



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 264 400**

⑫ Número de solicitud: 200601130

⑬ Int. Cl.:
C01B 3/24 (2006.01)
C09C 1/54 (2006.01)
B01J 19/24 (2006.01)

⑭

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

⑮ Fecha de presentación: **04.05.2006**

⑯ Fecha de publicación de la solicitud: **16.12.2006**

Fecha de la concesión: **06.03.2008**

Fecha de modificación de las reivindicaciones:
29.02.2008

⑰ Fecha de anuncio de la concesión: **16.04.2008**

⑱ Fecha de publicación del folleto de la patente:
16.04.2008

⑲ Titular/es: **Universidad Politécnica de Madrid**
Avda. Ramiro de Maeztu, 7
28040 Madrid, ES

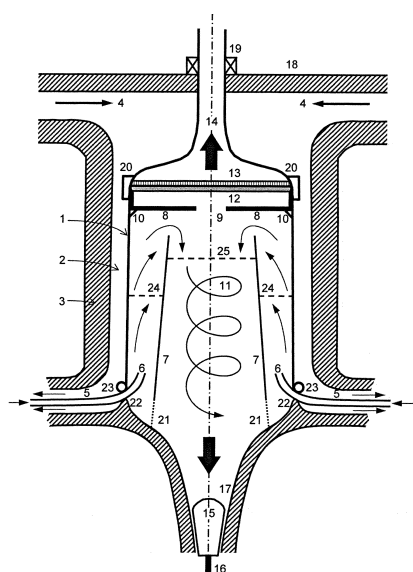
⑳ Inventor/es: **Martínez-Val Penalosa, José María**

㉑ Agente: **No consta**

㉒ Título: **Reactor termolítico de descomposición de hidrocarburos.**

㉓ Resumen:

Reactor termolítico de descomposición de hidrocarburos ideado para propiciar la descarburación de hidrocarburos mediante la aplicación de calor de alta temperatura a una corriente gaseosa de hidrocarburos que circula en el seno de un reactor embebido en un horno; teniendo el reactor, en su zona anular, unas boquillas de inyección de los hidrocarburos en trayectoria de tipo ciclónica; y existiendo en su zona superior una membrana de material hidrurable o filtro de hidrógeno, a través del cual fluye hacia ese colector la mayor parte del hidrógeno puro, de gran valor energético, producido en la descomposición termolítica; y existiendo otro colector de escape del reactor, en este caso ubicado en su zona inferior, con válvula regulable para dosificar la evacuación del polvo de carbono junto al gas de arrastre, constituido esencialmente de hidrocarburos no descompuestos, susceptibles de ser reutilizados.



Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Reactor termolítico de descomposición de hidrocarburos.

5 Sector de la técnica

La invención se enmarca en el conjunto de dispositivos que utilizan la energía térmica a las temperaturas apropiadas, para producir cambios moleculares en diversos productos químicos, particularmente hidrocarburos, de fórmula química general $C_m H_n$.

Más específicamente, la invención se orienta a la descomposición térmica de los hidrocarburos, de entre los cuales el más abundante en cuanto a reservas y disponibilidad de mercado es el metano, constituyente fundamental del gas natural. No obstante, la invención puede aplicarse a cualquier hidrocarburo o mezcla de ellos, sin mayor modificación que los ajustes de control del caudal aportado y, eventualmente, de la temperatura óptima de funcionamiento.

En la descomposición de los hidrocarburos, o descarburación, se busca escindir las moléculas en sus elementos químicos constitutivos, C y H (este último, en forma de H_2 gaseoso). Se consigue así separar ambos combustibles elementales, a los cuales puede darse uso separado. El H_2 puede posteriormente oxidarse violentamente, en aparatos de combustión ordinaria, en motores de explosión, turbinas de gas y otros dispositivos; o puede oxidarse electroquímicamente en pilas de combustible, generando electricidad como bien energético de muy alta utilidad.

Esta práctica permitiría aprovechar una parte del contenido energético de los hidrocarburos, sin generación de CO_2 . Esto tiene vital importancia a medio y largo plazo, por la necesidad de acotar el contenido de CO_2 en la atmósfera, para evitar que la intensificación de su efecto invernadero provoque cambios climáticos significativos, como consecuencia del mayor calentamiento de la biosfera debido al mayor atropamiento de la radiación térmica en la troposfera.

Mediante invenciones como la aquí planteada se haría más viable el despliegue de la economía del Hidrógeno, orientada precisamente a ir sustituyendo los combustibles fósiles por el combustible elemental por excelencia, el H_2 , cuyo único producto de combustión es el agua, que no podría llegar a afectar el ciclo natural de agua/vapor (que en valor medio absorbe 36.000 TW de la irradiación solar, lo cual equivale a unas 3.000 veces la potencia actual del sector energético antropogénico). Aunque a muy largo plazo la fuente principal de H_2 será el agua (y para ello tendrán que usarse la energía nuclear o las fuentes renovables) en plazos más inmediatos, de los próximos decenios, los hidrocarburos pueden proporcionar una vía mucho más asequible y rentable de producir hidrógeno.

Adicionalmente se obtendrá carbono puro (al menos, con la propia pureza que presenten los hidrocarburos empleados, que lógicamente deben estar previamente purificados de azufre, arsénico y sus compuestos, así como de otros elementos y productos químicos).

La forma estructural del C puro podrá modelarse, hasta cierto nivel, en el proceso de enfriamiento posterior a la descarburación, en función de los periodos permitidos para su precipitación y formación granular y reticular. Por descontado, dicho carbono retendrá todo su potencial calorífico por combustión (próximo a los 400 kJ/mol) el cual podrá ser utilizado en un futuro remoto, si no hubiera ya tanta problemática por el efecto invernadero troposférico, o simplemente hubiera necesidad perentoria de su energía.

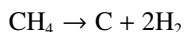
Pero, adicionalmente, el C, convenientemente post-tratado (lo cual no es objeto de esta invención) puede tener un uso molecular importante y con claro valor económico, para fabricación de fibras de carbono y materiales especiales.

Tampoco es propio de la invención el uso que pueda darse al H_2 producido, bien por combustión, bien por oxidación electroquímica.

Lo que es específico de la invención es la descarburación de los hidrocarburos, conseguida en un reactor termoquímico de características novedosas, y en la cual se obtienen H_2 elemental y C así mismo elemental.

Para conseguir esto, es preciso aportar calor, pues las reacciones de descomposición de los hidrocarburos más comunes son todas endotérmicas, al ser negativas sus entalpías de formación (lo cual es lógico, al tratarse de moléculas de bastante alta estabilidad química).

Como caso representativo, la entalpía de formación del metano (medida en condiciones estándar, según lo habitual en Química) es de - 75 kJ/mol. Ello quiere decir que hay que aportar (a fondo perdido, podríamos decir) 75 kJ para que un mol de CH_4 se descomponga totalmente, según la reacción:



Al ser una reacción endotérmica, sólo puede ocurrir a temperatura suficientemente alta, pues de lo contrario la energía libre de Gibbs, potencial termodinámico que controla la factibilidad de una reacción, no podrá ser negativo (y por tanto, la reacción no será viable) en el sentido citado, es decir, la descomposición endotérmica.

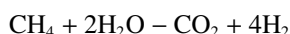
De permitir que las moléculas en cuestión, metano, carbono e hidrógeno, alcancen el equilibrio (donde se anularía la energía libre de Gibbs) la concentración de H_2 , que marca el grado en el cual se ha verificado la reacción, es muy dependiente de la temperatura, tal como se expone de manifiesto en los datos subsiguientes (para presión atmosférica).

- | | |
|----|---|
| 5 | A 400°C, 10% de descomposición de CH ₄ |
| | A 500°C, 30% de descomposición de CH ₄ |
| | A 600°C, 55% de descomposición de CH ₄ |
| 10 | A 700°C, 78% de descomposición de CH ₄ |
| | A 800°C, 90% de descomposición de CH ₄ |
| 15 | A 900°C, 95% de descomposición de CH ₄ |
| | A 1.000°C, 98% de descomposición de CH ₄ |

Estos datos son ilustrativos de la importancia de disponer de un horno a alta temperatura, en el cual permanezca el metano tiempo suficiente para acercarse a su descomposición de equilibrio. Ello ha de hacerse de tal manera que se optimice el uso de la energía térmica empleada, y se produzca una alta tasa de extracción del H_2 ; cuestiones éstas que son objeto de la invención.

Estado de la técnica

- La descomposición térmica de hidrocarburos es un campo científicamente bien conocido en la Química, aunque sus desarrollos técnicos han sido sin embargo muy limitados. Estos desarrollos en general no han estado orientados a la producción masiva de H_2 , lo cual se hace hasta la fecha por reformado de los hidrocarburos con vapor de agua a muy alta temperatura, según la reacción



lo cual evidentemente produce CO_2 y no permite preservar el carbón para su uso futuro como elemento químico.

- Las técnicas desarrolladas en relación con la descomposición térmica de hidrocarburos están relacionadas primordialmente con la obtención de partículas de C de alta pureza, y en estados de agregación que pudieran ser especialmente útiles para fabricación de materiales muy especiales (llegando, eventualmente, a la producción de diamantes artificiales, por ultracompresión del C granular para provocar su cristalización más compacta, que es la del diamante).

Entre estas técnicas está la denominada "Carbon Black", o "Negro de carbono", dedicada a la obtención de polvo de carbono de muy alta pureza (véase J.G. Donet, "*Carbon Black*". Marcel Dekker Pub., New York, 1976).

Como ya se ha dicho, estas técnicas no están orientadas a la producción masiva de H_2 , aunque se obtiene este material, sino a la producción de agregados de C de interés para la industria química.

En la descomposición de los hidrocarburos hay otra línea de investigación basada en la catálisis, pues los catalizadores permiten reducir sustancialmente la temperatura requerida para producir la descomposición. Los catalizadores suelen ser sustancias especialmente preparadas, a base de Ni, Mg, Cu, y otros metales (así como óxidos de ellos). Presentan la enorme ventaja teórica ya dicha, y el enorme inconveniente técnico de que se desactivan por envenenamiento y recubrimiento de la superficie por carbón y compuestos del mismo. La necesaria regeneración de los catalizadores para que el sistema siga funcionando es uno de los inconvenientes principales para la explotación industrial de estas técnicas catalíticas. No obstante, son numerosas las instituciones y empresas que se dedican a las catálisis en general, y a la de hidrocarburos en general, pero la invención aquí presentada no requiere catalizador de ningún tipo, pues busca la robustez y operatividad industrial del equipo, ahondando en los aspectos esencialmente térmicos.

Explicación de la invención

La invención se basa en disponer un sistema térmico de alto rendimiento en el aprovechamiento del calor de alta temperatura, disponible a partir de cualquier fuente de energía, para propiciar la descomposición termolítica de hidrocarburos. Para ello, se inyectan hidrocarburos gaseosos, precalentados tanto como se pueda aprovechando calores residuales del propio sistema. El calentamiento final se verifica dentro del reactor químico que está encerrado dentro del horno de alta temperatura (unos 1000°C, aunque otras temperaturas de funcionamiento también son posibles).

65 El dibujo nº 1 expone todos los elementos básicos de la invención, consistente en un reactor químico, delimitado exteriormente por las paredes 1, que se encuentra embebido en un horno con un conducto anular, 2, por el que circula el gas de calentamiento, que a su vez va guiado por una pared exterior, 3, de alta capacidad aislante térmicamente hablando.

ES 2 264 400 B2

El gas de calentamiento es aportado al horno por la boca superior, 4, y emerge por los colectores inferiores, 5. Por un tubo interior a dichos colectores, así como en los tramos anteriores a ellos, se produce el calentamiento previo de los hidrocarburos gaseosos que se aportan al reactor a través de las boquillas 6. La fase de calentamiento previo de los hidrocarburos gaseosos aportados al reactor químico no forma parte de la invención, y se entiende que puede realizarse en un intercambiador de calor o conjunto de intercambiadores, preferiblemente en la modalidad denominada equilibrada, en la que el aumento de temperatura del fluido que se calienta coincide con el enfriamiento del fluido que se enfría.

Cabe añadir que el gas de calentamiento aportado a través del colector 4 puede proceder de diversas fuentes y ser de diversa composición: puede ser humo procedente de combustión química, o un gas (nitrógeno, o dióxido de carbono, por ejemplo) calentado por un reactor nuclear o por un colector solar de alta concentración.

Merced a situar el reactor químico, 1, dentro del horno de paredes altamente aislantes, 3, se consigue que el interior del reactor alcance temperaturas muy elevadas, próximas a la de inyección del gas de calentamiento que entra a través del colector 4. En el reactor se inyectan los hidrocarburos (ya precalentados) a través de unas boquillas, 6, que proporcionan al gas un movimiento ciclónico ascendente. Dicho ascenso se verifica por el exterior del barrilete interno del reactor, 7, llegando en la ascensión a la parte superior, donde un disco, 8, deflecta el gas hacia abajo por el interior del barrilete, aunque la fracción más ligera, rica en H_2 por la descomposición térmica sufrida, asciende hacia el colector superior, a través del orificio, 9, existente en el centro del disco 8. Dicho disco se fija al interior del reactor merced a un apoyo tipo ménsula, 10.

Por otro lado, la corriente mezcla de hidrocarburos, polvo de C y algo de H_2 , circula por el interior del barrilete 7, a través de su canal, 11, que encauza el material reactivo hacia la zona interior de descenso ciclónico.

Por el lado superior, a través del orificio 9, el gas más ligero, rico en H_2 , termina su ascensión aproximándose a la membrana-tapón 12, que cierra el interior del horno por arriba. Esta membrana-tapón es parcialmente permeable al H_2 , para lo cual ha de confeccionarse del material apropiado, como pudiera ser paladio, o un filtro de zeolitas. Este filtro o esta membrana estarían adheridos a una rejilla sólida, 13, para dotarle de la necesaria resistencia mecánica. Dicho conjunto (membrana o filtro, más rejilla) permitiría la extracción del H_2 hacia el exterior, de manera continua, por el tubo 14, por el que succionaría la bomba de H_2 .

Análogamente, pero en sentido descendente, habría un tapón, 15, ubicado en la parte inferior del reactor, para extraer por allí el polvo de carbono depositado por gravedad y por impulsión del gas circulante, que en parte escapará también por allí. Este tapón tiene una función reguladora fundamental, tal como se indica en el apartado siguiente, y es accionado por un vástago, 16, que fija su altura sobre el cono de eyección del reactor, 17, de modo que se deja mayor o menor sección de paso para el escape de material. En función de la posición del tapón sobre el cono de eyección, se tienen dos modos de operación del reactor, como se explica en el apartado siguiente.

El polvo de carbón así extraído se recogería en un colector exterior al reactor, junto al gas de arrastre, siendo recuperable el contenido térmico de ambos, para precalentar los hidrocarburos, aunque dicho precalentamiento no es objeto de la invención.

Para el fácil montaje del reactor 1 dentro del horno 3, la tapa de éste, 18, se configura como pieza independiente, atracada en la fogonadura del tubo de extracción de H_2 mediante el retén 19.

De manera análoga, pero referido al reactor en sí, su parte superior con el tubo extractor 14, se acopla al cuerpo cilíndrico del reactor mediante la brida 20, que sirve además para fijar el tapón-membrana (o filtro) más rejilla (12 más 13) así como el disco deflector 8, que se asienta además sobre la ménsula 10.

A su vez, el barrilete 7 se asienta en el horno a través de su parte baja, con una celosía, o conjunto de rejillas, 21, para permitir la recirculación del gas, y la caída de polvo de carbono desde el espacio anular hacia el cono de eyección 17.

De modo similar, las paredes del reactor 1 deben estar asentadas en las boquillas, 6, mediante fogonaduras, 22, con sus retenes correspondientes, 23.

Por otra parte, para dotar de rigidez mecánica al sistema reactor, 1, y barrilete, 7, se sitúan unas placas taladradas o rejillas, 24, que además pueden ayudar a configurar el movimiento ciclónico del gas ascendente. Una función ciclónica similar tienen las rejillas 25, del canal interior del barrilete.

La explicación geométrica-funcional anterior permite comprender que el efecto de la invención se consigue a través de los mecanismos siguientes:

La inyección de hidrocarburos se verifica por varias boquillas, 6, que soplan a cierta velocidad las moléculas de gas hacia el interior del reactor por su parte anular exterior, en forma oblicua tal que se comunica una trayectoria de tipo espiral o ciclónica, que resulta ascendente por el empuje del gas en el reactor. Esta recirculación se establece subiendo por el exterior del barrilete, y retorna descendiendo por el espacio interior al barrilete.

ES 2 264 400 B2

Las características del movimiento del fluido en el interior del reactor están además condicionadas por la posición del tapón inferior del cono de eyección del reactor, 15. Esta posición permite distinguir dos modos de funcionamiento, que llamaremos

- 5 - recirculante, con el tapón cerrado o casi cerrado, y
- extractivo, con el tapón suficientemente abierto, merced al empuje del vástago 16.

10 En el modo recirculante, con el tapón cerrado o casi cerrado, el gas prácticamente no puede escapar del reactor, o lo hace a muy baja velocidad, por lo que domina su recirculación. Este modo se emplea cuando se quiere aumentar el tiempo de residencia de las moléculas en el reactor, si bien tiene el inconveniente de ir aumentando la presión en el interior del mismo, lo cual favorece la recombinación de los productos de la termólisis. En este modo, el gas sube por el espacio anular, y baja por el canal central, sin que haya otros flujos secundarios. Durante este régimen, parte del polvo de carbono generado se deposita en las paredes inferiores del reactor, que están embocadas hacia el cono de eyección.

15 Cuando el tapón 15 es empujado suficientemente por el vástago 16, la sección de paso del gas por el canal de eyección aumenta mucho, y desde el espacio anular del reactor, el flujo de gas-micropartículas se bifurca en dos. Parte del mismo verifica la ascensión, para luego caer por el canal interior del barrilete, y parte se orienta hacia la zona inferior del canal anular, por la succión que provoca la apertura del tapón. En este flujo secundario, el polvo de carbono acumulado en la zona inferior del barrilete es arrastrado hacia el cono de eyección. Éste es el modo extractivo de funcionamiento.

20 La apertura del tapón, en relación con el caudal insuflado por las boquillas 6, permite ajustar el tiempo medio de confinamiento de las moléculas de gas en el reactor, lo cual, junto a la temperatura de funcionamiento y la presión, determina la tasa de descomposición y de remoción de los productos.

25 La trayectoria ciclónica sirve para la separación de las micropartículas de carbono, que han de eliminarse de la corriente gaseosa, para mejorar sus propiedades de cara a la descomposición termolítica, dificultando para ello la recombinación del C con H₂. En otras palabras, es fundamental separar y extraer los productos de la descomposición para que ésta continúe, pues son sus productos, particularmente el H₂, lo que se busca producir.

30 Las partículas de C caen por gravedad, estimulada por los choques producidos en las trayectorias ciclónicas, y así mismo por arrastre del gas en los flujos establecidos según el modo de funcionamiento.

35 Hay que tener en cuenta que el gas no ha de alcanzar una presión alta en el reactor, pues ésta favorece la recombinación de C y H. Ello quiere decir que el tapón inferior de extracción del carbono tendrá que situarse en la posición adecuada para relajar la presión hasta valores apropiados, y permitir una fácil extracción del polvo de C, sin que sea excesivo el caudal de gas fugado por él, que en todo caso se podrá recircular de nuevo al horno.

40 Para esto último, se pueden disponer varios dispositivos que no son objeto de la invención, y que obedecerían a principios elementales de recuperación del calor. Se trataría de disponer de uno o varios intercambiadores de calor en los cuales este flujo pulverulento de gas cedería su calor a los hidrocarburos que se irían calentando antes de ser introducidos en el reactor. Ello se tendría que compatibilizar con el precalentamiento que realizaría el gas de calentamiento general del sistema, que se insuflaría en el mismo por los colectores 4, saldría de él por el escape 5, y conservaría aún muy alta temperatura, que tendría que aprovecharse en el precalentamiento de los hidrocarburos a descomponer termolíticamente. Aunque esta fase del proceso no es objeto de la invención, resulta importante señalar que, para el funcionamiento óptimo del mismo desde el punto de vista térmico, se ha de emplear adecuadamente el calor que porta el fluido calorífero que se insufla en el horno del reactor por el colector 4. Para ello es importante que se provean los intercambiadores de precalentamiento necesarios, que preferiblemente serán del tipo llamado equilibrado, con objeto de minimizar las pérdidas exergéticas del calor aportado por el fluido calorífero.

45 Por otro lado, el H₂ se extraerá del reactor por la parte superior, a través de una membrana de un material fácilmente hidrurable, como paladio, que absorberá el H₂ por su cara interior, el cual difundirá por dentro del material, para salir por la exterior, hacia el canal 14 de baja presión. La citada membrana metálica no tendría capacidad de soportar la diferencia de presiones, por lo cual se le dotará de resistencia y rigidez mecánica merced a una rejilla de material sólido de mayor espesor y consistencia, resistente a alta temperatura, como el resto de los componentes estructurales del reactor y del horno. Un material idóneo a tal efecto puede ser cuarzo, pero otros varios materiales cerámicos, incluido grafito, carburo de silicio, óxidos de aluminio e ytrio, y vidrios de silicatos y borosilicatos, pueden utilizarse a tal fin. Como alternativa al material hidrurable, se podría utilizar un filtro de zeolitas, adherido a la rejilla sólida refractaria, bien por la parte superior o por la inferior.

50 Para estimular la difusión del H₂ a través de la membrana hidrurable o del filtro, la presión de escape a lo largo del tubo de extracción debe ser pequeña, por lo que irá conectado a una bomba de vacío, pero no de alto vacío, pues esto es innecesario, al tratarse simplemente de extracción de un gas por desabsorción de una membrana o un filtro.

55 Para evitar la colmatación de la membrana o filtro debido al polvo de C, se protege del flujo directo del polvo de carbono mediante el disco horadado 8.

Gracias a la separación y extracción de los productos de la descomposición termolítica, que es lo que proporciona de manera eficiente esta invención, se desequilibra la reacción en sentido de favorecer la descomposición.

Descripción de los dibujos

Ya se ha mencionado que el dibujo nº 1 expone todos los elementos básicos de la invención, consistente en un reactor químico, delimitado exteriormente por las paredes 1, que se encuentra embebido en un horno con un conducto anular, 2, por el que circula el gas de calentamiento, que a su vez va guiado por una pared exterior, 3, de alta capacidad aislante térmicamente hablando.

El gas de calentamiento es aportado al horno por la boca superior, 4, y emerge por los colectores inferiores, 5. Por un tubo interior a dichos colectores, se aportan los hidrocarburos gaseosos a través de las boquillas, 6, que proporcionan al gas un movimiento ciclónico ascendente, que se verifica por el exterior del barrilete interno del reactor, 7. En la parte superior existe un disco, 8, que defleca el gas hacia abajo por el interior del barrilete. Dicho disco posee un orificio, 9, que permite el flujo hacia arriba de la fracción más ligera, rica en H_2 . El disco se fija al interior del reactor merced a un apoyo tipo ménsula, 10.

El canal central, 11, encauza el material reactivo hacia la zona interior de descenso ciclónico.

Por el lado superior, la membrana-tampón o filtro, 12, cierra el interior del horno por arriba. Este filtro o esta membrana estarían adheridos a una rejilla sólida, 13, para dotarle de la necesaria resistencia mecánica. Dicho conjunto (membrana o filtro, más rejilla) permitiría la extracción del H_2 hacia el exterior, de manera continua, por el tubo 14, por el que succionaría la bomba de extracción del H_2 .

En la parte inferior del reactor hay un tapón, 15, para extraer por allí el polvo de carbono depositado por gravedad y por impulsión del gas circulante, que en parte escapará también por allí. Este tapón es accionado por un vástago, 16, que fija su altura sobre el cono de eyección del reactor, 17, de modo que se deja mayor o menor sección de paso para el escape de material.

La tapa del horno, 18, se configura como pieza independiente, atracada en la fogonadura del tubo de extracción de H_2 mediante el retén 19.

La parte superior del reactor, con el tubo extractor 14, se acopla al cuerpo cilíndrico del reactor mediante la brida 20, que sirve además para fijar el tapón-membrana (o filtro) más rejilla (12 más 13). También es útil para fijar el disco deflector 8, que se asienta además sobre la ménsula 10.

El barrilete 7 se asienta en el horno a través de su parte baja, con una celosía, o conjunto de rejillas, 21, para permitir la recirculación del gas, y la caída de polvo de carbono desde el espacio anular hacia el cono de eyección 17.

Las paredes del reactor 1 se asientan en las boquillas, 6, mediante fogonaduras, 22, con sus retenes correspondientes, 23.

Por último, para dotar de rigidez mecánica al sistema reactor, 1, y barrilete, 7, se sitúan unas placas taladradas o rejillas, 24, que además pueden ayudar a configurar el movimiento ciclónico del gas ascendente. Una función ciclónica similar tienen las rejillas 25, del canal interior del barrilete.

Modo de realización de la invención

La invención puede materializarse empleando diversos materiales resistentes a altas temperaturas, como son los citados anteriormente, a saber: cuarzo, grafito, carburo de silicio, óxidos de aluminio e ytrio, vidrios de silicatos y borosilicatos, y materiales cerámicos en general. Con ellos se ha de hacer el cuerpo principal del reactor, 1, las boquillas, 6, el cilindro del barrilete, 7, el disco de deflexión, 8, la rejilla soporte del filtro o membrana, 13, y la brida y chimenea que da forma al canal de extracción del H_2 , 14. Igualmente se fabricaría de uno de estos materiales el tapón 15 y su vástago 16. Por último, de esos mismos materiales habría que fabricar los retenes, 19 y 23, y las rejillas ciclónicas y de sujeción, 24 y 25.

Las paredes del horno, 3, que engloban la tapa superior del colector 4, y el cono de eyección inferior, 17, así como sus paredes adyacentes, se pueden fabricar de material refractario propio de hornos de alta temperatura.

Para producir el funcionamiento de la invención harían falta elementos auxiliares que no forman parte de ésta. En primer lugar, haría falta disponer de hidrocarburos gaseosos o gasificables, principalmente metano. Estos hidrocarburos se habrían de impulsar a través de un circuito de inyección en el reactor de la invención, que debería incluir una etapa de precalentamiento con el consiguiente conjunto de intercambiadores, bien en serie, bien en paralelo, que aprovecharan el calor residual del fluido calorífero de alimentación del horno, y de los efluentes de éste, tanto la corriente de H_2 como la del C con su gas de arrastre. Este gas, una vez enfriado hasta temperatura aceptable (de unos cientos de $^{\circ}C$), y separado de las partículas de carbón, bien por filtros de mangas, bien por procedimientos mecánicos o electrostáticos habituales de temperaturas bajas o intermedias, puede volver a comprimirse, para inyectarse de nuevo en el reactor (o

ES 2 264 400 B2

en otro similar, pues podrían acoplarse varios de ellos en cascada, con objeto de maximizar los rendimientos energético y de descomposición).

- 5 El resultado de la invención sería la descomposición de hidrocarburos en sus dos componentes elementales, H y C. El H (propiamente H_2) es la base de varios procesos de oxidación, bien electroquímica, bien de combustión, de suma utilidad en el sector energético. El C puede emplearse en la elaboración de fibra de carbono y materiales ad hoc, aunque también puede almacenarse hasta que sea posible su uso energético en condiciones en que no sea problemática la intensificación del efecto invernadero atmosférico.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

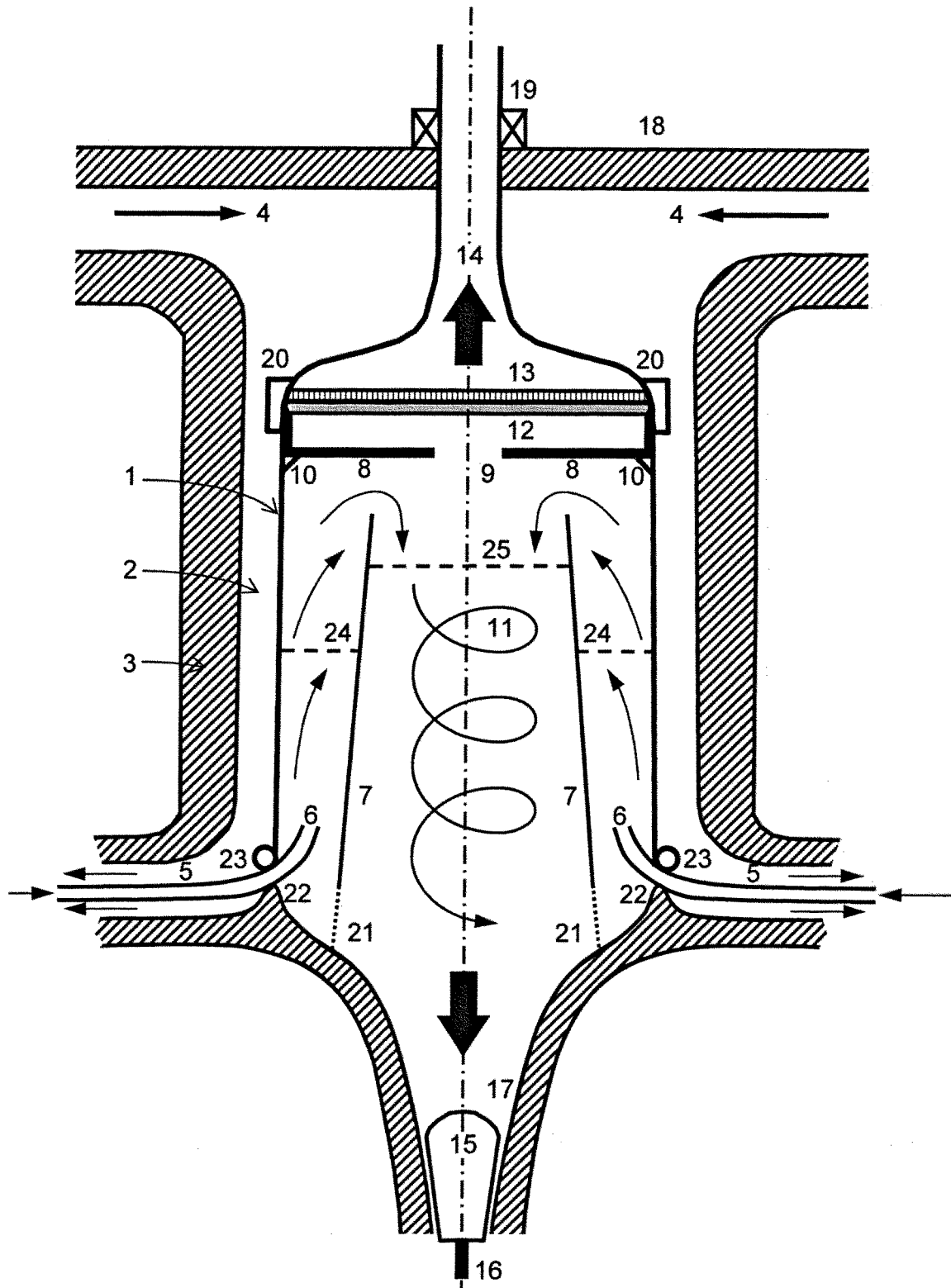
60

65

REIVINDICACIONES

- 5 1. Reactor termolítico de descomposición de hidrocarburos en el que se emplea una corriente gaseosa de alta temperatura, procedente de cualquier fuente adecuada, para descomponer hidrocarburos en sus componentes elementales, H y C, **caracterizado** por un reactor de cuerpo cilíndrico, piramidal, o tronco-cónico inserto en un horno que lo envuelve completamente, salvo en los tubos de inyección y extracción de flujos de material, y que a su vez tiene una separación interior delimitada por un barrilete asimismo cilíndrico, piramidal o tronco-cónico, para permitir la recirculación de la fase gaseosa más las micropartículas generadas en la descomposición, siendo específico de esta invención la recirculación del material reaccionante para permitir la descomposición del hidrocarburo, estimulada por la extracción continuada de los productos de la descarburación, consiguiéndose dicha extracción de manera selectiva mediante una estructura interior en la parte inferior del reactor, constituida por un tapón que se asienta sobre un cono de eyección, a través del cual sale la fracción pesada (carbonosa) de los productos.
- 15 2. Reactor termolítico de descomposición de hidrocarburos, según reivindicación primera, **caracterizado** por unas boquillas de inyección oblicua del gas a descarburar, que insuflan dicho gas en el espacio anular del reactor, con trayectoria inicialmente espiral ascendente, en la cual se estimula su calentamiento desde la pared exterior.
- 20 3. Reactor termolítico de descomposición de hidrocarburos, según reivindicaciones primera y segunda, **caracterizado** por unas rejillas, interiores y exteriores al barrilete del reactor, que dotan al conjunto de rigidez mecánica, y coadyuvan a imponer a la corriente gaseosa un movimiento espiral o ciclónico, ascendente por el espacio anular exterior y descendente por el interior del barrilete.
- 25 4. Reactor termolítico de descomposición de hidrocarburos, según reivindicaciones primera a tercera, **caracterizado** por una estructura interior en la parte superior del reactor constituida por un disco con un pequeño orificio central, y una tapa consistente en un filtro de zeolitas o una membrana de material permeable al hidrógeno, a lo que da rigidez una rejilla de material compacto resistente a altas temperaturas, tipo cerámico, como el resto de los elementos constitutivos del reactor y sus partes; estando coronada dicha estructura por un canal o pequeña chimenea de extracción del hidrógeno producido en la descomposición, y que traspase la membrana o el filtro.
- 30 5. Reactor termolítico de descomposición de hidrocarburos, según reivindicaciones primera a tercera, **caracterizado** porque a través de el tapón asentado sobre el cono de eyección, sale el polvo de C y la fracción más pesada de la corriente circulante en el reactor cuando el tapón está abierto, siendo regulable la sección de paso de salida en dicha eyección mediante el empuje de un vástago solidario al tapón, que puede llegar a cerrar del todo dicha salida en caso necesario, para favorecer la recirculación del gas en el interior del reactor.
- 35 6. Reactor termolítico de descomposición de hidrocarburos, según reivindicaciones primera a tercera, **caracterizado** por una estructura en la parte inferior del barrilete del reactor, constituida por una celosía que permite el paso del gas y de la corriente de micropartículas, bien de dentro a afuera, cuando el tapón inferior está cerrado y domina la recirculación, bien de fuera a adentro, cuando el tapón está muy abierto y domina la extracción de la corriente de gas y partículas.
- 40 7. Reactor termolítico de descomposición de hidrocarburos, según reivindicaciones primera a sexta, **caracterizado** por un conjunto de retenes que proporcionan al sistema la estanqueidad elemental de sus diversas partes, que funcionan a presiones moderadas.
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

Dibujo nº 1





OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ ES 2 264 400

⑫ Nº de solicitud: 200601130

⑬ Fecha de presentación de la solicitud: **04.05.2006**

⑭ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑮ **Int. Cl.:** Ver hoja adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y A	GB 1173048 A (UNION CARBIDE CORP) 03.12.1969, todo el documento.	1,2 4,7
Y A	DE 3814723 A1 (BBC BROWN BOVERI AG) 17.11.1988, todo el documento.	1,2 3,6
A	WO 0021878 A1 (PROTOTECH AS) 20.04.2000, todo el documento.	1,5

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

22.11.2006

Examinador

D. Hermida Cibeira

Página

1/2

CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

C01B 3/24 (2006.01)

C09C 1/54 (2006.01)

B01J 19/24 (2006.01)