(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 639 664**

(21) Número de solicitud: 201630537

(51) Int. Cl.:

B01J 19/08 (2006.01)
C01B 3/02 (2006.01)
C01B 3/34 (2006.01)
H05H 1/48 (2006.01)

(12) SOLICITUD DE PATENTE A1

(22) Fecha de presentación:

27.04.2016

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

27.10.2017

(71) Solicitantes:

BLUEPLASMA POWER, S.L. (100.0%)
C/ Manuel Azaña, 4, 4º, 4ª
12006 CASTELLON DE LA PLANA (Castellón) ES

(72) Inventor/es:

ARAYA BRENES, Mario

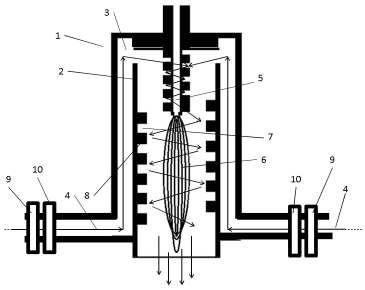
(74) Agente/Representante:

SOLER LERMA, Santiago

(54) Título: **PROCEDIMIENTO PARA LA OXIDACIÓN PARCIAL DE COMBUSTIBLES, DISPOSITIVO PARA APLICAR DICHO PROCEDIMIENTO Y GAS OBTENIDO CON DICHO PROCEDIMIENTO**

(57) Resumen:

La invención comprende un procedimiento para la obtención de un gas a partir de un fluido combustible y un fluido oxidante, comprendiendo dicho procedimiento etapas en las que se somete al fluido entrante a temperatura, acción foto-catalítica y reacción con catalizadores todo ello en un dispositivo con estructura de conducto que es atravesado en espiral por el fluido entrante que discurre entre un lecho fijo adosado a las paredes del conducto y un lecho circulante con un chorro de gas ionizado que ocupa una posición central del conducto dando como resultado un gas obtenido.



ES 2 639 664 A1

DESCRIPCIÓN

PROCEDIMIENTO PARA LA OXIDACIÓN PARCIAL DE COMBUSTIBLES, DISPOSITIVO PARA APLICAR DICHO PROCEDIMIENTO Y GAS OBTENIDO CON DICHO PROCEDIMIENTO

Como indica su título, la invención comprende A) un procedimiento para la obtención de un gas a partir de un fluido combustible y un fluido oxidante, B) un dispositivo para la aplicación del procedimiento que se pretende, y C) el gas finalmente obtenido.

El procedimiento comprende la reacción reducción-oxidación de un fluido, al que llamaremos fluido entrante.

Este fluido entrante comprende dos grupos de fluidos reactantes:

a) Uno es el combustible y comprende por lo menos un fluido combustible en forma líquida o gaseosa.
b) El otro es el oxidante y comprende por lo menos un fluido oxidante en forma líquida o gaseosa.

La reacción tiene lugar en un dispositivo que comprende al menos un intercambiador de calor, al menos un generador para producir gas ionizado preferiblemente de plasma térmico, al menos un protonador para el fluido oxidante, al menos un opcional desprotonizador para el fluido combustible y al menos un foto-reactor, preferiblemente tubular, en cuyas paredes internas se encuentra un lecho fijo que contiene al menos un tipo de catalizador, y a lo largo de su parte central, un lecho fluido circulante con un chorro de gas ionizado preferiblemente que proyecta luz de rayos ultravioleta.

Existen diferentes tipos de plasma térmico, que producen un chorro de gas ionizado conocido como antorcha de plasma, aplicables a esta invención; así por ejemplo están los que trabajan por micro-onda, inducción/radiofrecuencia, arco eléctrico y descarga de barrera dieléctrica, donde se prefiere el de arco eléctrico no transferido a base de corriente directa o el de inducción a base de corriente alterna, o una combinación de ambos, éstos dos útimos cuentan con la capacidad de proyectar luz de rayos ultravioleta mediante una antorcha con un chorro de gas ionizado de alta temperatura, a base de al menos uno de los siguientes elementos o compuestos del grupo: oxígeno, hidrógeno, dióxido de carbono, monóxido de carbono, vapor de agua, nitrógeno, aire, helio o argón y vapor de agua protonado.

Para efectos de la presente, denominaremos: *Fluido entrante* al fluido que es introducido en el dispositivo y que comprende dos grupos de compuestos:

a) El primer grupo al que llamaremos *fluido combustible* comprende al menos un fluido combustible comprendiendo moléculas de al menos un átomo de carbono sin oxidar;
b) El segundo grupo, al que llamaremos *fluido oxidante*, comprende al menos un fluido reactante aportador de oxígeno tal como aire, aire enriquecido con oxígeno, oxígeno, dióxido de carbono o vapor de agua.

Llamaremos *gas obtenido* al gas resultante de la reacción que produce la oxidación parcial de los átomos de carbono del fluido combustible, siendo que dicho gas obtenido es por volumen mayoritariamente monóxido de carbono e hidrógeno o dióxido de carbono e hidrógeno, dependiendo de la cantidad de fluido oxidante que se utilice para cada caso.

El sector de la técnica al que pertenece es el de los procesos y dispositivos de producción de energía.

ANTECEDENTES

Los sistemas convencionales de oxidación parcial por chorro de gas ionizado, conocidos como antorcha de plasma térmico, emplean un reactor con al menos una antorcha de plasma en el interior, para generar calor intenso, por donde normalmente pasa al menos un reactante que aporta oxígeno y al menos un combustible en forma de gas, líquido o sólido, tal como hidrocarburos, biomasa, residuos sólidos orgánicos y gas de pirólisis, para producir monóxido de carbono e hidrógeno cuando el objetivo es generar gas de síntesis, o de dióxido de carbono e hidrógeno cuando el objetivo es generar hidrógeno.

Dichos sistemas convencionales de oxidación parcial con antorcha de plasma para generar calor, generalmente comprenden al menos un reactor, una antorcha de plasma térmico dentro del reactor y una forma de alimentar los reactantes. Estos reactores suelen comprender un contenedor de metal o cerámica por donde generalmente discurren el gas ionizado de la antorcha de plasma y el fluido entrante.

En estos sistemas convencionales, no todas las moléculas del combustible y fluidos oxidantes entran en contacto con la antorcha de plasma y no todos los tiempos de residencia son iguales para todas las moléculas, debido a que dentro del reactor se forman corrientes dispares en cuanto a velocidad y lejanía con respecto a la antorcha de plasma,

dejando de paso una cantidad de combustible no reaccionado (CNR), que de ahora en adelante, para efectos de este documento, se le denominará por sus siglas.

Para evitar los problemas mencionados, se ha tratado de ubicar la pared de los reactores cerca de la antorcha de plasma para que, cuando discurra el fluido entrante alrededor del gas ionizado de dicha antorcha, haya una propagación de radicales libres y se produzca la oxidación parcial del combustible entrante, sin embargo las paredes del reactor sufren un deterioro acelerado por la alta temperatura a que trabaja la antorcha de plasma, por lo que a veces los reactores cuentan con enfriamiento en sus paredes, lo que reduce la eficiencia de los mismos. Por otro lado, si en este sistema se hace pasar el fluido entrante a mayor velocidad para enfriar las paredes y así evitar que éstas se deterioren, entonces la porción de CNR se aumenta y también se baja la eficiencia del proceso.

En el estado actual de la ciencia se han presentado patentes donde se introduce el combustible y el agente oxidante alrededor de la antorcha de plasma, para lograr una mayor eficiencia, reduciendo el porcentaje de CNR y manteniendo a la vez las paredes del reactor a una temperatura muy inferior a la de la antorcha de plasma. Algunas de ellas usan el término de reformado con vapor de agua, en el idioma inglés conocido como "*steam reforming*", en vez de oxidación parcial, y utilizan el término de gas de síntesis para el gas parcialmente oxidado que contiene en su mayoría hidrógeno con monóxido de carbono o con dióxido de carbono.

Esfuerzos en esta dirección los ha realizado la empresa Foret Plasma Lab. LLC, por medio de la patente US 9,163,584 el 20 de octubre del 2015, que trata sobre un reactor cilíndrico, de material cerámico y con antorcha de plasma conectado a una turbina que reforma combustible en un quemador de aire a presión, discurriendo en forma rotativa. También, Foret Plasma Lab. LLC, por medio de la patente US 7,622,693 el 24 de noviembre del 2009, trata sobre un reactor troncocónico vertical, con antorcha de plasma de inducción, donde la materia prima entra discurriendo en forma rotativa desde la parte superior que es la de mayor diámetro, hacia la parte inferior que es la de menor diámetro. La misma empresa en patente No. US 2014/0209573 el 31 de Julio del 2014, trata lo mismo que la anterior, solo que enfocada a producir gas de síntesis para suplir plantas eléctricas, utilizando una combinación de plasma de inducción aplicado desde fuera del reactor y de plasma de arco eléctrico con el electrodo insertado en la parte central, dentro del reactor cilíndrico o troncocónico, para que el gas entrante gire formando un vórtice alrededor de éste.

Igor Matveev, obtuvo en julio del año 2011, la patente US 7,973,262 B2 sobre reformado por antorcha de plasma con vapor de agua, utilizando un dispositivo que comprendía triple vórtice, viajando los reactantes (combustible y oxidante) en dirección opuesta al gas ionizado de la antorcha de plasma.

La empresa Hynergreen Technologies S.A. en patente PCT/2007/141350 presentada en diciembre del 2007, describe el procedimiento bajo el cual se puede reformar combustible con vapor de agua a temperatura baja y a presión atmosférica, mediante un plasma de inducción con descarga de barrera dieléctrica, donde el cátodo es un cilindro de acero con alguna rugosidad apenas perceptible, logrando una conversión de aproximadamente 0,006 m3 por hora aplicando una potencia de 15 a 30 kwh, con una frecuencia de 3 a 15 kHz, bajo temperaturas inferiores a 500 grados centígrados y a presión atmosférica, logrando aproximadamente 0,0002 m3 por kwh consumido por el plasma, con 15,7 minutos de tiempo de residencia.

A la empresa Alter NRG Corp. en agosto del año 2015, le concedieron la patente US 9005320 que trata sobre un dispositivo cilíndrico vertical con entrada de la antorcha de plasma a la mitad de su altura. La empresa Platinum en patente US 6680137 describe un reactor similar al de Alter NRG, incorporando la recuperación de calor, declarando como logro la conversión de aproximadamente 4,54 kg de metano reformado por metro cuadrado de superficie interna de reactor.

La empresa Plasco en patente CA 2424805 describe un foto-reactor de doble etapa para el reformado de combustibles con vapor u oxígeno, donde en la primera etapa extrae ceniza o carbón para aplicarles, en la segunda etapa, una antorcha de plasma para producirles con un oxidante una oxidación parcial y obtener así más gas de síntesis en el sistema.

Siemens, en patente US 20150252274 describe un reactor a plasma donde utiliza el vapor de agua de baja temperatura para enfriar las paredes del foto-reactor y poder así acercar el gas combustible a la antorcha de plasma. La Universidad de Drexel, en patente US 7867457 del año 2011, destaca como novedad las diferentes formas de turbulencia que se pueden provocarse en reactores cilíndricos con antorcha de plasma, para acelerar el proceso de oxidación parcial al gas combustible.

Sería ideal que, a presión cercana a la presión atmosférica, a temperaturas inferiores a 750º grados centígrados, con tiempo de residencia inferior a 10 segundos y consumiendo menos de 1 kwh por kg de carbono contenido en el fluido combustible, el fluido entrante lograra en una sola pasada, una oxidación parcial del fluido combustible, teniendo una conversión a gas obtenido superior al 80%.

El estado actual de la ciencia no ha encontrado una solución económica y práctica para lograr estas condiciones en el reformado de combustibles, y esto es precisamente lo que se logra con la presente invención.

DESCRIPCION DE LA INVENCION

Por el procedimiento objeto de la presente invención, un fluido entrante que comprende un fluido combustible y un fluido oxidante, es sometido a una serie de condiciones y contactos dentro de un dispositivo que comprende un foto-reactor de tal forma que se fuerza a que tenga lugar una reacción de reducción-oxidación por la que se produce la oxidación parcial de los átomos de carbono del fluido combustible, dando lugar a un gas obtenido que comprende mayoritariamente monóxido de carbono e hidrógeno o dióxido de carbono e hidrógeno, dependiendo de la cantidad de fluido oxidante que se utilice en cada caso.

Para ello, durante el procedimiento, el fluido entrante discurre en vórtice a lo largo del interior del foto-reactor, entre los dos lechos, el lecho fijo unido a la pared interna del cuerpo principal del foto-reactor, que puede presentar barreras o protuberancias, y el lecho circulante que discurre por el centro del foto-reactor y que comprende un chorro de gas ionizado, preferiblemente de un sistema de plasma térmico, formando así el fluido entrante una nube con turbulencia expansiva y distribución molecular homogénea, que al estar expuesta a un calor intenso del gas ionizado y al efecto de los rayos ultravioleta de la antorcha de plasma, produce una foto-catálisis heterogénea, que se activa por acción de al menos un catalizador del lecho fijo, y hace que se produzca, entre el fluido combustible y el fluido oxidante, una reacción de reducción-oxidación donde se produce una oxidación parcial en el fluido combustible a temperaturas inferiores a 750º grados centígrados, con tiempos de residencia inferiores a 10 segundos, a una presión cercana a la atmosférica y con un consumo inferior a 1 kwh por cada kg de carbono contenido en el fluido combustible, obteniéndose así un resultado de un 80% de conversión del fluido entrante a gas obtenido.

El catalizador del lecho fijo comprende al menos, una sustancia pura, en mezcla o en aleación, del siguiente grupo: hierro II y III, cobre, níquel, alúmina, dióxido de titanio, dióxido de silicio, cuarzo, molibdeno, cobalto, vanadio y tungsteno.

Los efectos a los que se somete el fluido combustible y el fluido oxidante en el foto-reactor para conseguir gas obtenido mediante la reacción de reducción-oxidación son esencialmente tres que pueden concurrir, formando sinergias y magnificándose entre ellos**.**

1) el efecto producido del fluido entrante por entrar discurriendo en vórtice, con turbulencia expansiva y distribución molecular homogénea, que se multiplica al colisionar con protuberancias que opcionalmente puede comprender el lecho fijo que se encuentra sujeto a la pared interna del cuerpo principal del foto-reactor; dicho vórtice induce rotación a parte del gas ionizado de la antorcha de plasma y forma una nube que presiona alrededor, a lo largo y hacia el centro de dicho gas ionizado, creando múltiples contactos con las moléculas, hasta llegar a formar un solo fluido mezclado, altamente ionizado y con distribución molecular homogénea.

2) el efecto propagador de radicales libres producido por entrar en contacto el fluido entrante con un lecho fluido circulante que comprende el gas ionizado, siendo preferible que el fluido oxidante haya sido previamente protonado para elevarle su propensión a ser reducido, y el fluido combustible haya sido previamente desprotonado para elevarle su propensión a ser oxidado.

3) el efecto del punto anterior, aumentado por la radiación de rayos de luz ultravioleta que genera el chorro de gas ionizado de una antorcha de plasma, por su acción foto-catalítica activada mediante al menos un catalizador del lecho fijo que, como se ha dicho, comprende al menos una sustancia pura, en mezcla o en aleación, del siguiente grupo: hierro II y III, cobre, níquel, alúmina, dióxido de titanio, dióxido de silicio, cuarzo, molibdeno, cobalto, vanadio y tungsteno.

Con los efectos anteriores, especialmente si son concurrentes, se obtienen condiciones técnico-económicas propias y sorprendentes para optimizar la rentabilidad en los procesos de oxidación parcial para combustibles, comúnmente conocidos como “procesos de reformado”, superando así el estado actual de la ciencia.

Para obtener dentro del foto-reactor, una conversión superior al 80% del fluido entrante a gas obtenido, con un tiempo de residencia inferior a 10 segundos, a una presión cercana a la atmosférica, a temperaturas inferiores a 750º grados centígrados y consumiendo menos de 1 kwh por kg de carbono contenido en el combustible, el procedimiento objeto del presente, comprende las siguientes etapas:

1. En una primera etapa el fluido entrante, que comprende fluido combustible y fluido oxidante, se introduce en el cuerpo principal del foto-reactor, de una forma tangencial al chorro de gas ionizado para iniciar un vórtice. Opcionalmente el fluido entrante puede ser calentado previamente a su entrada en el cuerpo principal del foto-reactor.
2. En una segunda etapa el vórtice formado por el fluido entrante empieza a discurrir a lo largo del foto-reactor por el espacio entre el lecho fijo y el lecho circulante.
3. En una tercera etapa, al discurrir el fluido entrante en forma de vórtice, su lado exterior colisiona con el lecho fijo unido a la pared interna del foto-reactor y las opcionales protuberancias de tal lecho fijo, mientras que su lado interior colisiona con las moléculas del lecho circulante que comprende el chorro de gas ionizado caliente tomando así las características de un fluido caliente que discurre en espiral y con turbulencia expansiva.
4. En una cuarta etapa, el fluido en espiral con turbulencia expansiva induce a rotación el chorro de gas ionizado para formar un solo gas mezclado, altamente ionizado y con distribución molecular homogénea, al que de ahora en adelante se denomina gas mezclado.
5. En una quinta etapa el gas mezclado absorbe el calor intenso del chorro de gas ionizado para producir una reacción química de reducción-oxidación mediante la cual se consigue el gas obtenido.

El proceso puede optimizarse si el chorro de gas ionizado proviene de un sistema de antorcha de plasma que proyecta rayos ultravioleta, por ejercer efectos foto catalíticos de muy alta temperatura, los que se aumentan al interactuar con al menos un catalizador del lecho fijo.

El gas obtenido es un gas de síntesis que por volumen comprende mayormente monóxido de carbono, hidrógeno y dióxido de carbono, y minoritariamente trazas de hidrocarburos y otros derivados del proceso.

Las cantidades porcentuales de monóxido de carbono o dióxido de carbono en el gas obtenido variarán llegando a ser mayoritarias o minoritarias en función de la cantidad de fluido oxidante presente en el fluido entrante. A mayor proporción de fluido oxidante presente en el fluido de entrada, mayor proporción de dióxido de carbono habrá en el gas obtenido.

El límite viene dado cuando todo el monóxido de carbono se convierte en dióxido de carbono y, si a partir de este punto se aumenta el porcentaje de fluido oxidante en el fluido entrante, lo que llega a obtenerse es una combustión donde el hidrógeno empieza también a oxidarse y convertirse en vapor de agua.

El dispositivo para llevar a cabo el proceso descrito comprende:

Un foto-reactor, que comprende:

- Un cuerpo principal con uno más orificios de entrada y uno o más orificios de salida, teniendo dicho cuerpo principal forma de conducto.
- Un sistema que produce e inyecta un chorro de gas ionizado de alta temperatura.
- Un lecho circulante con un gas ionizado, preferiblemente de plasma térmico
- Un lecho fijo unido a la pared interna del cuerpo principal del foto-reactor y que puede, opcionalmente, comprender unas barreras parciales, que llamamos protuberancias, sujetas a dicha pared interna o formando parte de ella.
- Un catalizador en el lecho fijo.

El dispositivo puede comprender además:

- Un intercambiador de calor independiente o preferiblemente incorporado al propio foto-reactor, donde el gas obtenido cede calor al fluido entrante.
- Un protonador para el fluido oxidante y un opcional desprotonador para el fluido combustible colocados ambos preferiblemente previo al intercambiador de calor.

El foto-reactor, con estructura de conducto, presenta preferiblemente forma de tambor, cilíndrico o troncocónico llevando, en ese caso, el inyector del chorro de gas ionizado, preferiblemente de un plasma térmico, en la base de mayor diámetro.

En cuanto al dimensionado del foto-reactor, su cuerpo principal presenta a lo largo de su recorrido una sección del conducto cuyo promedio de diámetro interno es de un mínimo de 0,1 cm y de un máximo de 5 cm por cada kilogramo de carbono contenido en el fluido combustible que va a discurrir por él, teniendo como rango preferido de 0,4 cm a 1,5 cm; el largo mínimo es de 0,4 cm por cada kilogramo de carbono contenido en el fluido combustible y el máximo es de 17 cm, teniendo como rango preferido de 2 cm a 8 cm.

El lecho fijo va unido a la pared interna del cuerpo principal del foto-reactor y, en su caso, las protuberancias van sujetas a ella.

Las protuberancias pueden tener cualquier geometría, y la distribución debe ser de tal forma que completen el perímetro interno del cuerpo principal del foto-reactor, sin que exista un canal abierto y en línea recta a lo largo de la pared interna del conducto del foto-reactor que comunique su salida con la zona por donde discurre el fluido entrante, y la altura debe ser entre 3% y el 40 % del promedio del diámetro interno del conducto del foto-reactor, donde el rango preferido es entre el 15% y el 25%.

El intercambiador de calor puede ser independiente del foto-reactor o, preferiblemente, estar incorporado al mismo viniendo constituido mediante una cubierta o chaqueta que encierra el cuerpo principal del reactor, dejando un espacio con éste y convirtiéndolo así en un intercambiador de calor de doble chaqueta, en cuyo caso posee, entre otras, las siguientes posibles vías de transmisión térmica.

1) Por circulación del gas mezclado y el gas obtenido por el interior del cuerpo principal del foto-reactor, cediendo su calor a la pared interna del foto-reactor que a su vez lo transmite al fluido entrante que discurre entre la doble chaqueta y en forma adyacente a dicha pared, como ocurre en los intercambiadores de calor de chaqueta doble, y el discurrir de estos fluidos se prefiere que sea en contracorriente.

2) Por introducción del fluido entrante en el conducto por el que discurre el chorro de gas ionizado, desplazándose en vórtice alrededor de dicho chorro, provocándose así un intercambio directo de calor.

3) Y, como el foto-reactor se convierte en una extensión al intercambiador de calor, por penetración del fluido entrante en la zona central hueca y a lo largo del foto-reactor, donde discurre el gas ionizado.

El catalizador del lecho fijo comprende al menos un compuesto puro o en aleación, donde su principal elemento es al menos uno del siguiente grupo: hierro II y III, cobre, níquel, alúmina, dióxido de titanio, dióxido de silicio, cuarzo, molibdeno, cobalto, vanadio o tungsteno.

El foto-reactor viene construido preferentemente en un material que comprende al menos un compuesto del grupo donde su principal elemento es cerámica o metal, o bien, una combinación de ambos; los preferidos son: tungsteno, acero/hierro y cuarzo.

En cuanto al generador de gas ionizado se prefiere el de plasma térmico de arco eléctrico no transferido a base de corriente directa o el de inducción a base de corriente alterna, o una combinación de ambos, todos con la capacidad de proyectar luz de rayos ultravioleta con una antorcha de plasma que comprende un gas ionizado de alta temperatura, producido a base de al menos uno de los siguientes elementos o compuestos del grupo: oxígeno, hidrógeno, dióxido de carbono, monóxido de carbono, vapor de agua, nitrógeno, aire, helio o argón y preferiblemente vapor de agua protonada.

BREVE EXPLICACION DE LA FIGURA

La FIGURA 1 muestra, en esquema conceptual un dispositivo, donde el procedimiento objeto de la presente es llevado a cabo y así se aprecia el foto-reactor (1) que comprende un cuerpo principal (2) un espacio (3) entre la doble chaqueta por donde el fluido entrante (4), tras pasar su fluido oxidante por un protonador (10) y su fluido combustible por un desprotonador (9) discurre hasta acceder al interior del reactor y accede de manera tangencial al chorro de gas ionizado (5) del plasma térmico para después, en vórtice, discurrir entre el lecho circulante (6) y el lecho fijo (7) colisionando con las protuberancias (8) del lecho fijo (7).

DESCRIPCION DE UN MODO DE LLEVAR A CABO LA INVENCION

Se describe aquí una forma de llevar a cabo la invención que no es única sino una de las maneras posibles de poderla ejecutar, utilizando el dispositivo de la figura 1. Las magnitudes de temperatura se ofrecen en grados centígrados.

La patente que se pretende comprende un procedimiento para la oxidación parcial de un fluido combustible y para ello un fluido entrante, que comprende un fluido combustible

previamente despronotado y un fluido oxidante previamente pronotado, se introducen en un dispositivo que comprende:

Un foto-reactor (1), que a su vez comprende:

- Un cuerpo principal (2) con uno más orificios de entrada y uno o más orificios de salida, teniendo dicho cuerpo principal estructura de conducto preferiblemente cilíndrico o troncocónico y estando cubierto por una doble chaqueta de tal forma que se crea un espacio (3) por donde se introduce el fluido entrante (4) que en su discurrir toma calor del cuerpo principal.
- Un sistema para producir e inyectar gas ionizado que comprende un chorro de gas ionizado (5) preferiblemente proveniente de un plasma térmico cuyo inyector se encuentra preferiblemente en el extremo de mayor sección del cuerpo principal.
- Un lecho circulante (6) con un gas ionizado.
- Un lecho fijo (7) unido a la pared interna del cuerpo principal del foto-reactor que puede, opcionalmente, comprender unas barreras parciales, que llamamos protuberancias (8), sujetas a dicha pared interna o formando parte de ella.
- Un catalizador en el lecho fijo que comprende al menos un compuesto puro o en aleación, donde su principal elemento es al menos uno del siguiente grupo: hierro II y III, cobre, níquel, alúmina, dióxido de titanio, dióxido de silicio, cuarzo, molibdeno, cobalto, vanadio o tungsteno.
- Un protonador (10) para el fluido oxidante y opcionalmente un desprotonador (9) para el fluido combustible, colocados ambos previos al intercambiador de calor.

El cuerpo principal se encuentra encerrado en una chaqueta doble que crea un espacio (3) que funciona como intercambiador de calor cuando discurre el fluido entrante (4) en contacto con la pared del cuerpo principal donde, por su cara interna, se encuentra unido el lecho fijo (7) que presenta protuberancias (8).

En el interior del cuerpo principal (2) se encuentra el lecho circulante (6) de tal forma que el fluido entrante (4) discurre en vórtice entre el lecho fijo (7) y el lecho circulante (6).

El proceso se inicia con el paso del fluido entrante, donde su parte correspondiente al fluido combustible ha pasado previamente por un desprotonador (10) y su parte correspondiente al fluido oxidante ha pasado por un desprotonador (9).

Tras la operación de protonizado y desprotonizado, el fluido entrante discurre por el espacio (3) entre la doble chaqueta del foto-reactor y es allí donde toma calor al discurrir en contacto con la pared del cuerpo principal (2).

El fluido entrante (4) inicia navegando de abajo hacia arriba por el espacio (3) de la doble chaqueta hasta entrar por la parte superior al cuerpo principal e interno del foto-reactor, entrando tangencialmente por donde discurre el chorro de gas ionizado (5) del plasma térmico y empieza a discurrir en vórtice y turbulencia expansiva dentro del foto-reactor, de arriba hacia abajo, de forma descendente; o sea, navegando alrededor y en estrecho contacto, por el lado interno, con el lecho circulante (6) con el chorro de gas ionizado de la antorcha de plasma y por el lado exterior con el lecho fijo (7) y las protuberancias (8).

Durante este discurrir, el gas ionizado de la antorcha de plasma se mezcla con el fluido combustible y el fluido oxidante hasta constituir un solo gas mezclado formando una niebla o nube altamente ionizada, con distribución molecular homogénea, donde se dan de manera concurrente, los siguientes efectos:

1) el efecto producido del fluido entrante por entrar discurriendo en vórtice, con turbulencia expansiva y distribución molecular homogénea, que se multiplica al colisionar con las protuberancias (8); dicho vórtice induce rotación a parte del gas ionizado y lo convierte en un lecho circulante (6) y forma una nube que presiona alrededor, a lo largo y hacia el centro de dicho gas ionizado, creando múltiples contactos con las moléculas, hasta llegar a formar un solo fluido o gas mezclado, altamente ionizado y con distribución molecular homogénea.

2) el efecto propagador de radicales libres en el fluido entrante, producido por entrar en contacto con un lecho fluido circulante que comprende el gas ionizado, siendo preferible que el fluido oxidante haya sido previamente protonado para elevarle su propensión a ser reducido, y el fluido combustible haya sido previamente desprotonado para elevarle su propensión a ser oxidado.

3) cuando el chorro de gas ionizado es generado por una antorcha de plasma, el efecto producido en el gas mezclado por la radiación de rayos de luz ultravioleta que, es aumentado por su acción foto-catalítica cuando interactúa con al menos un catalizador del lecho fijo que, como se ha dicho, comprende al menos una sustancia pura,

en mezcla o en aleación, del siguiente grupo: hierro II y III, cobre, níquel, alúmina, dióxido de titanio, dióxido de silicio, cuarzo, molibdeno, cobalto, vanadio y tungsteno.

Los tres efectos que se describen, oxidan parcialmente el fluido combustible, dando como resultado el gas obtenido. Este procedimiento y dispositivo permite que se desarrollen los efectos mencionados, obteniendo así un proceso de oxidación parcial que ocurre a temperaturas inferiores a los 750º grados centígrados, a una presión de 200 milibar, con un tiempo de residencia de 0,2 segundos y consumiendo 0,5 kwh por kg de gas natural.

REIVINDICACIONES

1.- PROCEDIMIENTO PARA LA OXIDACIÓN PARCIAL DE COMBUSTIBLES del tipo de los que comprenden una reacción de reducción-oxidación de un fluido entrante caracterizado por que:

1. En una primera etapa el fluido entrante (4), que comprende fluido combustible (9) y fluido oxidante (10), se introduce en el dispositivo y al llegar al cuerpo principal (2), entra de una forma tangencial al chorro de gas ionizado (5) iniciándose un vórtice con el fluido entrante (4).
2. En una segunda etapa el vórtice dicho empieza a discurrir a lo largo del foto-reactor por el espacio existente entre el lecho fijo (7) y el lecho circulante (6).
3. En una tercera etapa, al discurrir el vórtice con el fluido entrante (4), su lado exterior colisiona con el lecho fijo (7), que comprende un catalizador, mientras que su lado interior colisiona con las moléculas del lecho circulante (6), tomando así las características de un fluido que discurre en espiral con turbulencia expansiva.
4. En una cuarta etapa, el fluido en espiral con turbulencia expansiva induce a rotación al lecho circulante (6) llegando a formar un solo gas mezclado, altamente ionizado y con distribución molecular homogénea, que se denomina gas mezclado.
5. En una quinta etapa el gas mezclado absorbe el calor intenso del chorro de gas ionizado existente en el lecho circulante, teniendo lugar en dicho gas mezclado una reacción química de reducción-oxidación dando como resultado el gas obtenido.

2.- PROCEDIMIENTO PARA LA OXIDACIÓN PARCIAL DE COMBUSTIBLES conforme reivindicación 1 caracterizado por que comprende además una fase en la que un sistema de antorcha de plasma proyecta rayos ultravioleta generando efectos catalíticos, que se aumentan al interactuar con al menos un catalizador del lecho fijo.

3.- PROCEDIMIENTO PARA LA OXIDACIÓN PARCIAL DE COMBUSTIBLES conforme reivindicación 1 caracterizado por que el tiempo de residencia del fluido entrante en el interior del cuerpo principal del foto-reactor es inferior a 10 segundos.

4.- PROCEDIMIENTO PARA LA OXIDACIÓN PARCIAL DE COMBUSTIBLES conforme reivindicación 1 caracterizado por que la oxidación del fluido combustible se produce a una temperatura inferior a 750º centígrados y el consumo energético es menor de 1 kwh por cada kilo de carbono contenido en el fluido combustible

5.- PROCEDIMIENTO PARA LA OXIDACIÓN PARCIAL DE COMBUSTIBLES conforme reivindicación 1 caracterizado por que comprende además una etapa previa de calentamiento del fluido entrante.

6.- PROCEDIMIENTO PARA LA OXIDACIÓN PARCIAL DE COMBUSTIBLES conforme reivindicación 1 caracterizado por que comprende además una etapa previa de protonado del fluido oxidante.

7.- PROCEDIMIENTO PARA LA OXIDACIÓN PARCIAL DE COMBUSTIBLES conforme reivindicación 1 caracterizado por que comprende además una etapa previa de desprotonado del fluido combustible.

8.- PROCEDMIENTO PARA LA OXIDACION PARCIAL DE COMBUSTIBLES conforme reivindicación 1 caracterizado por que el fluido combustible comprende moléculas de al menos un átomo de carbono sin oxidar.

9.- PROCEDMIENTO PARA LA OXIDACION PARCIAL DE COMBUSTIBLES conforme reivindicación 1 caracterizado por que el fluido oxidante comprende al menos un fluido reactante aportador de oxígeno tal como aire, aire enriquecido con oxígeno, oxígeno, dióxido de carbono, vapor de agua o, preferiblemente agua protonada.

10.- PROCEDMIENTO PARA LA OXIDACION PARCIAL DE COMBUSTIBLES conforme reivindicación 1 caracterizado por que el catalizador del lecho fijo (7) comprende al menos uno de los siguientes elementos: hierro II y III, cobre, níquel, alúmina, dióxido de titanio, dióxido de silicio, cuarzo, molibdeno, cobalto, vanadio y tungsteno.

11.- DISPOSITIVO PARA LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE OXIDACION PARCIAL DE COMBUSTIBLES caracterizado por que comprende un foto-reactor, que comprende:

1. Un cuerpo principal (2) con uno más orificios de entrada y uno o más orificios de salida, teniendo dicho cuerpo principal estructura de conducto.
2. Un componente que produce un chorro de gas ionizado (5).
3. Un lecho circulante (6) con un gas ionizado.
4. Un lecho fijo (7) unido a la pared interna del cuerpo principal del foto-reactor.
5. Uno o más catalizadores en el lecho fijo.

12.- DISPOSITIVO PARA LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE OXIDACION PARCIAL DE COMBUSTIBLES conforme reivindicación anterior caracterizado por que además comprende un intercambiador de calor, preferiblemente uno que forme parte del foto-reactor utilizando el espacio (3) entre la doble chaqueta quedando así incorporado el intercambiador al propio foto-reactor de modo que el gas obtenido cede calor al fluido entrante.

13.- DISPOSITIVO PARA LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE OXIDACION PARCIAL DE COMBUSTIBLES conforme reivindicación 11 caracterizado por que además comprende un protonador (10), preferiblemente ubicado antes del intercambiador de calor.

14.- DISPOSITIVO PARA LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE OXIDACION PARCIAL DE COMBUSTIBLES conforme reivindicación 11 caracterizado por que además comprende un desprotonador (9), preferiblemente ubicado antes del intercambiador de calor.

15.- DISPOSITIVO PARA LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE OXIDACION PARCIAL DE COMBUSTIBLES conforme reivindicación 11 caracterizado por que en el lecho fijo (7) unido a la pared interna del cuerpo principal del foto-reactor existen una serie de protuberancias (8) sujetas a la pared o formando parte de ella.

16.- DISPOSITIVO PARA LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE OXIDACION PARCIAL DE COMBUSTIBLES conforme reivindicación 11 caracterizado por que el chorro del gas

ionizado (5) se produce a partir de un gas que preferiblemente comprende vapor de agua desprotonada.

17.- DISPOSITIVO PARA LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE OXIDACION PARCIAL DE COMBUSTIBLES conforme reivindicación 11 caracterizado por que el cuerpo principal del foto-reactor tiene forma de conducto, preferiblemente cilíndrica o troncocónica encontrándose el inyector del chorro de gas ionizado (5) preferiblemente en el extremo de mayor sección.

18.- DISPOSITIVO PARA LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE OXIDACION PARCIAL DE COMBUSTIBLES conforme reivindicación 11 caracterizado por que el cuerpo principal del foto-reactor, que tiene estructura de conducto, presenta en su recorrido una sección cuyo promedio de diámetro interno es, por cada kilogramo de carbono contenido en el fluido oxidante, de un mínimo de 0,1 cm y de un máximo de 5 cm, teniendo como rango preferido de 0,4 cm a 1,5 cm.

19.- DISPOSITIVO PARA LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE OXIDACION PARCIAL DE COMBUSTIBLES conforme reivindicación 11 caracterizado por que el cuerpo principal del foto-reactor, que tiene estructura de conducto, presenta por cada kilogramo de carbono contenido en el fluido oxidante, una longitud mínima de 0,4 cm y máxima de 17 cm, teniendo como rango preferido de 2 cm a 8 cm.

20.- DISPOSITIVO PARA LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE OXIDACION PARCIAL DE COMBUSTIBLES conforme reivindicación 15 caracterizado por que las protuberancias (8) deben estar distribuidas de tal forma que completen el perímetro interno del cuerpo principal (2) del foto-reactor sin que exista un canal abierto en línea recta, adyacente y a lo largo de la pared interna del conducto del foto-reactor que comunique su salida con la zona transitada por el fluido entrante.

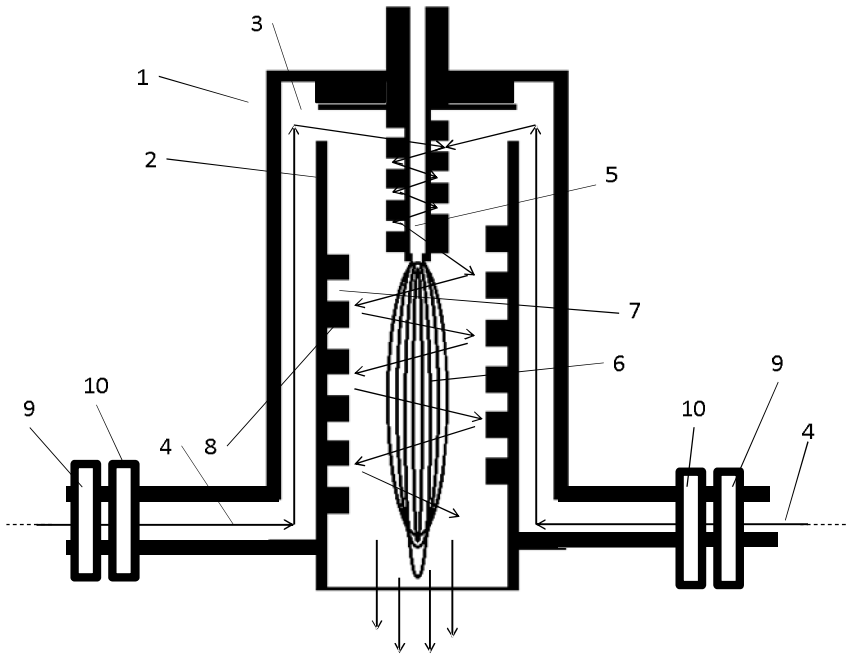
21.- DISPOSITIVO PARA LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE OXIDACION PARCIAL DE COMBUSTIBLES conforme reivindicación 15 caracterizado por que la altura de las

protuberancias (8) es entre 3% y el 40 % del promedio del diámetro interno del conducto del foto-reactor, siendo el rango preferido entre el 15% y el 25%.

22.- DISPOSITIVO PARA LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE OXIDACION PARCIAL DE COMBUSTIBLES conforme reivindicación 11 caracterizado por que el chorro de gas ionizado (5) proviene preferiblemente de un plasma de arco eléctrico no transferido, a base de corriente directa y que produce un fluido ionizado que comprende al menos uno de los siguientes elementos o compuestos del grupo: aire, oxígeno, nitrógeno, hidrógeno, helio, argón, dióxido de carbono, monóxido de carbono y agua o vapor de agua preferiblemente protonada.

23.- DISPOSITIVO PARA LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE OXIDACION PARCIAL DE COMBUSTIBLES conforme reivindicación 11 caracterizado por que el chorro de gas ionizado (5) es producido por inducción a base de corriente alterna y produce un fluido ionizado que comprende al menos uno de los siguientes elementos o compuestos del grupo: aire, oxígeno, nitrógeno, hidrógeno, helio, argón, dióxido de carbono, monóxido de carbono y agua o vapor de agua preferiblemente protonada.

24.- GAS OBTENIDO MEDIANTE EL PROCESO DESCRITO caracterizado por que comprende, en volumen, un porcentaje mayoritario en hidrógeno, seguido por un segundo porcentaje menor que puede ser monóxido de carbono o por dióxido de carbono, según la cantidad de fluido oxidante presente en la reacción química “reducción-oxidación” que lo formó, y comprendiendo también otros porcentajes minoritarios correspondientes a subproductos derivados de esta reacción.


3
1
2
5
7
6
9
10
9
10
4
8
4

OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(21) N.º solicitud: 201630537

(22) Fecha de presentación de la solicitud: 27.04.2016

(32) Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

(51) **Int. Cl. :** Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	**(56) Documentos citados**	**Reivindicaciones afectadas**
X	US 2010003556 A1 (HARTVIGSEN JOSEPH J et al.) 07/01/2010, figura 7, párrafos [10, 11, 41, 57-59]	24
X	CA 1059065 A (SIDBEC DOSCO LTD ET AL.) 24/07/1979, pág. 1, líneas 1-10; pág. 5 líneas 10-20; pág. 7, líneas 28-30	24
X	WO 0100310 A2 (BECHTEL BWXT IDAHO LLC) 04/01/2001, página 4, líneas 3-6	24
A	KIM, S. C.et al "Production of hydrogen by partial oxidation with thermal plasma" Renewable Energy, 2008, vol. 33, no 7, p. 1564-1569; resumen y punto 2.4	1-24
A	CHAO, YU, et al "Hydrogen production via partial oxidation of methane with plasma-assisted catalysis" International Journal of Hydrogen Energy, 2008, vol. 33, no 2, p. 664-671; resumen y puntos 1 y 2.2	1-24

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	**Examinador**	**Página**
27.01.2017	I. González Balseyro	1/4

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

B01J19/08 (2006.01)
C01B3/02 (2006.01)
C01B3/34 (2006.01)
H05H1/48 (2006.01)

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

C01B, B01J, H05H

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

INVENES, EPODOC, WPI, NPL, TXTUS, TXTEP, TXTGB

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 27.01.2017

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	1-23	**SI**
	Reivindicaciones	24	**NO**
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	1-23	**SI**
	Reivindicaciones	24	**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 se publica.

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 2010003556 A1 (HARTVIGSEN JOSEPH J et al.)	07.01.2010
D02	CA 1059065 A (SIDBEC DOSCO LTD et al.)	24.07.1979
D03	WO 0100310 A2 (BECHTEL BWXT IDAHO LLC)	04.01.2001

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

El documento D01 divulga un proceso y un dispositivo para la obtención de gas de síntesis donde la corriente de vapor y aire una vez calentada se mezcla con la corriente de hidrocarburo y se hace pasar entre los electrodos que forman la antorcha de plasma, teniendo lugar una reacción de oxidación parcial del hidrocarburo y la obtención del gas de síntesis. (Ver párrafos [10, 11, 41, 57-59]; fig. 7).

El documento D02 divulga un proceso y un dispositivo para la obtención de un gas mezcla de hidrógeno y monóxido de carbono mediante la oxidación parcial de un hidrocarburo sin la utilización de catalizador. Para ello el hidrocarburo y una corriente que contiene oxígeno se exponen a un arco eléctrico. (Ver pág. 1, líneas 1-10; pág. 5 líneas 10-20; pág. 7, líneas 28-30).

El documento D03 divulga un proceso para la obtención de gas de síntesis a partir de una corriente gaseosa de hidrocarburo y aire, mediante la puesta en contacto de dicha corriente alimentación con una antorcha de plasma consiguiéndose así la oxidación parcial de la corriente sin utilizar catalizador. (Ver página 4, líneas 3-6).

Ninguno de los documentos D01-D03 citados o cualquier combinación relevante de los mismos revela un procedimiento o un dispositivo para la oxidación parcial de combustibles tal como se recoge en las reivindicaciones 1 y 11 de la solicitud, donde el fluido mezcla de combustible y oxidante fluye entre un lecho fijo de catalizador y un lecho circulante de gas ionizado, favoreciéndose la mezcla de los reactivos y su contacto con el catalizador, teniendo así lugar la reacción de oxidación-reducción deseada a temperaturas inferiores a 750ºC y presión atmosférica.

Por lo tanto, se considera que la invención recogida en las reivindicaciones 1-23 cumple los requisitos de novedad y actividad inventiva, según lo establecido en los Artículos 6.1 y 8.1 de la Ley de Patentes.

Sin embargo, respecto a la reivindicación 24 relativa al producto obtenido, se debe señalar que el hecho de que dicho producto se obtenga por un procedimiento nuevo no le confiere novedad y actividad inventiva, dado que no presenta características técnicas que lo diferencien de los productos divulgados en el estado de la técnica obtenidos por otros procedimientos (ver documentos D01-D03).

Por tanto, el objeto de la reivindicación 24 carece de novedad (Art. 6.1 LP).