

OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 345 760**

② Número de solicitud: 201031169

⑤ Int. Cl.:
F01K 23/10 (2006.01)
F01K 3/18 (2006.01)

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

② Fecha de presentación: **28.07.2010**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **30.09.2010**

④ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
30.09.2010

⑦ Solicitante/s:
SUES TECHNOLOGY & SOLUTIONS, S.L.
Avda. Diagonal, 698
08034 Barcelona, ES

⑦ Inventor/es: **Sues Caula, Ana**

⑦ Agente: **Durán Moya, Luis Alfonso**

⑤ Título: **Procedimiento para la generación de electricidad a partir de biomasa.**

⑤ Resumen:

Procedimiento para la generación de electricidad a partir de biomasa.

Procedimiento para la producción de electricidad a partir de biomasa, que comprende los pasos de gasificación de la biomasa para producir un gas de síntesis, quemado del gas de síntesis en una turbina de gas para producir electricidad y utilización de los gases de combustión de la salida de la turbina de gas como fuente de calor para la producción adicional de energía mediante un ciclo de Rankine, caracterizado porque durante el ciclo Rankine se produce al menos un recalentamiento intermedio del vapor del fluido de trabajo del ciclo Rankine mediante aportación de calor procedente del gas de síntesis antes de que dicho gas sea combustionado en la turbina de gas.

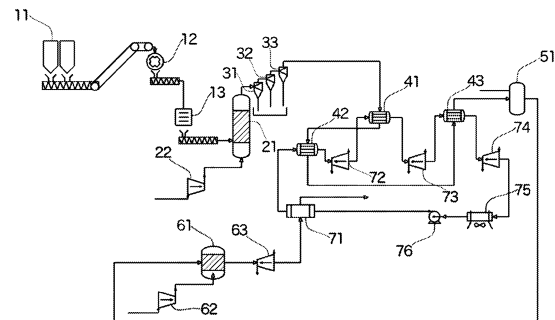


FIG.2

ES 2 345 760 A1

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la generación de electricidad a partir de biomasa.

5 La presente invención hace referencia a un procedimiento para la generación de electricidad a partir de biomasa.

Más en particular, la presente invención está relacionada con mejoras en la eficiencia de plantas de gasificación integrada de biomasa (Biomass Integrated Gasification Plants-BIGCC). Si bien la invención no se limita necesariamente a un determinado tipo de biomasa, la presente invención es de especial aplicación a residuos forestales o cultivos energéticos lignocelulósicos (por ejemplo *Paulownia elongata*) En particular se prevé, por ejemplo, el uso de residuos urbanos y residuos procedentes de cereales, si bien podrían obtenerse en este caso eficiencias menores a las reseñadas.

15 Existen en funcionamiento en diferentes lugares plantas de gasificación integrada de biomasa que operan con un esquema similar. En particular, varias de ellas acoplan a la gasificación un ciclo combinado de generación de electricidad. Sin embargo, la eficiencia neta de dichas plantas debe ser aún mejorada.

Más en particular, el ciclo combinado varía entre BIGCCs.

20 Entre las BIGCCs instaladas en Europa, se pueden citar, por ejemplo, instalaciones de Norrsundet (Suecia), Carbona (Dinamarca), Lausitz (Alemania), Chianti (Italia), Lahti (Finlandia) y Güssig (Austria). La eficiencia en aplicaciones de producción de electricidad de estas plantas varía entre el 20% y el 35%.

25 Asimismo, son conocidos diferentes instalaciones y procesos de producción que combinan una gasificación de biomasa, un ciclo Brayton de turbina de gas y un ciclo Rankine de vapor.

El documento US2007/0204620A1 da a conocer un procedimiento de aprovechamiento de gas de síntesis en el que el gas de síntesis es directamente quemado, previa compresión, junto con agua, en una turbina de gas aeroderivada. El calor residual de ciclo Brayton es utilizado en un ciclo Rankine de una única turbina de vapor con una única expansión escalonada en tres etapas. El aprovechamiento térmico del procedimiento se produce en el generador de vapor de recuperación de calor que utiliza los gases de combustión exhaustados de la turbina. El agua inyectada al gas de síntesis provoca problemas de corrosión y complica la instalación.

35 El documento DE4342165C1, da a conocer un proceso de gasificación de biomasa con un aprovechamiento energético del gas de síntesis obtenido mediante un ciclo combinado. La gasificación se produce a presión atmosférica. El gas de síntesis tras pasar fases de limpieza física y químicas, debe ser enfriado hasta 30°C y posteriormente comprimido para ser quemado en la turbina de gas. El gas de síntesis también es utilizado para ser combustionado directamente para la producción de vapor en el ciclo Rankine. El ciclo Rankine comprende una única expansión del vapor en una turbina de dos fases.

40 El documento JP63140805 da a conocer un procedimiento de producción de electricidad a partir de la biomasa que comprende una gasificación, un ciclo combinado y un combustor adicional de gas de síntesis. El ciclo Rankine es de tipo regenerativo con una extracción que es llevada a un intercambiador de tipo abierto. La mezcla debe ser luego presurizada y recalentada, lo que limita la potencia de la turbina y complica la instalación. El fluido del ciclo Rankine es vaporizado y recalentado utilizando el aporte de calor del combustor adicional de gas de síntesis y de sus gases de combustión. La mezcla del intercambiador abierto es vaporizada y recalentada utilizando una mezcla de gases de combustión procedentes de la turbina de gas y del combustor adicional de gas de síntesis.

50 El documento US6032456B1 da a conocer un procedimiento para la generación de electricidad que incluye una gasificación presurizada, una desulfuración en caliente, enfriamiento del gas de síntesis y limpieza de partículas en frío. El gas obtenido es utilizado en un ciclo combinado de una única turbina de gas en el que el vapor es evaporado mediante aportación de calor del gasificador mediante un intercambiador colocado en el gasificador presurizado y del los gases de combustión exhaustados.

55 Un objetivo principal de la presente invención es la mejora de la eficiencia o rendimiento energético ofrecida por la técnica conocida (definiendo la eficiencia o rendimiento como la potencia neta dividida entre el consumo o input neto).

60 Para obtener dicho objetivo, así como otros objetivos adicionales, la presente invención se centra, entre otros puntos, en la mejora de las condiciones de gasificación y la integración térmica del proceso. Asimismo, la presente invención también prevé de manera preferente la optimización del ciclo combinado mediante la incorporación de tres turbinas de vapor con calentamiento intermedio.

65 Igualmente, la colocación y condiciones operacionales de los intercambiadores de calor de la presente invención y sus realizaciones preferentes son tales que el contenido calórico extraído del gas de síntesis durante su enfriamiento es utilizado extensivamente.

ES 2 345 760 A1

Asimismo, en realizaciones preferentes, la presente invención también prevé un diseño de las condiciones de operación del quemador tal que los gases de combustión cumplen con los requerimientos medioambientales de tipo legal.

5 Más en particular, la presente invención comprende un procedimiento para la producción de electricidad a partir de biomasa, que comprende los pasos de gasificación de la biomasa para producir un gas de síntesis, quemado del gas de síntesis en una turbina de gas para producir electricidad y utilización de los gases de combustión de la salida de la turbina de gas como fuente de calor para la producción adicional de energía mediante un ciclo de Rankine. En el procedimiento objeto de la presente invención, durante el ciclo Rankine, se produce al menos un recalentamiento intermedio del vapor del fluido de trabajo del ciclo Rankine mediante aportación de calor procedente del gas de síntesis antes de que dicho gas sea combustionado en la turbina de gas.

De esta manera, la presente invención provoca un enfriamiento de los gases de síntesis mediante un aprovechamiento que permite ventajosamente que el gas de síntesis sea limpiado (muy preferentemente mediante un limpiado de tipo químico) tras haber cedido calor al fluido de trabajo del ciclo de Rankine y antes de ser combustionado en la turbina de gas, disponiendo en ese momento el gas de síntesis de una temperatura óptima. La temperatura de los gases de síntesis a la salida del gasificador es más que adecuada para realizar un recalentamiento intermedio del fluido de trabajo de ciclo Rankine.

20 El fluido de trabajo de ciclo Rankine es preferentemente agua.

De manera novedosa para este tipo de instalaciones, la presente invención prevé que el ciclo de Rankine comprenda tres expansiones del vapor de agua con dos recalentamientos intermedios.

25 Más ventajosamente, en ambos recalentamientos, el fluido de trabajo del ciclo Rankine se calienta con el calor procedente del gas de síntesis antes de que dicho gas sea combustionado en la turbina de gas. Esto resulta ventajoso gracias a la alta temperatura del gas de síntesis tras la gasificación, resultando conveniente, sin embargo, disminuir su temperatura, por lo que la utilidad obtenida es doble.

30 La temperatura de gasificación es más adecuada para la presente invención cuando la gasificación se produce por combustión parcial a una temperatura superior a la atmosférica. Aún más preferentemente la gasificación de la presente invención se produce en un lecho fluidizado.

Preferentemente, el fluido de trabajo del ciclo de Rankine es evaporado utilizando calor procedente de los gases de combustión de la turbina de gas, antes de entrar en una primera fase de expansión del vapor del ciclo Rankine.

Más preferentemente, tras la evaporación del fluido de trabajo del ciclo Rankine, el vapor obtenido es recalentado mediante aportación de calor procedente del gas de síntesis.

40 También de manera preferente, el gas de síntesis sufre una fase de limpieza física antes de intercambiar calor con el fluido de trabajo del ciclo de Rankine.

Aún más preferentemente, dicha fase de limpieza física se lleva a cabo haciendo pasar el fluido de síntesis a través de unos ciclones.

45 El control de las condiciones de operación del procedimiento según la presente invención es de gran importancia para la obtención de una mayor eficiencia.

De acuerdo con los estudios, pruebas y simulaciones realizadas por la inventora, el rango de presiones preferente en el que se realiza la gasificación es de entre 5 y 15 bar.

La temperatura de gasificación preferente es de entre 800 y 1200°C.

55 De manera ventajosa, el gas de síntesis es combustionado a una presión de entre 5 y 15 bar antes de entrar en la turbina de gas en un quemador que recibe el gas de síntesis y aire previamente comprimido.

También de manera ventajosa, se regula la entrada de aire comprimido en el quemador para limitar la temperatura de entrada a la turbina de gas de los gases de combustión del gas de síntesis a un máximo de 1300°C.

60 En cuanto a la expansión en la turbina de gas, preferentemente, los gases de gas se expansionarán hasta una presión de 1 bar y una temperatura de aproximadamente 650°C.

En cuanto a los rangos de trabajo preferidos por la presente invención para el ciclo Rankine, el vapor del fluido de trabajo del mismo será recalentado preferentemente hasta una temperatura de entre 350 y 500°C.

65 La presión máxima preferente del fluido de trabajo del ciclo Rankine se situará entre 150 250 bar.

ES 2 345 760 A1

La presión mínima del fluido de trabajo del ciclo Rankine (presión condensador) será preferentemente de entre 0,05 y 0,15 bar.

5 Para una mejor comprensión de la invención, se adjunta a título de ejemplo explicativo pero no limitativo, unos dibujos de una realización de la presente invención.

La figura 1 representa esquemáticamente un diagrama de bloques de un ejemplo de proceso BIGCC de tipo estándar al que se aplica la presente invención.

10 La figura 2 representa esquemáticamente un ejemplo de realización de una planta que lleva a cabo un ejemplo de proceso según la presente invención.

La figura 3 representa un diagrama T-s (temperatura-entropía) de un ejemplo de ciclo de Rankine de vapor aplicable en una realización especialmente preferente de la presente invención.

15 Las figuras 1 a 3 ilustran un ejemplo de realización preferente de la presente invención. El ejemplo mostrado es un ejemplo particular de la presente invención, que no queda necesariamente limitada por éste.

20 El camino indicado en la figura 1 hace referencia a la generación de electricidad mediante un procedimiento IGCC (Integrated Gasification Combined Cycle) o BIGCC (Biomasa Integrated Gasification Combined Cycle).

El proceso del ejemplo se inicia con un pretratamiento (1) de la biomasa recibida y almacenada en unos silos (11). En el caso del ejemplo, la biomasa puede ser residuos forestales o cultivos energéticos lignocelulósicos.

25 La biomasa es extraída de un almacén y transportada a un molino (12) para reducción del tamaño de partícula de la biomasa hasta un tamaño adecuado para favorecer su posterior secado y gasificación. Tras el molino (12), la biomasa es llevada a un secador (13) para asegurar que la humedad de la biomasa a la entrada del gasificador es inferior al 10% en masa. El secado puede realizarse por aporte de calor para provocar una evaporación del agua y de la humedad de la biomasa. El calor puede, por ejemplo, provenir del gas de síntesis, si bien cualquier otra fuente de calor es posible, puesto que el calor necesario para el secado es relativamente pequeño en comparación con la magnitud de los flujos caloríficos del resto de la planta.

30 Tras el pretratamiento (1), la biomasa pasa al proceso de gasificación (2). Para ello, se envía a un gasificador (21). En el ejemplo mostrado, el gasificador (21) es un gasificador presurizado de lecho fluidizado en el que entra tanto la biomasa tratada como un flujo de aire a presión. El aire a presión es proporcionado por un compresor (22) que toma aire del ambiente y que es accionado eléctricamente.

35 Las condiciones preferentes de funcionamiento del gasificador (21) son de entre 800 y 1200°C y de entre 5 y 15 bar. El objetivo de incorporar un gasificador es convertir residuos combustibles sólidos y líquidos en una forma gaseosa o gaseosoide (gas de síntesis) que la turbina de gas (63) puede aceptar.

Tras el gasificador (21), el gas pasa por una limpieza física (3) haciéndolo pasar por una serie de ciclones (31), (32), (33) para la eliminación de cenizas y de otras partículas e impurezas.

45 Posteriormente, los gases de síntesis pasan una fase de enfriamiento (4) en la que son refrigerados hasta una temperatura que permite llevar a cabo reacciones químicas de limpieza (5) de contaminantes. El calor extraído del gas de síntesis es utilizado, al menos parcialmente, para generar vapor recalentado que será expandido en las turbinas (72), (73), (74) del ciclo de Rankine. En particular, en el ejemplo mostrado, el gas de síntesis es refrigerado en tres intercambiadores de calor (41), (42), (43). Más en particular, en el primer intercambiador de calor (41), el calor extraído al gas es utilizado para realizar el primer recalentamiento intermedio del ciclo de Rankine. En el segundo intercambiador (42), el calor extraído al gas de síntesis es utilizado para recalentar el vapor procedente del evaporador (71) del ciclo Rankine (7). En el tercer intercambiador (43), el calor extraído del gas de síntesis es utilizado para conseguir el segundo recalentamiento intermedio del ciclo de Rankine.

55 Asimismo, si bien no se ha representado, el calor extraído del gas podría utilizarse también para unas calderas de la unidad de limpieza (5). Asimismo, también podrá utilizarse para aportar calor al secador (13) de la fase de pretratamiento (1) de la biomasa.

60 Tras alcanzar una temperatura adecuada mediante cesión al fluido de trabajo del ciclo Rankine en este caso, agua, el gas de síntesis entra en la unidad de limpieza (51) en el que mediante procesos químicos se eliminan determinados contaminantes. En particular, se persigue la eliminación de compuestos de nitrógeno y azufre, que son precursores de la lluvia ácida y de la niebla tóxica fotoquímica. Si bien la relativamente baja temperatura de funcionamiento del gasificador (21) y las condiciones de déficit de oxígeno del mismo no favorecen la formación de NO_x y SO_x, no es posible evitar la formación de las formas reducidas NH₃ y H₂S. Sin la presencia de la fase de limpieza química (5), dichas formas reducidas serían posteriormente oxidadas, formando NO_x y SO_x, bien en el combustor (61) o bien durante la circulación de los gases de combustión que se produce tras la combustión. Las citadas formas reducidas contribuirían en este caso con un 75-95% del NO_x emitido con los gases de combustión. Por lo tanto, la limpieza química contribuye a la eliminación de un 75-95% de las emisiones de NO_x.

ES 2 345 760 A1

La formación de compuestos NO_x restante es de origen térmico, formándose a altas temperaturas partir de N_2 el aire inyectado. Diferentes métodos de limpieza (5) química de estos contaminantes son sobradamente conocidos por el experto en la materia y, por lo tanto, no serán explicados en profundidad.

5 Tras pasar la unidad de limpieza (51), el gas de síntesis limpio alimenta el ciclo combinado, que comprende un ciclo Brayton (6) cuyo calor residual alimenta a su vez un ciclo Rankine (7).

10 El ejemplo mostrado comprende una única turbina de gas (63) para el ciclo Brayton (6) en el que, tras ser quemados en un combustor (61), los gases de combustión calientes son expandidos hasta una temperatura de aproximadamente 650°C y 1 bar. Estos gases de combustión residuales son utilizados para generar el vapor del ciclo Rankine (7). Preferentemente, el flujo másico de aire comprimido introducido en la cámara de combustión (61) mediante el compresor (62) del ciclo Brayton (6) es regulado para asegurar una combustión completa y controlar que la temperatura de los gases de combustión que abandonan el combustor (61) no exceda 1300°C . Mediante el control de esta temperatura se limita la producción de NO_x de origen térmico y alarga la vida de los álabes de la turbina de gas (63).

15 Como ventaja del procedimiento del ejemplo, puede citarse que el ciclo del ejemplo carece de compresión de los gases de síntesis. En efecto, al realizarse la gasificación (2) en condiciones de presurización adecuadas, no es necesario comprimir el gas de síntesis previo a su combustión, con lo cual se evitan los problemas de funcionamiento asociados a la existencia de un compresor de gases de síntesis. Dichos problemas son numerosos debido a la temperatura relativamente alta de los gases de síntesis, la existencia de partículas que hayan podido escapar de los ciclones y la eventual existencia de pulsos de presión procedentes del proceso de gasificación (2) y/o limpiado (3), (5). Asimismo, al estar presurizados, los conductos necesarios para conducir los gases de síntesis a través de los ciclones (31), (32), (33), los intercambiadores (41), (42), (43) y la unidad de limpieza (51) son de un diámetro mucho menor y se evitan problemas de pérdida de carga asociadas a la circulación del gas de síntesis. La gasificación presurizada contribuye a incrementar la eficiencia energética global de la instalación.

25 El ciclo Rankine (7) opera con 3 turbinas (72), (73), (74) con calentamiento intermedio entre cada una de las turbinas. Cada turbina (72), (73), (74) trabaja en condiciones diferentes. El fluido de trabajo de ciclo Rankine del ejemplo es agua.

30 El ciclo (7) se inicia en el evaporador (71), en el que el fluido de trabajo del ciclo Rankine, agua en este caso, es evaporado, alcanzado la temperatura de evaporación correspondiente a la presión de trabajo máxima del ciclo Rankine. El aporte de calor para la evaporación es realizado por los gases de combustión exhaustados que salen de la turbina de gas (63). Tras salir del evaporador, el fluido de trabajo del ciclo Rankine es recalentado en el segundo intercambiador (42) pasando de ahí a la primera turbina.

35 En la primera turbina (72), se expande el vapor sobrecalentado desde el valor máximo de presión del ciclo hasta un primer valor intermedio de presión, tras lo cual el vapor sufre un primer recalentamiento intermedio en el citado primer intercambiador (41), recibiendo calor del gas de síntesis, alcanzando de nuevo, típicamente, el valor de temperatura máximo alcanzado en el primer recalentamiento antes citado.

40 Tras el primer recalentamiento, el vapor se expande en la segunda turbina de gas (73) del primer valor intermedio de presión a un segundo valor intermedio de presión. Tras esta segunda expansión, el vapor es recalentado una segunda vez en el citado tercer intercambiador (43), de nuevo hasta la tercera turbina y pasa a la tercera turbina de gas (7).

45 A la salida de la última turbina el título de vapor (x_v) es preferentemente próximo a 1.

50 Se incorpora un condensador (75) para devolver al inicio del ciclo agua saturada. Un condensador adecuado para esta aplicación puede ser, por ejemplo, un aerocondensador (75).

55 Tras el condensador (75), una bomba (76) lleva el agua hasta la máxima presión de trabajo del ciclo Rankine y la impulsa de nuevo hasta el evaporador (71), volviendo a iniciarse el ciclo. Las condiciones de operación del ciclo de Rankine (7) explicado se muestran en el diagrama T-s para el fluido de trabajo (agua) de la figura 3. En la figura 3 se ha representado el ciclo de manera ideal, es decir, sin pérdida de entropía en los procesos de expansión. Ha de tenerse en cuenta que existirán pérdidas de entropía de los procesos de expansión que provocarían ligeras variaciones en los parámetros de funcionamiento reales, pero son despreciables a los efectos del análisis que nos ocupa.

60 En el presente ejemplo se citan valores especialmente preferentes de los parámetros de funcionamiento de la planta. De acuerdo con las simulaciones realizadas por la inventora, las condiciones preferentes de funcionamiento del vapor quedan comprendidas dentro del rango $350\text{-}500^\circ\text{C}$ de temperatura máxima del vapor sobrecalentado, $150\text{-}250$ bar de presión máxima de funcionamiento del agua y $0,05\text{-}0,15$ bar como presión de alimentación de agua al ciclo.

65 Fijar dichas condiciones es esencial para mejorar la potencia eléctrica neta producida durante el proceso. La eficiencia energética global obtenido mediante el procedimiento objeto de la presente invención, definida esta como el cociente entre la potencia eléctrica neta y la potencia calorífica total de la biomasa empleada, alcanza un $40\text{-}42\%$.

Asimismo, el proceso objeto de la presente invención es capaz de cumplir con los requerimientos administrativos en materia de emisiones. Se estima que la emisión de CO será 10 veces inferior a los límites actualmente impuestos.

ES 2 345 760 A1

El mantenimiento de la turbina de gas resulta crítico para el funcionamiento del proceso IGCC. La vida de la turbina puede resultar acortada debido a la erosión y a la corrosión a altas temperaturas causada por el impacto de partículas e impurezas presentes en los gases, tales como metales alcalinos. En las tablas 1 y 2 se resumen concentraciones máximas preferentes para el funcionamiento de una turbina adecuada para la presente invención. Estos requerimientos pueden variar en función del fabricante y modelo de turbina de gas. Las fases de limpieza física y química han de diseñarse teniendo en cuenta dichos requerimientos.

TABLA 1

Especificaciones preferentes para la turbina de gas. Elementos traza con gas de síntesis

Elemento	Concentración máxima
Potasio	< 1ppm
Sodio	< 1ppm
Plomo	< 1ppm
Zinc	< 1ppm
Alquitrán	< 0,5 mg/m ³
Partículas	< 0,1ppm

TABLA 2

Especificaciones preferentes de otras impurezas para una turbina de gas

Conjunto	Turbina de gas
Ceniza/partículas	<2 ppm
Alquitranes	< 0,5 mg/ m ³
S (H ₂ S + COS)	<20 ppm
N (HCN + NH ₃)	-
Alcalis	<0,03 ppm
Halógenos (HCl + HF)	<1 ppm
Metales pesados	<0,05 ppm

Todas las presiones dadas en el presente documento se expresan como presiones absolutas.

Si bien la invención se ha descrito con respecto a ejemplos de realizaciones preferentes, éstos no se deben considerar limitativos de la invención, que se definirá por la interpretación más amplia de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para la producción de electricidad a partir de biomasa, que comprende los pasos de gasificación de la biomasa para producir un gas de síntesis, quemado del gas de síntesis en una turbina de gas para producir electricidad y utilización de los gases de combustión de la salida de la turbina de gas como fuente de calor para la producción adicional de energía mediante un ciclo de Rankine, **caracterizado** porque durante el ciclo Rankine se produce al menos un recalentamiento intermedio del vapor del fluido de trabajo del ciclo Rankine mediante aportación de calor procedente del gas de síntesis antes de que dicho gas sea combustionado en la turbina de gas.
- 10 2. Procedimiento, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el ciclo Rankine comprende tres expansiones del vapor de agua con dos recalentamientos intermedios.
- 15 3. Procedimiento, según la reivindicación 2, **caracterizado** porque en ambos recalentamientos, el vapor del fluido de trabajo se calienta con el calor procedente del gas de síntesis antes de que dicho gas sea combustionado en la turbina de gas.
- 20 4. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque el gas de síntesis es limpiado tras haber cedido calor al fluido de trabajo del ciclo de Rankine y antes de ser combustionado en la turbina de gas.
- 25 5. Procedimiento, según la reivindicación 4, **caracterizado** porque dicho limpiado es un limpiado de tipo químico.
- 30 6. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque el fluido de trabajo del ciclo de Rankine es evaporado utilizando calor procedente de los gases de combustión de la turbina de gas, antes de entrar en una primera fase de expansión del vapor del ciclo Rankine.
- 35 7. Procedimiento, según la reivindicación 6, **caracterizado** porque tras la evaporación del fluido de trabajo del ciclo Rankine, el vapor obtenido es recalentado mediante aportación de calor procedente del gas de síntesis.
- 40 8. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** porque el gas de síntesis sufre una fase de limpieza física antes de intercambiar calor con el fluido de trabajo del ciclo de Rankine.
- 45 9. Procedimiento, según la reivindicación 8, **caracterizado** porque dicha fase de limpieza física se lleva a cabo haciendo pasar el fluido de síntesis a través de unos ciclones.
- 50 10. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado** porque la gasificación se lleva a cabo mediante combustión parcial a una temperatura superior a la atmosférica.
- 55 11. Procedimiento, según la reivindicación 10, **caracterizado** porque la gasificación se produce en un lecho fluidizado.
- 60 12. Procedimiento, según la reivindicación 10 u 11, **caracterizado** porque la gasificación se realiza a una presión de entre 5 y 15 bar.
- 65 13. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, **caracterizado** porque la gasificación se realiza a una temperatura de entre 800 y 1200°C.
14. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizado** porque el gas de síntesis es combustionado a una presión de entre 5 y 15 bar antes de entrar en la turbina de gas en un quemador que recibe el gas de síntesis y aire previamente comprimido.
15. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, **caracterizado** porque se regula la entrada de aire comprimido en el quemador para limitar la temperatura de entrada a la turbina de gas de los gases de combustión del gas de síntesis a un máximo de 1300°C.
16. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, **caracterizado** porque en la turbina de gas, los gases de combustión se expansionan hasta una presión de 1 bar y una temperatura de 650°C.
17. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, **caracterizado** porque en el ciclo Rankine, el vapor del fluido de trabajo es recalentado hasta una temperatura de entre 350 y 500°C.
18. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17, **caracterizado** porque el fluido de trabajo del ciclo Rankine es llevado hasta una presión máxima de entre 150 y 250 bar.
19. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18, **caracterizado** porque la presión mínima del fluido de trabajo del ciclo Rankine es de entre 0,05 y 0,15 bar.

ES 2 345 760 A1

20. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19, **caracterizado** porque el fluido de trabajo del ciclo Rankine es agua.

5 21. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 20, **caracterizado** porque la biomasa son residuos forestales y/o cultivos energéticos lignocelulósicos.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

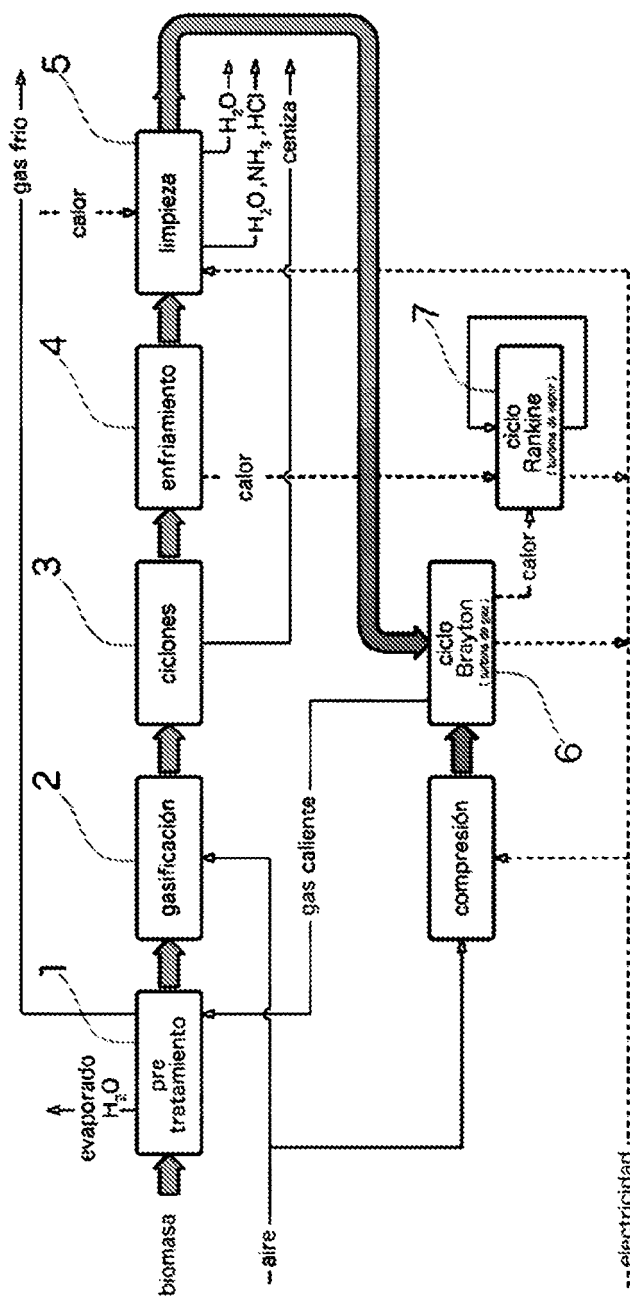


FIG.1

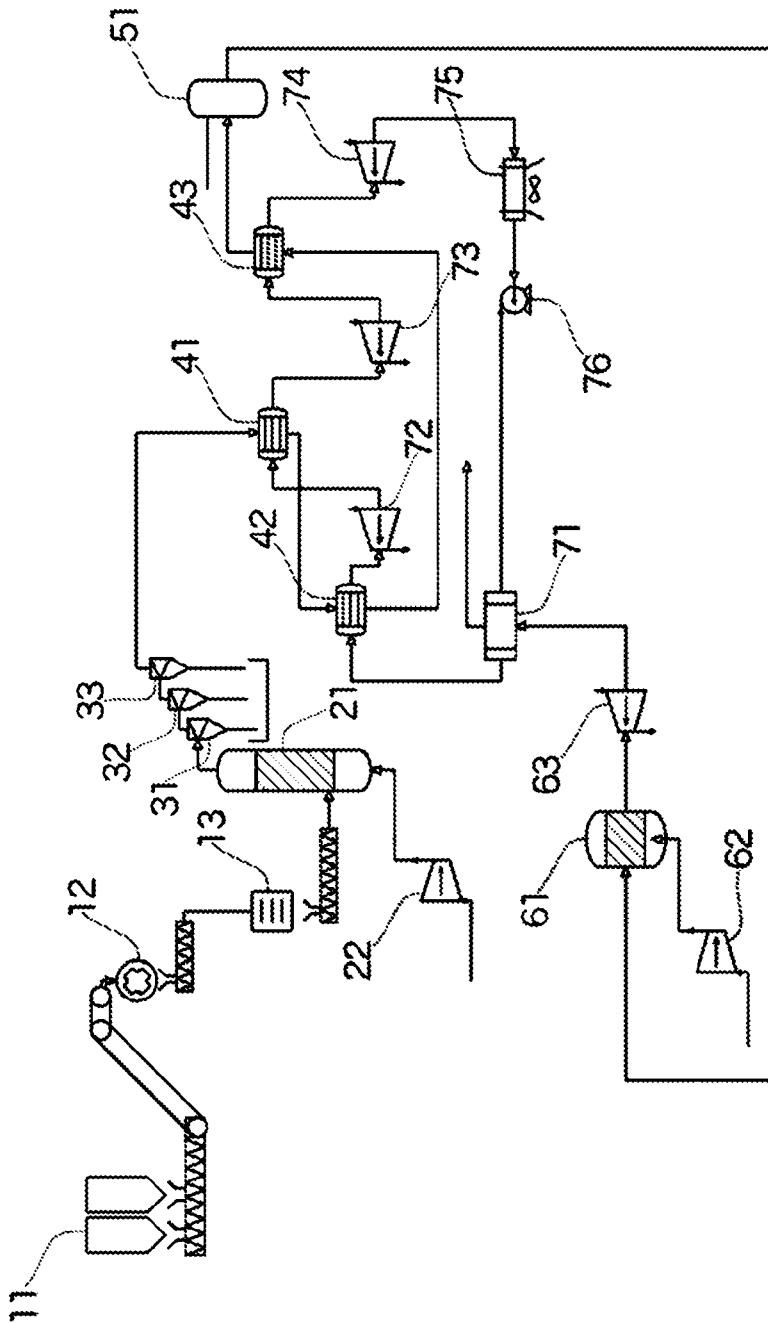


FIG.2

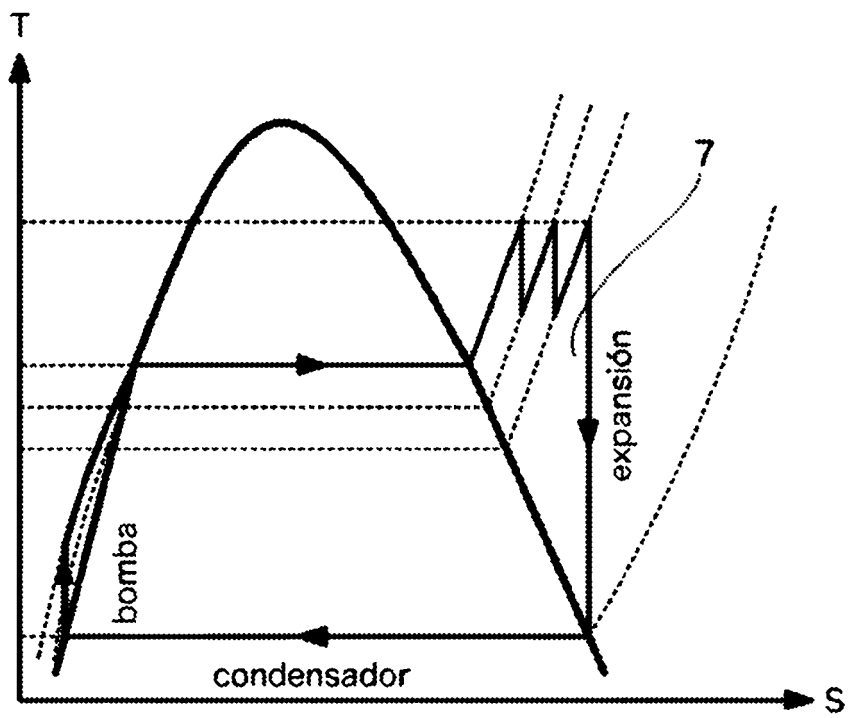


FIG.3



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 345 760

② Nº de solicitud: 201031169

③ Fecha de presentación de la solicitud: **28.07.2010**

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: **F01K 23/10** (2006.01)
F01K 3/18 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 2005241311 A1 (PRONSKE et al.) 03.11.2005, todo el documento.	1-21
A	JP 63140805 A (MITSUI SHIPBUILDING ENG) 13.06.1988, resumen; figuras.	1-21
A	WO 2009002179 A1 (NEBB TECHNOLOGY AS; TRONSTAD INGE) 31.12.2008, todo el documento.	1-21
A	US 2003192235 A1 (FRENCH et al.) 16.10.2003, todo el documento.	1-21

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

16.09.2010

Examinador

P. Prytz González

Página

1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

F01K

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 16.09.2010

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-21	SÍ
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-21	SÍ
	Reivindicaciones	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de **aplicación industrial**. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión:

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como ha sido publicada.

1. Documentos considerados:

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 2005241311 A1	03-11-2005
D02	JP 63140805 A	13-06-1988
D03	WO 2009002179 A1	31-12-2008
D04	US 2003192235 A1	16-10-2003

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

La presente solicitud de patente hace referencia a un procedimiento para la generación de energía eléctrica a partir de biomasa.

La solicitud consta de 21 reivindicaciones, siendo la primera de ellas independiente y el resto dependientes directa o indirectamente de ella.

La primera reivindicación describe un procedimiento para producir electricidad a partir de biomasa que comprende los pasos de gasificación de la biomasa para producir un gas de síntesis, quemado del gas de síntesis en una turbina de gas y utilización de los gases de combustión de la salida de la turbina de gas como fuente de calor para la producción de energía en un ciclo de Rankine; con la particularidad de que durante el ciclo de Rankine se produce, al menos, un recalentamiento intermedio del vapor del fluido de trabajo mediante aportación de calor procedente del gas de síntesis, antes de que dicho gas sea combustionado en la turbina de gas.

Los documentos D01 a D04 constituyen una representación del estado de la técnica al que pertenece la invención. Ninguno de los documentos anteriores muestra un procedimiento como el que se reivindica en la reivindicación 1. Además, no se considera obvio que un experto en la materia conciba realizar un procedimiento similar combinando las características de dichos documentos. Por lo tanto, la invención reivindicada en la reivindicación 1 se considera que es nueva e implica actividad inventiva en el sentido de los Artículos 6 y 8 de la Ley 11/1986 de Patentes.

Las reivindicaciones 2 a 21 son dependientes de la reivindicación 1 y como ella también cumplen los requisitos de la Ley de Patentes con respecto a la novedad y la actividad inventiva.