recibido en el tanque de enfriamiento 9 se introduce en la cabeza 61 a través de un orificio de relleno 64. Allí éste se calienta hasta una temperatura de alrededor de 900°C suministrando calor de la parte media 62, donde comienza la gasificación ulterior del carbón, o el biocarbón.

10 Con esta temperatura el biocarbón llega a la parte media 62 del reactor de gasificación 16. Ahí es donde se realiza la gasificación a temperaturas superiores a 900°C. El gas de reacción separado del biocarbón durante este proceso alcanza temperaturas de hasta 1800°C. A través de un proceso dirigido del proceso de reacción, con la ayuda de aparato de cómputo por manejo manual, la temperatura de las sustancias sólidas remanentes en el reactor de gasificación 16 se limita de modo a que las cenizas no se derritan.

15 Como se ve en la fig. 4 el reactor de gasificación 16 está compuesto por una carcasa exterior 66 en la que se ubica el cuerpo 67 del reactor en una parte que asemeja embudo, cuya parte superior es de mayor sección transversal que la parte media. El pie 63 del reactor de gasificación se extiende hacia su parte de salida. La salida está compuesta por múltiples orificios de salida 68 en el pie 63 del reactor de gasificación para descargar el gas de reacción y las cenizas.

20 El gas de reactor pasa a través de los orificios de salida 68 de la pared interna 69 perforada, en parte cilíndrica o cónicamente extendida del pie 63 del reactor de gasificación a una brecha claro en forma de anillo 70 formado entre la pared externa 71 y la pared interna 69 del pie 63 del reactor de gasificación.

25 El reactor de gasificación 16 está conectado más adelante –indirecta o directamente– con unidad depuradora como separador ciclónico 18 y/o lavador por burbujeo 20. De ahí el gas se conduce a un compresor de gas 44 y/o motor de gas 48.

El reactor de gasificación 16 está conectado también mediante la tubería 30 con el depósito de gas de reacción 21 (fig. 1). Además el reactor de gasificación 16 tiene orificios de servicio 82 que en caso de necesidad se pueden abrir.

30 En la parte superior de la carcasa del cuerpo 66 del reactor de gasificación 16 hay uno o más orificios de salida 72 distribuidos a lo largo de la periferia, a través de los cuales el gas de reactor sale del reactor de gasificación 16. A éstos se conectan tuberías 73 que terminan en uno o más separadores de polvo que están ejecutados, por ejemplo, como separadores ciclónicos 18 y de los cuales del gas de reactor se suministra para su utilización ulterior, o hacia consumidores como motor de gas 48 o compresor de gas 44. Las cenizas se descargan por el lado inferior del pie 63 del reactor de gasificación a través de un orificio de escape 65 y de ahí, por medio de unidad transportadora se llevan a un contenedor de desechos.

35 En la parte inferior del perímetro externo de la parte media 62 del reactor de gasificación se proveen una o más boquillas de gas 74, respectivamente, unidades fundentes 74 conectadas térmicamente de modo que del reactor de carbonización 1 y, de ser necesario, de la unidad de enfriamiento, en la zona de gasificación del reactor de gasificación 16 se puede soplar gas de escape de reacción 75. De este modo, las sustancias residuales que han quedado, como compuestos de azufre y cloruro, se incineran con ayuda de las temperaturas altas.

40 El reactor de gasificación 16 (fig. 1 y fig. 4) y/o el tanque de enfriamiento 9 se enfrían mediante unidad de enfriamiento 49 y están envueltos de carcasa de enfriamiento 51 y, respectivamente, 52. La unidad de enfriamiento 49 es alimentada de agua refrigerante con lo que al reactor de gasificación 16 se puede suministrar al menos agua refrigerante de la carcasa de enfriamiento 51 del tanque de enfriamiento 9 vía tubería 54.

45 El calor recibido del medio refrigerante se puede utilizar para evaporar el agua refrigerante y también para recalentar el vapor de alta presión obtenido 76.

El reactor de gasificación 16 puede trabajar ininterrumpidamente. La biomasa se suministra en intervalos cortos o continuamente. El gas de reacción y las cenizas salen del reactor de gasificación 16 constantemente como un flujo volumétrico o flujo másico.

50 Los reactores 1 y 16 descritos operan casi simultáneamente. Al ubicar el tanque de enfriamiento 9 y el reactor de gasificación 16 conforme fig. 4 como una unidad operativa se obtiene una estructura que ahorra lugar. Como se ha señalado anteriormente, el suministro de la biomasa se realiza por encima del aparato, que consiste de reactor de carbonización 1, tanque de enfriamiento 9, reactor de gasificación 16. Por la compuerta a presión en la tolva 2 la biomasa se recibe y suministra al reactor de gasificación 16. Esta pasa a través del mismo de arriba hacia abajo y después de la carbonización realizada cae en el tanque de enfriamiento 9. Durante la operación continua del tanque de enfriamiento 9 que recibe biocarbón del reactor de carbonización 1, éste trabaja ininterrumpidamente a temperaturas entre 200° y 1200°C, preferiblemente entre 400° y 800°C. Aquí también se forma gas de reacción que de modo indirecto o directo se suministra al reactor de gasificación 16 a través de la tubería 30.

55 Otra posibilidad de construir el aparato total, compuesto de reactor de carbonización 1, tanque de enfriamiento 9 y reactor de gasificación 16 se ilustra en la fig. 4. Esta posibilidad se ofrece si, debido a falta de lugar, no es posible hacer un montaje vertical. El biocarbón que sale del tanque de enfriamiento 9 es transportado mediante unidades transportadoras mecánicas, como correa transportadora o tornillo sin fin 77 a la tolva de relleno del reactor de gasificación 16 colocado en vecindad, suministrándolo constantemente a éste.

60

En la fig. 3 se detalla cómo transcurre el proceso en toda la instalación.

El reactor de gasificación 16 está conectado a través de tubería 34 a una unidad de procesamiento ulterior 36 para tratamiento y/o procesamiento seguido del carbón obtenido en el reactor de gasificación (16).

- 5 PUNTO APARTEEI vapor saturado, formado en el reactor de gasificación 16, se conecta a través de ducto que conduce vapor saturado 38 a un consumidor de vapor o a una instalación de calefacción y/o a motor de pistones a vapor 42. El gas de reacción obtenido en toda la instalación o en el primer reactor de carbonización 1 primero se suministra indirecta o directamente a un separador ciclónico 18 y/o limpiador por burbujeo 20 y luego a un deshidratador 56 o indirecta o directamente a un compresor 44 o consumidor 48.
- 10 Una o más tuberías 26 – 34, 38, 50, 53, 54 pueden estar provistas de válvulas de mando que podrían ser desconectadas o conectadas manualmente o a través de mecanismos de accionamiento, en cuyo caso los mecanismos de accionamiento se manejan por una unidad computadora en dependencia del proceso operativo.

15 **Valores del análisis del estado de la técnica del HTC**
(Carbonización hidrotérmica) carbón de leña

Tabla 1	Análisis	Carbón de leña secado al aire libre HTC	Carbón de leña seco HTC
Análisis total %	Humedad	8,8	0,0
	Cenizas	6,9	7,6
	componentes volátiles	58,5	64,1
	Carbono fijo	25,8	28,3
Azufre	Azufre total	0,58	0,6
Nivel calorífico Kcal/kg	Nivel calorífico bajo Kcal/kg	4668	5169
	Nivel calorífico alto Kcal/kg	4969	5446
Análisis de elementos	C	53,86	59,00
	H	5,92	5,4
	N	5,36	5,9
	O	34,86	29,7

Valores del análisis de la instalación y el aparato conforme la invención

Tabla 2	Análisis	Carbón de leña original	Carbón de leña secado al aire	Carbón de leña seco
Análisis total %	Humedad	34,9 %	21,6 %	0,0 %
	Cenizas	1,9 %	2,3 %	2,9 %
	componentes volátiles	24,2 %	29,2 %	37,2 %
	Carbono fijo	39,0	46,9	59,9
Azufre	Azufre total	0,2	0,2	0,2
Nivel calorífico Kcal/kg	Nivel calorífico bajo Kcal/kg	4382	5392	7030
	Nivel calorífico alto Kcal/kg	4730	5699	7269
Análisis de elementos	C	63,2		83,64
	H	5,56		4
	N	0,22		0,29
	O	30,82		14,89

20

25

30

Reivindicaciones

- 5 1. Aparato de carbonización y gasificación termoquímica de biomasa húmeda, especialmente con contenido de agua y/o seca, para la producción de un portador de energía y/o materia prima mediante un reactor de carbonización (1) calentable, teniendo un orificio de entrada (13) con posibilidad de cierre, en el que la biomasa se transforma en portador de energía y/o materia prima sólido, a granel y/o gaseoso y se descarga por un orificio de salida (14) con posibilidad de cierre a un tanque de enfriamiento (9) para almacenamiento intermedio del portador de energía y/o
- 10 materia prima, conectado con el reactor de carbonización (1), siendo este tanque de enfriamiento, conectado a un reactor de gasificación (16) en el que de la biomasa se separan gas y residuos, como cenizas, **caracterizado porque**
- a) al reactor de carbonización (1) que está eficientemente conectado con un elemento de calefacción (4), específicamente, envuelto en una carcasa térmica, existe la posibilidad de suministrar energía térmica exterior (60) a través de una tubería adicional (31) que conecta el reactor de gasificación (16) y el reactor de carbonización (1) tiene la posibilidad de suministrar energía térmica adicional al menos del reactor de gasificación,
- 15 b) existe la posibilidad de suministrar energía de enfriamiento del tanque de enfriamiento (9) al reactor de gasificación a través de una tubería (54) que conecta el reactor de gasificación (16) y el tanque de enfriamiento (9),
- c) existe la posibilidad de suministrar humedad, especialmente agua, al tanque de enfriamiento (9) a través de otra tubería (51) para asegurar el aproximadamente constante curso del proceso,
- 20 d) del reactor de carbonización (1) y/o del tanque de enfriamiento (9) existe la posibilidad de suministrar el gas de reacción al tanque de gas (21) a través de tubería (28, 30) que conecta el reactor de carbonización (1) y el tanque de gas (21), en cuyo caso existe la posibilidad de suministrar el gas de reacción de nuevo al reactor de gasificación (16) a través de tubería (78) que conecta el reactor de gasificación (16) y el tanque de gas (21).
- 25 2. Aparato conforme reivindicación 1, **caracterizado porque** la biomasa húmeda recibida en el reactor de carbonización (1) se evapora bajo presión entre 5 y 30 bar, con presión recomendada entre 15 y 25 bar, especialmente a presión de alrededor de 20 bar y a temperaturas entre 200° y 1200°C, con recomendación entre 400° y 800°C, formándose un gas de reacción, pudiendo suministrar este gas al reactor de gasificación (16) indirecta o directamente mediante tubería (30).
- 30 3. Aparato conforme reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado porque** el reactor de gasificación (16) tiene la capacidad de operar en temperaturas entre 1200° y 1800°C, con recomendación entre 1000° y 1400°C y que durante el proceso operativo se puede transmitir energía térmica mediante una tubería (31) que conecta el reactor de gasificación (16) y el reactor de carbonización (1).
- 35 4. Aparato conforme una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** al reactor de gasificación (16) vía tubería (22) está conectado un separador ciclónico (18) y/o lavador de gases (20), en cuyo caso entre el separador ciclónico (18) y/o el lavador de gases (20) se puede instalar un intercambiador de calor que puede bajar la temperatura del gas hasta la temperatura de operación del intercambiador de calor entre 40°C y 80°C, o entre 50°C y 60°C con lo que la energía separada se puede suministrar a una instalación de calefacción y/o revertir de nuevo al proceso operativo de la instalación, y que la energía térmica liberada por el intercambiador de calor (40) se puede suministrar vía tubería (41) a un consumidor, como por ejemplo una instalación de calefacción.
- 40 5. Aparato conforme una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** las sustancias nocivas o las sustancias obstaculizantes liberadas en el reactor de carbonización (1) y/o en el tanque de enfriamiento (9) pueden ser destruidas total o al menos parcialmente con ayuda de una instalación térmica, o separadas como desecho.
- 45 6. Aparato conforme reivindicación 1, **caracterizado porque** el reactor de gasificación (16) está conectado vía tubería (34) a una unidad de procesamiento (36) para tratamiento y/o procesamiento ulterior del carbón obtenido en el reactor de gasificación.
- 50 7. Aparato conforme una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el tanque de enfriamiento (9) y/o el reactor de gasificación (16) está conectado vía tubería (34) a la unidad de procesamiento (36) para tratamiento o procesamiento ulterior del carbón obtenido en el tanque (9) y/o en el reactor de gasificación (16).
- 55 8. Aparato conforme una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** en el reactor de gasificación (16) se puede obtener vapor saturado que, mediante tubería de vapor saturado (42) está unido a un consumidor o a una instalación de calefacción y/o a un motor de pistones a vapor.
- 60

9. Aparato conforme una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el reactor de gasificación (16) está conectado vía al menos una tubería (53) a un consumidor o al menos a un compresor de gas y/o motor de gas (48).

5 10. Aparato conforme una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el reactor de gasificación (16) y/o el tanque de enfriamiento (9) se pueden enfriar mediante unidad de enfriamiento (49) o, respectivamente, estar envuelto en una carcasa de enfriamiento (51, 52), y que la unidad de enfriamiento (49) es alimentada con agua refrigerante en cuyo caso al menos el agua refrigerante de la carcasa de enfriamiento (51) del tanque de enfriamiento (9) se suministra también por tubería (54) al reactor de gasificación (16).

10 11. Aparato conforme alguna de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** en una o más tuberías (26 – 34, 38, 40, 50, 53, 54) están previstas válvulas de cierre que pueden ser conectadas o desconectadas manualmente o mediante un mecanismo de accionamiento, pudiendo estos mecanismos de accionamiento ser manejados por una unidad de cómputo dependiendo del proceso operativo.

15 12. Método de carbonización y gasificación termoquímica de biomasa húmeda, especialmente con contenido de agua y/o seca, para la producción de un portador de energía y/o materia prima de biomasa húmeda y/o seca, haciendo uso del aparato conforme a una de las reivindicaciones anteriores 1-11 **caracterizado por los siguiente pasos:**

20 a) La biomasa se transforma en un portador de energía y/o materia prima sólido, a granel o gaseoso en reactor de carbonización (1) con la ayuda de energía térmica externa (60) y energía térmica adicional suministrada al reactor de carbonización (1) por parte de la instalación.

b) El gas obtenido en el reactor de carbonización (1) es recibido en un tanque de gas de reacción (21).

25 c) El gas de reacción obtenido o el que se halla en el reactor de carbonización y en el tanque de enfriamiento se suministra indirecta o directamente al reactor de gasificación (16).

d) Al menos una parte de la energía obtenida con el método de carbonización y gasificación termoquímica de biomasa húmeda que específicamente contiene agua y/o está seca es devuelta al proceso tecnológico y específicamente al reactor de carbonización (1).

e) El carbón obtenido en el reactor de gasificación (16) se suministra a la unidad de procesamiento (36).

30 f) La energía suministrada al tanque de enfriamiento (9) se suministra simultáneamente o luego a la carcasa de enfriamiento (52) del reactor de gasificación (16).

g) La energía liberada generada en el reactor de gasificación (16) o el vapor saturado se suministra a uno o más consumidores, como instalación de calefacción y/o motor de pistones al vapor.

35

40

45

50

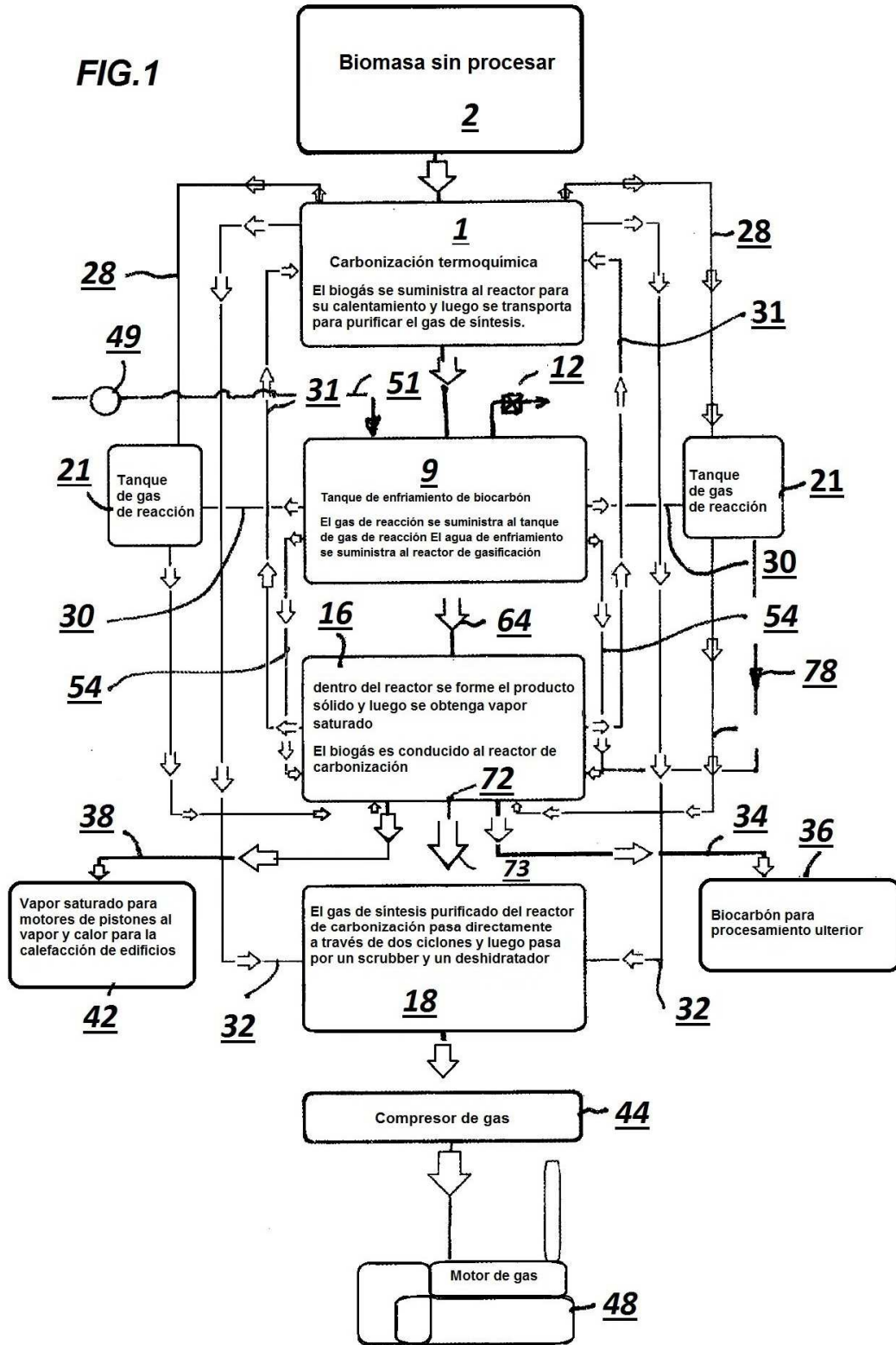


Fig. 2

