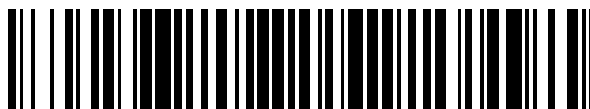


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 648 258**

51 Int. Cl.:

C01B 3/50 (2006.01)
C25B 15/08 (2006.01)
C25B 3/04 (2006.01)
F23L 7/00 (2006.01)
C10K 1/00 (2006.01)
C10G 2/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.07.2014** **PCT/IB2014/063543**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.02.2015** **WO15015433**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.07.2014** **E 14767132 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.09.2017** **EP 3027715**

54 Título: **Procedimiento de conversión termoquímica de una carga carbonada en gas de síntesis que contiene principalmente H₂ y CO**

30 Prioridad:

01.08.2013 FR 1357631

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

29.12.2017

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)
25, Rue Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D"
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**CASTELLI, PIERRE y
BOISSONNET, GUILLAUME**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 648 258 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

Procedimiento de conversión termoquímica de una carga carbonada en gas de síntesis que contiene principalmente H₂ y CO

Campo técnico

La presente invención se refiere a un nuevo procedimiento de conversión termoquímica de una carga carbonada en gas de síntesis que contiene principalmente hidrógeno (H₂) y monóxido de carbono (CO), para producir carburantes líquidos (Diesel Fischer-Tropsch "FT", dimetiléter "DME", metanol) o gaseosos (gas natural sintético, "SNG" o "Synthetic Natural Gas" en inglés) u otros productos químicos de síntesis, tales como el metanol por ejemplo.

La aplicación principal considerada de la invención es aquella para la cual la carga carbonada es biomasa.

Estado de la técnica

Se designa bajo la denominación "carga carbonada" cualquier material combustible constituido de compuestos que contienen carbono.

Puede tratarse por lo tanto de biomasa, es decir cualquier material no homogéneo de origen vegetal que contenga carbono, tal como biomasa ligno-celulósica, residuos forestales o agrícolas (paja) que pueden estar casi secos o empapados con agua, como los residuos domésticos.

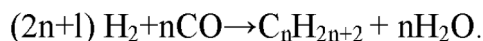
Puede también tratarse de un combustible de origen fósil, tal como el carbón.

Puede tratarse también de residuos combustibles de origen industrial que contenga carbono, tal como materias plásticas o neumáticas.

Puede también tratarse de una combinación de biomasa y de combustible de origen fósil.

Los procedimientos actuales en curso de estudio o a escala piloto industrial que permiten convertir por vía termoquímica la biomasa en carburante líquido por una síntesis química según el procedimiento ampliamente conocido bajo el nombre de "procedimiento Fischer Tropsch", comprenden necesariamente una etapa de gasificación de la biomasa con el vapor de agua para obtener un gas de síntesis que contiene mayoritariamente monóxido de carbono (CO) e hidrógeno (H₂).

El procedimiento Fischer Tropsch permite entonces, a partir de CO y de H₂, obtener unas cadenas -CH₂- parecidas a la del gasóleo según la ecuación siguiente:



La etapa de gasificación propiamente dicha se realiza en continuo a partir de biomasa de naturaleza y de granulometría diferentes almacenada habitualmente a presión atmosférica, en un reactor químico (reactor de gasificación), bien de tipo de lecho fluidizado, o bien de tipo de flujo arrastrado que funciona bajo presión.

Los reactores de tipo de lecho fluidizado son de una eficacia menor debido a la temperatura de reacción comprendida generalmente entre 800 °C y 1000 °C, que conduce a una conversión menor de la biomasa en gas de síntesis CO y H₂ con la generación, entre otros, de metano (CH₄) y de alquitrán. Tienen la ventaja, por el contrario, de necesitar un solo secado y un triturado de granulometría media de la biomasa sin otra preparación específica. El secado y la trituración inducen sólo a una baja pérdida de rendimiento del procedimiento global. Los reactores de lecho fluidizado se pueden adaptar para producir unos gases naturales de síntesis ("SNG").

Los reactores de flujo arrastrado tienen, por su parte, un excelente rendimiento de conversión de la biomasa en gas de síntesis CO y H₂, y son, por lo tanto, muy apropiados para la producción de carburantes o productos químicos de síntesis a partir de la biomasa. Sirven, por lo tanto, en la actualidad, como referencia en el campo de los carburantes designados bajo la denominación en inglés "Biomass to Liquid" (en abreviado BtL). Sin embargo, necesitan un pretratamiento térmico de la biomasa a fin de que ésta pueda triturarse con una granulometría fina e inyectarse fácilmente, lo que introduce a una pérdida de masa o de energía y, por lo tanto, a una disminución del rendimiento para el procedimiento.

El aporte de calor de los procedimientos actualmente conocidos se realiza en general por la combustión de una parte de la biomasa misma (biomasa bruta, gas, residuos sólidos, alquitranes, etc.). Estos procedimientos se denominan "autotérmicos". En los procedimientos autotérmicos, una parte del carbono que proviene de la biomasa no se convierte, por lo tanto, en carburante líquido.

El aporte de calor del procedimiento se puede realizar mediante una fuente térmica externa, preferentemente de origen eléctrico nuclear sin emisión de CO₂. Estos procedimientos se denominan "alotérmicos" con, como ventaja, un rendimiento másico superior al de los procedimientos autotérmicos.

Sea cual sea la tecnología de los reactores seleccionados, y como se ha mencionado anteriormente, la gasificación tiene el inconveniente principal de necesitar una preparación específica de la biomasa, como la torrefacción, que es consumidora de energía y hace caer el rendimiento de la materia. La solicitud de patente US 2009/0235587 divulga un procedimiento de producción de un gas de síntesis a partir del calor producido durante la oxidación parcial de una carga carbonada.

Por otro lado, se conoce ampliamente incinerar los residuos domésticos para realizar una cogeneración de electricidad y de calor. Además, ya se ha considerado realizar una oxicomustión de residuos domésticos: véase [1].

Finalmente, ya se ha realizado una evaluación técnico-económica de diferentes procedimientos de transformación de la biomasa en carburante líquido (biocarburante) con diferentes variantes: una presentación se da en [2].

La solicitante ha propuesto en el documento WO 2013/064552 un nuevo procedimiento de conversión de una carga carbonada en gas de síntesis que contiene principalmente hidrógeno (H₂) y monóxido de carbono (CO), cuyas evaluaciones técnico-económicas han mostrado el interés con, en particular, un mejor rendimiento energético y/o másico que los de los procedimientos actualmente conocidos y, en particular, los evaluados económicamente en la publicación [2]. El procedimiento según esta solicitud de patente WO 2013/064552 ya ha mejorado considerablemente el rendimiento energético del procedimiento de conversión en comparación con los procedimientos de conversión termoquímica conocidos que utilizan una gasificación de la carga carbonada.

El objetivo de la invención es proponer un nuevo procedimiento de conversión termoquímica de una carga carbonada en gas de síntesis que contiene principalmente hidrógeno (H₂) y monóxido de carbono (CO), para producir carburantes líquidos u otros productos químicos de síntesis, que mejora aún más el mejor rendimiento energético y/o másico con respecto al procedimiento según la solicitud de patente WO 2013/064552.

Un objetivo particular es proponer un nuevo procedimiento de conversión termoquímica de una carga carbonada en gas de síntesis que permite reducir el coste de inversión con respecto al procedimiento según la solicitud de patente WO 2013/064552.

Descripción de la invención

Para ello, la invención tiene por objeto un procedimiento de conversión de una carga carbonada en gas de síntesis que contiene principalmente hidrógeno (H₂) y monóxido de carbono (CO), que comprende las etapas siguientes:

a/ oxicomustión de la carga carbonada para hacer una cogeneración de electricidad y de calor.

b/ electrólisis simultánea de agua y de dióxido de carbono (CO₂) a alta temperatura (EHT), denominada co-electrólisis, a partir al menos del calor producido según la etapa a/ y al menos dióxido de carbono (CO₂) producido según la etapa a/.

Según un modo de realización ventajoso, el procedimiento comprende además una etapa c/ de limpieza y de separación de los gases, que permite extraer el hidrógeno (H₂) y el monóxido de carbono (CO) producidos según la etapa b/ o, llegado el caso, hidrógeno (H₂) y monóxido de carbono (CO) producidos separadamente según la etapa b/, a fin de extraer únicamente los CO y H₂ producidos.

Preferentemente, el dióxido de carbono (CO₂) separado según la etapa c/ se inyecta como producto de entrada a la co-electrólisis según la etapa b/.

Más preferentemente, el agua (H₂O) separada del gas según la etapa c/ se recicla y se inyecta como producto de entrada de la co-electrólisis según la etapa b/.

Según un modo de realización ventajoso, el monóxido de carbono (CO) y el hidrógeno (H₂) separados según la etapa c/ se inyectan como productos de entrada de una etapa d/ según la cual se realiza una síntesis Fischer-Tropsch (FT) para obtener un carburante líquido.

Ventajosamente, el agua (H₂O) procedente de la síntesis Fischer Tropsch FT según la etapa d/ se recicla y se inyecta como producto de entrada de la co-electrólisis según la etapa b/.

Según un modo de realización ventajoso, el gas de cabeza de la síntesis FT según la etapa d/ se inyecta como producto de entrada de la oxicomustión según la etapa a/ y/o de la co-electrólisis según la etapa b/ además del agua y del CO₂. El gas de cabeza de la síntesis FT está constituido principalmente de metano CH₄.

La inyección del gas de cabeza en el reactor de oxicomustión según la etapa a/, contribuye así de manera ventajosa a la producción de calor y de electricidad.

El calor generado por la síntesis FT según la etapa d/ puede servir preferentemente para la producción de vapor de agua en la entrada de la co-electrólisis según la etapa b/.

Según otro modo de realización también ventajoso, el gas de cabeza se puede utilizar de manera independiente, por ejemplo inyectado en una turbina de gas o un motor para producir electricidad y calor, pudiendo esta electricidad y calor utilizarse ventajosamente en la etapa de co-electrólisis b/.

Según otro modo de realización ventajoso, la co-electrólisis según la etapa b/ se realiza conforme a la solicitud de patente depositada en Francia el 17 de diciembre de 2012 bajo el nº 12 62174 a nombre de la solicitante.

Así, según este modo ventajoso, la etapa b/ se realiza en un reactor de electrólisis que comprende un apilamiento de células de electrólisis elementales de tipo SOEC formadas cada una de un cátodo, de un ánodo y de un electrólito intercalado entre el cátodo y el ánodo, y una pluralidad de interconectores eléctricos y fluidicos dispuestos cada uno entre dos células elementales adyacentes con una de sus caras en contacto eléctrico con el ánodo de una de las dos células elementales y la otra de sus caras en contacto eléctrico con el cátodo de la otra de las dos células elementales, etapa b/ de co-electrólisis según la cual se alimenta y se distribuye el vapor de agua y, llegado el caso, el gas de cabeza de la síntesis FT al cátodo de una de las dos células elementales adyacentes, y se alimenta y se distribuye dióxido de carbono, o bien dióxido de nitrógeno al cátodo de la otra de las células elementales.

Dicho de otra manera, según este modo ventajoso, la co-electrólisis según la etapa b/ consiste ventajosamente en una co-electrólisis de CO_2 y H_2O pero que se separa dentro del reactor de electrólisis. Se obtiene así en la salida del reactor los gases CO y H_2 que se separan, evitando así las reacciones en fase gas entre el CO y el H_2 en la salida del electrolizador, pudiendo, por su parte, ser común la recuperación del oxígeno producido.

Gracias a este modo, la composición de los gases en la salida de reactor de electrólisis (EHT) puede ser teóricamente de 12,66 moles de H_2 y 6 moles de CO por ejemplo para 1 mol de biomasa de composición $\text{C}_6\text{H}_{8,6}\text{O}_{3,65}$, lo que permitiría obtener también un mejor rendimiento de gas de síntesis y por lo tanto de biocarburante.

Según un modo de realización ventajoso, la co-electrólisis de la etapa b/ se realiza además a partir de la electricidad producida según la etapa a/. Se aumenta también el rendimiento del procedimiento ya que hay menos electricidad externa al procedimiento a aportar.

La invención tal como se define permite conservar las ventajas del procedimiento según la solicitud de patente WO 2013/064552 mejorando al mismo tiempo su rendimiento energético, que puede definirse como la relación entre el contenido energético del producto obtenido en la salida del procedimiento por la energía introducida en el procedimiento (energía contenida en la carga carbonada, tal como biomasa + energía eléctrica externa inyectada).

En efecto, en comparación con la solicitud WO 2013/064552, el procedimiento de conversión según la invención permite suprimir la etapa de reacción inversa del gas con agua (RWGS abreviado en inglés por *Reverse water Gas Shift*) y aprovechar la flexibilidad de un reactor de alta temperatura para la co-electrólisis a fin de optimizar los flujos de calor y de electricidad producidos.

Además, el hecho de utilizar sólo unos gases carbonados en inyección en el reactor de co-electrólisis permite aumentar el tiempo de vida útil de la instalación, ya que estos gases son limpios ya que pasan por unas etapas de purificación antes de la inyección o reciclaje.

Además, el hecho de suprimir la etapa de RWGS permite reducir el coste de inversión global así como el coste de explotación de una instalación que implementa el procedimiento y por lo tanto, al final, el coste de producción del producto final, en particular un biocarburante (BtL).

Según una variante, cualquier oxígeno producido por la co-electrólisis según la etapa b/ se utiliza como comburente de la etapa a/ de oxicomustión.

Alternativamente, sólo una parte del oxígeno producido por la co-electrólisis según la etapa b/ se utiliza como comburente de la etapa a/ de oxicomustión, recuperándose la otra parte.

El procedimiento se aplica ventajosamente a una carga carbonada que es biomasa, preferentemente biomasa lignocelulósica con, preferentemente, un porcentaje de humedad de biomasa inferior al 50%.

La oxicomustión de la biomasa produce agua y CO_2 , esta agua se puede reciclar en el procedimiento según la invención y es suficiente en cantidad para ello. La biomasa debe, por lo tanto, ser lo suficientemente seca, ya que el agua contenida en la biomasa se calentará inútilmente y por lo tanto hará bajar el rendimiento del procedimiento.

Asimismo, es ventajoso un porcentaje de humedad inferior al 50%.

Descripción detallada

5 Otras ventajas y características de la invención se desprenderán mejor a partir de la lectura de la descripción detallada de la invención, realizada a título ilustrativo y no limitativo, en referencia a las figuras siguientes, entre las cuales:

- la figura 1 es un esquema del principio de un modo de realización del procedimiento según la invención;
- la figura 2 recoge en parte el esquema de la figura 1 integrando los balances de material, es decir las especies producidas o consumidas en cada etapa del procedimiento;
- la figura 3 es una vista esquemática en sección de un reactor de electrólisis que realiza el procedimiento de co-electrólisis a alta temperatura simultánea del vapor de agua H_2O y dióxido de carbono CO_2 , con los dos flujos separados, en el procedimiento según la invención.

Se precisa que el conjunto de los flujos gaseosos considerados en el procedimiento según la invención, tal como se describe a continuación, permanece, si es posible, a la misma temperatura, pudiendo ser necesario un enfriamiento del gas a la salida de la etapa de oxidación y/o a la salida de la co-electrólisis.

Como se ve mejor en la figura 1, el procedimiento de conversión termoquímica de la biomasa ligno-celulósica $C_6H_9O_4$ de entrada según la invención consiste en realizar las etapas siguientes en combinación:

a/ una oxidación de la biomasa, preferentemente a temperaturas del orden de 1273 K para realizar una cogeneración de calor a altas temperaturas del orden de 1100 K y electricidad. Preferentemente, se realiza esta etapa a/ de oxidación en un reactor de cogeneración de tipo de lecho fluidizado.

b/ una co-electrólisis del agua y del dióxido de carbono a altas temperaturas (EHT), preferentemente a temperaturas próximas a 1100 K, realizándose la co-electrólisis EHT mediante el aporte de todo el calor y de toda la electricidad producida por la cogeneración según la etapa a/ y de todo el dióxido de carbono (CO_2) producido según la etapa a/.

como se indica en línea discontinua en las figuras 1 y 2, el agua producida según la oxidación se puede reciclar e inyectar como producto de entrada de la electrólisis según la etapa b/.

Según una etapa c/ posterior, se realiza una limpieza del gas producido para recuperar esencialmente el CO y el H_2 necesario para la síntesis Fischer-Tropsch FT con una separación del agua producida y, eventualmente, CO_2 . Como se indica en líneas discontinuas en las figuras 1 y 2, el agua producida puede, eventualmente, reinyectarse en el reactor realizando la etapa b/ de co-electrólisis a alta temperatura EHT.

Finalmente, según una etapa d/, el gas de síntesis $CO+H_2$ limpio sirve de producto intermedio de reacción de base para la producción de productos de síntesis (carburantes líquidos (Diésel FT, "DME", metanol) o gaseoso ("SNG"), o productos químicos de síntesis tales como el metanol, por ejemplo). Por ejemplo, permite obtener un carburante líquido por síntesis Fischer Tropsch.

Como se ilustra en línea discontinua en la figura 1, el gas de cabeza producido se puede reciclar e inyectar como entrada de la oxidación según la etapa a/ y/o de co-electrólisis según la etapa b/. Asimismo, el agua producida durante la síntesis FT se puede reciclar e inyectar en la entrada de la co-electrólisis y el calor liberado por la síntesis, incluso a temperaturas menores (BT), típicamente comprendidas entre 200 y 300°C, puede servir para la co-electrólisis según la etapa b/. Al final, las cadenas de hidrocarburos producidas, de fórmula media $-CH_2-$, sirven como carburante líquido que se puede designar usualmente como un biocarburante.

Los inventores han realizado unos cálculos sobre el procedimiento de conversión termoquímica de la biomasa según la invención que se acaba de describir. Más precisamente, se han llevado a cabo unos primeros cálculos de balance de material y de energía a fin de evaluar los rendimientos del procedimiento.

Un ejemplo de balance de las especies consumidas o producidas se representa de manera sinóptica en el esquema de la figura 2, en base a un mol de biomasa $C_6H_{8,6}O_{3,65}$ inyectada a la entrada del procedimiento.

Se precisa aquí que los valores indicados son unos valores teóricos con unas reacciones totales.

Se precisa también que para la co-electrólisis según la etapa b/, el hidrógeno H_2 y el monóxido de carbono CO se producen simultáneamente en el reactor de co-electrólisis y reaccionan juntos para dar una mezcla de gas que corresponde al equilibrio termodinámico a la temperatura del electrolizador.

El esquema de la figura 2 proporciona las composiciones de gas a la salida del reactor que utilizan esta co-

electrólisis simultánea con CO₂ y H₂O mezclados dentro del reactor.

En una primera aproximación, los valores del cálculo con el equilibrio termodinámico a 1100 K muestran que con 6 moles de CO₂ (producidos a partir de la oxidación de un mol de biomasa según la etapa a/), y de 12,66 moles de H₂O a la entrada de la co-electrólisis a alta temperatura, se obtiene por la reacción de la co-electrólisis resultante de 11,8 moles de H₂ y 5,4 moles de CO, con una relación molar H₂/CO próxima a 2 necesaria para la síntesis FT.

Se precisa también que, en el caso de la co-electrólisis con los flujos separados de H₂O y CO₂ según la invención conforme a la solicitud de patente depositada en Francia el 17 de diciembre de 2012 bajo el n° 12 62174 a nombre de la solicitante, se obtienen los valores teóricos máximos de 12,66 moles de H₂ y de 6 moles de CO.

Así, se constata que las cantidades de H₂ y de CO obtenidas con la co-electrólisis según la etapa b/ de la invención son más importantes que las obtenidas según el procedimiento de conversión que comprende una etapa RWGS, como se describe en la solicitud de patente WO 2013/064552. Por el contrario, la energía eléctrica a proporcionar al reactor de co-electrólisis según la invención es más importante.

Preferentemente, a fin de evitar en particular las reacciones químicas entre H₂ y CO producidas dentro de un reactor que utiliza la co-electrólisis según la etapa b/, se realiza esta última como se describe y se reivindica en la solicitud de patente depositada en Francia el 17 de diciembre de 2012 bajo el n° 12 62174.

Así, se realiza, en un mismo reactor, la co-electrólisis simultánea de vapor de agua y de dióxido de carbono pero de manera separada.

Se ha representado de manera esquemática en la figura 3, un electrolizador de alta temperatura de óxidos sólidos (SOEC) que permite, dentro, la co-electrólisis según la etapa b/, es decir una electrólisis simultánea del vapor de agua y del dióxido de carbono, teniendo lugar cada electrólisis simultáneamente, pero de manera separada en una de las células de electrólisis elementales.

Más precisamente, la etapa de co-electrólisis a alta temperatura del vapor de agua H₂O y del dióxido de carbono CO₂ se realiza mediante un reactor b/ que comprende un apilamiento de células de electrólisis elementales de tipo SOEC, C1, C2, C3 formadas cada una de un cátodo 2.1, 2.2, 2.3, de un ánodo 4.1, 4.2, 4.3 y de un electrolito 3.1, 3.2, 3.3, intercalado entre el cátodo y el ánodo, y una pluralidad de interconectores 5 eléctricos y fluidícos dispuestos cada uno entre dos células elementales adyacentes con una de sus caras en contacto eléctrico con el ánodo de una de las dos células elementales, y la otra de sus caras en contacto eléctrico con el cátodo de la otra de las dos células elementales.

Como se ilustra en la figura 3, se alimenta y se distribuye el vapor de agua al cátodo 2.1, 2.3 de una C1 o C3 de las dos células C1, C2; C2, C3 elementales adyacentes y se alimenta y se distribuye dióxido de carbono al cátodo 2.2 de la otra C2 de las dos células elementales C1, C2; C2, C3.

En tal reactor, todos los compartimientos catódicos en los que circula el vapor de agua alimentada H₂O y el hidrógeno producido H₂ se comunican entre sí.

Asimismo, todos los compartimientos catódicos en los que circula el dióxido de carbono inyectado CO₂ y el monóxido de carbono producido CO se comunican entre sí, pero están completamente aislados de los compartimientos dedicados al vapor de agua H₂O y al hidrógeno producido H₂.

Finalmente, las dos reacciones de electrólisis simultáneas pero separadas producen ambas oxígeno, que se recoge mediante todos los compartimientos anódicos que se comunican entre sí, sea cual sea la reacción en cuestión.

Así, para realizar ventajosamente la etapa de co-electrólisis según la etapa b/, se alimenta y se distribuye el vapor de agua que produce hidrógeno en unos compartimientos catódicos separados de aquellos en los que se alimenta el dióxido de carbono CO₂ que produce el monóxido de carbono y se recupera todo el oxígeno producido por las dos reacciones de electrólisis en unos compartimientos anódicos.

Se pueden considerar otras mejoras y variantes sin apartarse por ello del ámbito de la invención.

Aunque se describe en referencia exclusivamente a la biomasa a convertir en un carburante líquido u otro producto de síntesis, la invención se puede utilizar para la conversión de otras cargas de materia carbonada (carbón, coque de petróleo, etc.).

Referencias citadas

[1]: Technique de l'ingénieur Manuel G2051 "Traitements thermiques des déchets", párrafo 3 "procédé d'oxycombustion", Gérard Antonini;

[2]: "Technical and economical évaluation of enhanced biomass to liquid fuel processes", Jean-Marie Seiler, Carole Hohwiller, Juliette Imbach, Jean-François Luciani, Energy, 35, 3587-3592, (2010).

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de conversión termoquímica de una carga carbonada en gas de síntesis que contiene principalmente hidrógeno (H_2) y monóxido de carbono (CO), que comprende las etapas siguientes:
 - a/ oxidación de la carga carbonada para hacer una cogeneración de electricidad y de calor.
 - b/ electrólisis simultánea de agua y de dióxido de carbono (CO_2) a alta temperatura (EHT), denominada co-electrólisis, a partir al menos del calor producido según la etapa a/ y al menos del dióxido de carbono (CO_2) producido según la etapa a/.
2. Procedimiento de conversión termoquímica de una carga carbonada en gas de síntesis según la reivindicación 1, que comprende además una etapa c/ de limpieza y de separación de los gases, que permite extraer el hidrógeno (H_2) y el monóxido de carbono (CO) producido según la etapa b/ o, llegado el caso hidrógeno (H_2) y monóxido de carbono (CO) producidos separadamente según la etapa b/ a fin de extraer únicamente el CO y H_2 producidos.
3. Procedimiento de conversión termoquímica de una carga carbonada en gas de síntesis según la reivindicación 2, según el cual el dióxido de carbono (CO_2) separado según la etapa c/ se inyecta como producto de entrada a la co-electrólisis según la etapa b/.
4. Procedimiento de conversión termoquímica de una carga carbonada en gas de síntesis según la reivindicación 2 o 3, según el cual el agua (H_2O) separada del gas según la etapa c/ se recicla y se inyecta como producto de entrada de la co-electrólisis según la etapa b/.
5. Procedimiento de conversión termoquímica de una carga carbonada en gas de síntesis según una de las reivindicaciones 2 a 4, según el cual el monóxido de carbono (CO) y el hidrógeno (H_2) separados según la etapa c/ se inyectan como productos de entrada de una etapa d/ según la cual se realiza una síntesis Fischer-Tropsch (FT) para obtener un carburante líquido.
6. Procedimiento de conversión termoquímica de una carga carbonada en gas de síntesis según la reivindicación 5, según el cual el agua (H_2O) procedente de la síntesis Fischer Tropsch FT según la etapa d/ se recicla y se inyecta como producto de entrada de la co-electrólisis según la etapa b/.
7. Procedimiento de conversión termoquímica de una carga carbonada en gas de síntesis según una de las reivindicaciones 5 o 6, según el cual el gas de cabeza de la síntesis de la síntesis FT según la etapa d/ se inyecta como producto de entrada de la oxidación según la etapa a/ y/o de la co-electrólisis según la etapa b/.
8. Procedimiento de conversión termoquímica de una carga carbonada en gas de síntesis según una de las reivindicaciones 5 o 6, según el cual el gas de cabeza de la síntesis FT según la etapa d/ se utiliza de manera independiente, por ejemplo se inyecta en una turbina de gas o un motor para producir electricidad y calor.
9. Procedimiento de conversión termoquímica de una carga carbonada en gas de síntesis según la reivindicación 8, según el cual el calor y la electricidad producidos se utilizan en la etapa b/ de co-electrólisis.
10. Procedimiento de conversión termoquímica de una carga carbonada en gas de síntesis según una de las reivindicaciones 5 a 9, según el cual el calor generado por la síntesis FT según la etapa d/ sirve para la producción de vapor de agua en la entrada de la co-electrólisis según la etapa b/.
11. Procedimiento de conversión termoquímica de una carga carbonada en gas de síntesis según una de las reivindicaciones anteriores, según el cual la co-electrólisis según la etapa b/ se realiza en un reactor de electrólisis (1) que comprende un apilamiento de células de electrólisis elementales (C1, C2, C3) de tipo SOEC, formadas cada una de un cátodo (2.1, 2.2, etc.), de un ánodo (4.1, 4.2, etc.) y de un electrolito (3.1, 3.2, etc.) intercalado entre el cátodo y el ánodo, y una pluralidad de interconectores (5) eléctricos y fluidicos dispuestos cada uno entre dos células elementales (C1, C2) adyacentes con una de sus caras en contacto eléctrico con el ánodo (4.1) de una (C1) de las dos células elementales y la otra de sus caras en contacto eléctrico con el cátodo (2.2) de la otra de las dos células (C2) elementales, etapa b/ de co-electrólisis según la cual se alimenta y se distribuye el vapor de agua y, llegado el caso, el gas de cabeza de la síntesis FT al cátodo de una de las dos células elementales adyacentes y se alimenta y se distribuye dióxido de carbono o dióxido de nitrógeno al cátodo de la otra de las dos células elementales.
12. Procedimiento de conversión termoquímica de una carga carbonada en gas de síntesis según una de las reivindicaciones anteriores, según el cual la co-electrólisis de la etapa b/ se realiza además a partir de la electricidad producida según la etapa a/.
13. Procedimiento de conversión termoquímica de una carga carbonada en gas de síntesis según una de las reivindicaciones anteriores, según el cual todo el oxígeno producido por la co-electrólisis según la etapa b/ se utiliza

como comburente de la etapa a/ de oxidación.

5 14. Procedimiento de conversión termoquímica de una carga carbonada en gas de síntesis según una de las reivindicaciones anteriores, según el cual sólo una parte del oxígeno producido por la co-electrólisis según la etapa b/ se utiliza como comburente de la etapa a/ de oxidación, recuperándose la otra parte.

10 15. Procedimiento de conversión termoquímica de una carga carbonada en gas de síntesis según una de las reivindicaciones anteriores, según el cual la carga carbonada es la biomasa, preferentemente biomasa ligno-celulósica, según el cual el porcentaje de humedad de biomasa es preferentemente inferior al 50%.

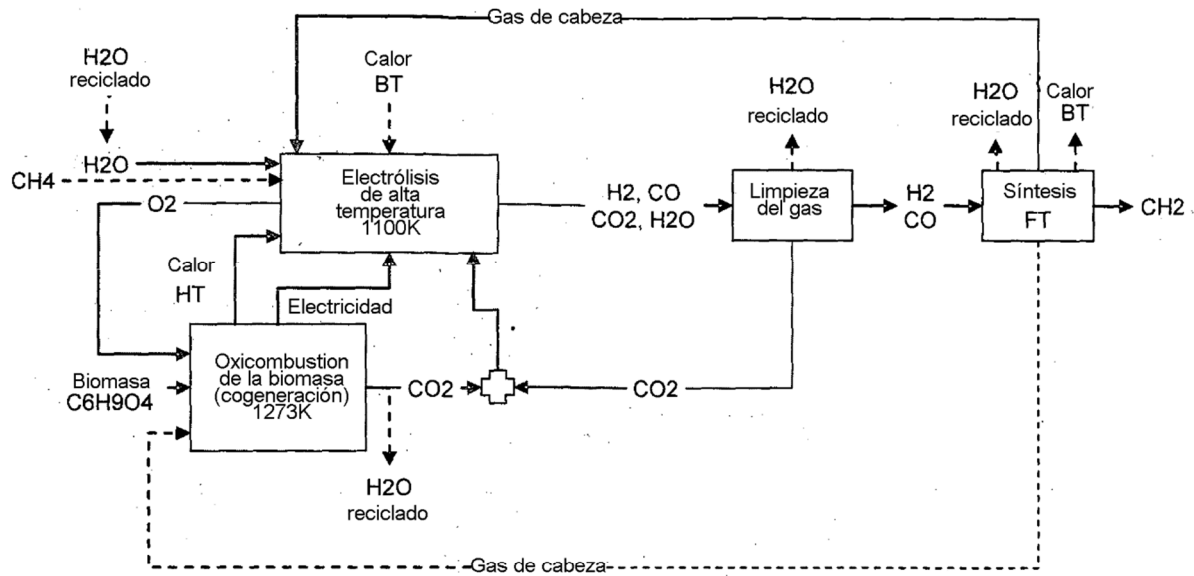


Fig.1

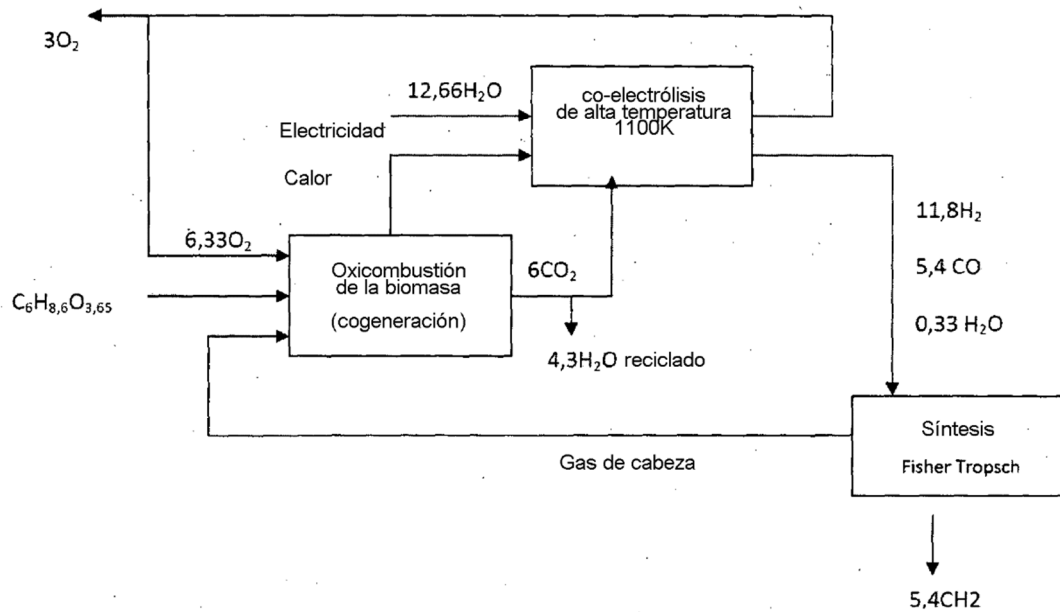


Fig.2

