

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 382 257**

51 Int. Cl.:

B01J 3/04 (2006.01)

F23M 5/00 (2006.01)

B01J 19/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08871182 .5**

96 Fecha de presentación: **24.10.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2217361**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **18.08.2010**

54 Título: **Reactor que permite la realización de reacciones a muy alta temperatura y a alta presión**

30 Prioridad:
30.11.2007 FR 0708373

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
06.06.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
06.06.2012

73 Titular/es:
**IFP ENERGIES NOUVELLES
1 & 4 AVENUE DE BOIS-PRÉAU
92852 RUEIL MALMAISON CEDEX, FR**

72 Inventor/es:
**BERTHOLIN, Stéphane y
GIROUDIERE, Fabrice**

74 Agente/Representante:
Ungría López, Javier

ES 2 382 257 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

Reactor que permite la realización de reacciones a muy alta temperatura y a alta presión

5 Campo de la invención

La presente invención se relaciona con el campo de los reactores que permiten llevar a cabo reacciones a muy alta temperatura y a alta presión.

10 Las reacciones de este tipo son bastante frecuentemente reacciones de combustión o de oxidación parcial de compuestos hidrocarbonados, o también reacciones que pueden presentar un carácter explosivo, como la cloración o la nitración de diversos compuestos hidrocarbonados. Más en general, el campo de la presente invención es el de las reacciones muy exotérmicas, que pueden alcanzar temperaturas de 1.600°C y que necesitan niveles de presión que pueden ir hasta 100 bares (1 bar = 105 pascales).

15 Son estos valores los que se entenderán en lo que viene a continuación del texto bajo la expresión "alta presión y muy alta temperatura".

Examen de la técnica anterior

20 La técnica anterior en el campo de los reactores que pueden funcionar a muy alta temperatura y a alta presión es bastante restringida.

25 Citaremos el documento EE.UU. 4.670.404, que describe un dispositivo que permite estudiar materiales sometidos a fuertes presiones y temperaturas. El dispositivo comprende una zona de ensayo del material, a su vez rodeada de una zona de confinamiento. El dispositivo respeta un criterio de peso entre el peso del propio dispositivo y el peso de la muestra del material sometido al ensayo. Este documento no da ninguna información precisa sobre los espesores respectivos de las zonas de ensayo y de confinamiento y los niveles de presión y de temperatura accesibles en la zona de ensayo.

30 El documento EP 0.689.868, que se puede considerar como el estado de la técnica más cercano, describe un reactor para la realización de reacciones a alta temperatura y alta presión (agua supercrítica) que utiliza una zona de reacción encerrada en un recinto de confinamiento presurizado.

35 El problema que la presente invención se propone resolver es el de un recinto de reacción que pueda funcionar a muy alta temperatura, es decir, hasta 1.600°C, y a fuerte presión, hasta 100 bares, teniendo en cuenta dos restricciones adicionales:

- 40
- la hidrodinámica de la zona de reacción debe ser controlada en el sentido de que debe aproximarse, ya sea a un flujo de tipo perfectamente agitado, ya sea de tipo pistón, es decir, sin mezcla de los tramos de reacción adyacentes;
 - la zona de reacción debe aproximarse a un régimen lo más adiabático posible, de manera que la temperatura en el seno de dicha zona sea lo más homogénea posible. En otras palabras, se busca
- 45 realizar una zona de reacción sin gradiente de temperatura.

El material que delimita el recinto de reacción debe, pues, ser capaz de soportar temperaturas con mucho superiores a 1.000°C.

50 Ahora bien, los materiales compatibles con temperaturas superiores a 1.000°C son generalmente materiales de tipo refractario, tales como la cerámica o el hormigón. Estos materiales presentan, no obstante, dos defectos que limitan su utilización:

55 a) Por una parte, no son estancos y no permiten, por lo tanto, el confinamiento de la reacción en el interior de un espacio bien definido. En efecto, generalmente se obtiene su propiedad de aislante térmico gracias a su porosidad, que los hace no estancos. Esto es tanto más cierto cuanto más pequeño es el volumen de reacción y se aproxima al volumen poroso. Así, en el caso de una zona de reacción que tiene la forma de pequeños canales tallados en la masa del material refractario, los reactivos pueden difundirse en una proporción importante en la porosidad, del mismo modo que los efluentes de la reacción.

60 Además, bajo el efecto de las altas temperaturas, o de ciclos de calentamiento y de enfriamiento repetidos, el material refractario puede fisurarse, aumentando estas fisuras la no estanqueidad del material y permitiendo el desarrollo de reacciones parásitas. En el caso de una zona de reacción que tenga la forma de pequeños canales,

estas fisuras pueden incluso hacerse más importantes en volumen que los propios canales y perturbar considerablemente la hidrodinámica del flujo (los canales son generalmente utilizados para realizar un flujo de tipo pistón).

5 b) Por otra parte, los materiales refractarios son conocidos por su baja resistencia mecánica, lo que limita su presión de utilización a valores del orden de la decena de bares ($1 \text{ bar} = 10^5 \text{ pascales}$). Ahora bien, el recinto de reacción buscado debe poder contener presiones del orden de 100 bares. Resulta de ello que la envoltura que puede resistir mecánicamente a tal presión no puede ser más que una envoltura metálica. Pero esta última no puede soportar temperaturas superiores a 1.000°C , incluso para los aceros llamados "refractarios", cuya temperatura límite de utilización es de aproximadamente 1.100°C a presión atmosférica y disminuye rápidamente cuando aumenta la presión en el interior del recinto.

15 Según la técnica anterior, la solución aceptada para la realización de reacciones a alta presión y a muy altas temperaturas, digamos 900°C y 50 bares para fijar las ideas, consiste *in fine* en realizar un espesor más o menos importante de material refractario, que puede ir hasta aproximadamente 1 ó 2 metros, para proteger el recinto metálico haciéndolo trabajar a una temperatura suficientemente baja (de 150°C a 300°C) para que pueda resistir a la presión de funcionamiento (50 bares).

20 Este espesor importante de refractario, aparte del peso que genera y que puede en ciertos casos volverse insalvable, plantea igualmente el problema antes mencionado de los riesgos de difusión de los reactivos y de los efluentes de la reacción en el propio seno del material refractario, y del desarrollo correlativo de reacciones parásitas, al cual se suma la mayor o menor perturbación de la hidrodinámica del flujo de reacción.

25 El problema que resuelve, pues, el reactor según la presente invención es el de la realización de reacciones químicas muy exotérmicas, que pueden desarrollarse hasta temperaturas de 1.000°C y presiones de 100 bares, en un equipamiento adaptado que confina la zona de reacción a un espacio bien definido y permite la salida de los efluentes de reacción respetando las normas de temperatura concernientes a los recintos bajo presión.

30 Descripción resumida de las figuras

La figura 1 da una representación esquemática del reactor según la presente invención, en la cual se distinguen, yendo desde el interior hacia el exterior, la zona de reacción (Z), el primer recinto interno indicado como (I), el segundo recinto externo indicado como (II) y el intercambiador de carga efluente integrado (E) contenido en el segundo recinto (II). En lo que sigue del texto, se hablará de recinto interno (I) y de recinto externo (II).

35 La figura 2 corresponde a un modo de realización del reactor según la invención en el cual se recuperan los números de los elementos que aparecen en la figura 1, a los que se añaden números adicionales correspondientes a ciertos elementos necesarios para dicha realización.

40 Descripción resumida de la invención

La presente invención describe una solución al problema antes expuesto, basada en la realización de dos recintos encajados según las reivindicaciones 1 y 3 que permiten un fraccionamiento de la restricción de temperatura y de presión:

- 45
- un primer recinto interno (indicado como (I) en las figuras 1 y 2), contiguo a la zona de reacción (Z), está constituido por un material refractario (3) y permite bajar la temperatura de la zona de reacción a un valor de aproximadamente 1.000°C ;
 - 50 - un segundo recinto externo (indicado como (II) en las figuras 1 y 2), que contiene el primer recinto (I) y que está cerrado por una envoltura metálica (1) en contacto con el exterior, está compuesto por un material aislante (13) que permite alcanzar sobre dicha envoltura metálica (1) una temperatura máxima de aproximadamente 350°C .

55 Debido a esto, por medio de un espesor razonable de dicha envoltura metálica (1), esta última puede resistir a una presión operativa del orden de 100 bares.

60 El recinto interno (I) tiene un espesor relativamente débil, suficiente para bajar la temperatura de la zona de reacción (Z) a un valor compatible con los materiales metálicos resistentes a alta temperatura, digamos 1.000°C para fijar las ideas. Más concretamente, la temperatura de la superficie metálica interna (2) que delimita el recinto interno (I) es generalmente inferior a 1.000°C .

La superficie metálica interna (2) permite estar seguro del confinamiento de la zona de reacción, incluso teniendo en cuenta una eventual difusión de los reactivos a través de la porosidad del material refractario (3) que constituye el

recinto interno (I). El material metálico que constituye la superficie metálica interna (2) es generalmente un acero refractario.

5 A una temperatura de aproximadamente 1.000°C, la resistencia mecánica de los aceros refractarios es aún débil, y no sería suficiente para resistir a una presión del orden de 100 bares.

10 El recinto externo (II) está calculado para resistir a una presión muy próxima a la presión operativa de la zona de reacción (Z), de manera que la diferencia de presión entre el recinto interno (I) y el recinto externo (II) no sea superior a un valor determinado, generalmente comprendido entre 0,1 y 3 bares y preferiblemente comprendido entre 0,3 bares y 2 bares.

15 Para mantener la presión necesaria en el interior del recinto externo (II), incluyendo en las fases transitorias, se utiliza, pues, un medio de control de la diferencia de presión entre el recinto interno (I) y el recinto externo (II), pudiendo ser el agente de regulación, por ejemplo, un gas inerte introducido en el recinto externo (II).

20 El recinto externo (II) contiene esencialmente un material aislante (13), de densidad más baja que la del material refractario (3) utilizado para el recinto interno (1). El recinto externo (II) puede tener un espesor bastante importante, puesto que el riesgo de difusión de los reactivos ya no existe debido a la superficie metálica interna (2) que rodea la zona de reacción (Z) y que desempeña un papel de estanqueidad.

25 El espesor del recinto externo (II) está calculado para alcanzar una temperatura de la envoltura metálica externa (1) que sea compatible con las normas medioambientales, o sea, de 150°C a 350°C.

Por ello, la envoltura metálica externa (1) está generalmente constituida por un acero de tipo inoxidable.

30 Otro aspecto importante del reactor según la presente invención es que permite, por medio de un intercambiador de carga efluente (E) totalmente integrado en dicho reactor, bajar la temperatura de los efluentes de reacción a una temperatura compatible con el material metálico de la envoltura metálica externa (1) utilizada para cerrar el recinto externo (II).

35 Este intercambiador de carga efluente (E) está situado en el interior del recinto externo (II). Sin este intercambiador, no sería posible atravesar con total seguridad la envoltura metálica externa (1) que comunica con el exterior, ya que la tubería de salida (12) de los efluentes (S) estaría a una temperatura demasiado elevada con respecto a la de dicha envoltura metálica externa (1).

Es eventualmente posible completar el enfriamiento de los efluentes (S) por medio de un sistema de enfriamiento auxiliar situado por encima o por debajo del intercambiador interno (E) (no representado en la figura 1).

40 Descripción detallada de la invención

La presente invención puede definirse como un reactor y un procedimiento para llevar a cabo reacciones a alta temperatura (hasta 1.600°C) y alta presión (hasta 100 bares) según las reivindicaciones 1 y 3, que lleva, yendo desde el interior hacia el exterior del reactor, los elementos siguientes:

- 45 - una zona de reacción (Z) delimitada por una pared interna (4) y rodeada por un recinto interno (I);
- un recinto interno (I) delimitado por una superficie metálica interna (2) y la pared interna (4), estando constituido dicho recinto interno (I) por un material refractario (3), que posee una entrada de una parte de los reactivos (11), una entrada (7) para la otra parte de los reactivos y una tubería de salida de los efluentes (5) sensiblemente en continuidad con la tubería central (10) del intercambiador integrado (E);
- 50 - un recinto externo (II) comprendido entre una envoltura metálica externa (1) y la superficie metálica interna (2) del recinto interno (I), estando lleno dicho recinto externo (II) de un material aislante (13) y encerrando el intercambiador (E) que permite el enfriamiento de los efluentes de reacción y el precalentamiento de los reactivos;
- una envoltura metálica externa (1), que encierra el conjunto de los elementos constitutivos y que posee al menos dos tuberías de entrada de los reactivos, es decir, la tubería (8) que comunica con el intercambiador integrado (E) y la tubería (9) sensiblemente en continuidad con la entrada (11) y que comunica con la zona de reacción (Z), y al menos una tubería de salida de los efluentes (12);
- 55 - un intercambiador de carga efluente (E) contenido en el interior del recinto externo (II) conectado a la tubería de entrada (8) de una parte al menos de los reactivos y a la tubería de salida (12) de los efluentes, y que comunica por medio de una tubería interna (7) con la zona de reacción (Z);
- 60 - un dispositivo de regulación de la diferencia de presión entre el recinto interno (I) y el recinto externo (II).

El recinto externo (II) lleno de un material aislante (13) desempeña el papel de una zona de aislamiento que permite alcanzar a nivel de la envoltura metálica externa (1) una temperatura comprendida entre 150°C y 350°C.

5 El recinto interno (I) que rodea la zona de reacción (Z) permite esencialmente reducir la temperatura de dicha zona de reacción a un valor de aproximadamente 1.000°C, medido a nivel de la superficie metálica interna (2).

10 El reactor para la realización de reacciones a muy alta temperatura y a alta presión según la invención presenta una zona de reacción (Z) cuyo volumen, llamado volumen de reacción, referido al volumen total del reactor, está generalmente comprendido entre 0,005 y 0,2.

El valor de la relación entre el volumen de reacción y el volumen total del reactor se diferencia en función de la capacidad del reactor:

15 a) cuando el volumen de reacción es inferior a 100 litros, la relación entre el volumen de reacción y el volumen del reactor está preferiblemente comprendida entre 0,005 y 0,01;

b) cuando el volumen de reacción está comprendido entre 100 y 1.000 litros, la relación entre el volumen de reacción y el volumen total del reactor está preferiblemente comprendida entre 0,01 y 0,05;

20 c) cuando el volumen de reacción es superior a 1.000 litros, la relación entre el volumen de reacción y el volumen total del reactor está preferiblemente comprendida entre 0,05 y 0,2.

25 El espesor del recinto interno (I) que contiene el material refractario (3) referido al diámetro de la zona de reacción (Z) está comprendido entre 0,1 y 0,3.

30 El reactor según la invención incluye un sistema de regulación de presión del recinto externo (II) por medio de un gas inerte introducido en el recinto externo (II), de manera que se limita la diferencia de presión entre dicho recinto (II) y el recinto interno (I) a un valor generalmente comprendido entre 0,1 y 3 bares, y preferiblemente comprendido entre 0,3 y 2 bares.

35 El intercambiador (E) puede definirse como un intercambiador de carga efluente en la medida en que el fluido termoportador está constituido por los efluentes de reacción procedentes de la zona de reacción (Z) y atraviesa dicho intercambiador (E) por la tubería central (10). La tubería central (10) comunica con la tubería de salida (5) de la zona de reacción (Z). Preferentemente, el eje de simetría del intercambiador (E) se confunde aproximadamente con el eje de simetría de la zona de reacción (Z).

40 La tubería central (10) del intercambiador (E) comunica con el exterior del reactor atravesando la envoltura metálica externa (1). Debido al intercambio térmico, los efluentes de reacción que circulan en el interior de la tubería (10) se enfrían a una temperatura comprendida entre 150°C y 350°C y se encuentran así a una temperatura compatible con la de la envoltura metálica externa (1).

45 Una parte de los reactivos, generalmente el comburente en el caso de una reacción de combustión, es introducida por la tubería de entrada (8), que atraviesa la envoltura metálica externa (1) y comunica con la zona de intercambio (6) del intercambiador (E). Dicha zona de intercambio (6) se prolonga por una tubería (7) de forma apropiada que se une preferentemente a la tubería de entrada (9) de la otra parte de los reactivos. La tubería (7) está preferiblemente totalmente contenida en el recinto externo (II). En ciertos casos que encajan perfectamente en el marco de la invención, la tubería (7) puede unirse a la zona de reacción (Z) por una entrada distinta de las entradas (9) o (11).

50 El intercambiador (E) rodea generalmente la tubería de salida (10) de los efluentes de reacción en una porción de longitud comprendida entre la salida (5) de la zona de reacción (Z) y la salida (12) del propio reactor.

No obstante, son posibles otras geometrías del intercambiador (E), y quedan dentro del marco de la invención, en la medida en que dicho intercambiador (E) permanezca contenido en el interior del recinto externo (II).

55 El material refractario (3) que constituye el recinto interno (I) puede ser un hormigón refractario o preferiblemente una cerámica resistente a una temperatura muy elevada, es decir, de al menos hasta 1.600°C. El material refractario (3) tiene una porosidad inferior al 50% en volumen y una densidad superior a 1.000 kg/m³.

60 La cerámica puede ser a base de uno de los materiales siguientes: la alúmina, la mullita, la zircona o el nitruro o el carburo de silicio. Se hace la elección del material o de la combinación de materiales de manera que se realice un buen compromiso entre una baja conductividad térmica que permita la disminución de temperatura deseada a nivel de la superficie metálica interna (2) y una porosidad limitada para reducir el riesgo de difusión de los reactivos al interior del material (3).

El material aislante (13) utilizado para llenar el recinto externo (II) es un material refractario resistente a temperaturas del orden de 1.000°C y que posee una baja conductividad térmica, que permite alcanzar a nivel de la envoltura metálica externa (1) temperaturas comprendidas entre 150°C y 350°C.

- 5 La conductividad térmica del material (13) utilizado en el recinto externo (II) es inferior a 0,5 W/(m.K) (abreviatura de Vatio por metro y por Kelvin), y aún preferiblemente inferior a 0,1 W/(m.K).

10 Esta baja conductividad térmica permite realizar el descenso de temperatura deseado con espesores del recinto externo (II) que permanecen relativamente débiles, del orden de varios centímetros, lo que es un punto esencial en construcción, ya que dicho recinto externo (II) tiene un espesor dimensionado para resistir a una presión que puede ser del orden de 100 bares.

15 El material aislante (13) que constituye el recinto externo (II) tiene igualmente una densidad inferior a 500 kg/m³ para limitar el peso del conjunto.

20 El material aislante (13) que constituye el recinto externo (II) es seleccionado entre los materiales siguientes: alúmina o sílice-alúmina, y puede estar dispuesto en el interior de dicho recinto externo (II) en forma de bolas de un tamaño que puede ir de varios milímetros a 3 cm o de extrusionados de un diámetro de varios milímetros y de una longitud que puede ir hasta 3 cm.

El material aislante (13) puede ser también utilizado en forma de una lana o de bloques mecanizados para adaptarse a la forma de la envoltura metálica externa (1).

25 El reactor según la presente invención puede ser utilizado en diversos procedimientos que llevan a cabo reacciones fuertemente exotérmicas. Se pueden citar los procedimientos de oxidación parcial o de combustión en los cuales se introduce el comburente (E1) por la tubería de entrada (8), se precalienta en el intercambiador interno (E), se conduce a través de la tubería (7) a la salida del intercambiador (E) y se pone luego en contacto con el combustible (E2) introducido por la tubería de entrada (9).

30 La mezcla comburente/combustible se dirige por la tubería de entrada (11) a la zona de reacción (Z) en el interior de la cual se desarrollan las reacciones de oxidación parcial o de combustión. Los efluentes de reacción abandonan dicha zona de reacción (Z) por la tubería de salida (5) y atraviesan el intercambiador interno (E) por el conducto central (10) actuando como fluido termoportador, antes de ser evacuados al exterior del reactor por la tubería de salida (12).

35 El reactor según la presente invención puede ser utilizado en cualquier procedimiento de oxidación parcial o de combustión en el cual la temperatura en el interior de la zona de reacción (Z) esté comprendida entre 1.000°C y 1.600°C y la presión en el interior de la zona de reacción (Z) esté comprendida entre 40 bares y 100 bares.

40 **Ejemplo según la invención (figura 2)**

El reactor está constituido por una envoltura metálica externa (1) compuesta por ensamblaje de la abrazadera (1) y de la bóveda hemisférica superior (16) tras el cierre de la brida (14).

45 La envoltura metálica externa (1) es de acero inoxidable de tipo 316 L.

El recinto externo (II) comprendido entre la envoltura metálica externa (1) y la superficie metálica interna (2) está dimensionado para resistir a una presión de funcionamiento de 50 bares y una temperatura máxima de 350°C.

50 La superficie metálica interna (2) corresponde a la superficie externa del tubo (21). El recinto externo (II) tiene un espesor de 350 mm.

La superficie metálica interna (2) es de acero refractario de tipo Incoloy MA956.

55 Las dimensiones principales del reactor son un diámetro (DT) de 1,1 m y una altura (HT) de 2,5 m.

El recinto interno (I) está formado por el tubo (21) soldado sobre el fondo de la abrazadera (1) y cerrado por la brida (24).

60 El recinto interno (I) que define la zona de reacción (Z) está constituido por un material refractario (3), que es una cerámica a base de alúmina (Al₂O₃ superior al 90% en peso) con una masa volúmica de 1.700 kg/m³ y una porosidad del 22%.

ES 2 382 257 T3

La conductividad térmica de esta cerámica es de 0,95 W/(m.K).

Este hormigón refractario permite soportar la temperatura de 1.584°C de los humos producidos y crea un aislamiento térmico que disminuye la temperatura de la superficie metálica interna (2), correspondiente a la superficie externa del tubo (21), a una temperatura de 1.000°C máximo.

Las dimensiones de la zona de reacción (Z) son un diámetro (D2) de 250 mm y una altura (H2) de 300 mm.

El espesor del recinto interno (I) es de 50 mm.

Un segundo tubo (22) igualmente soldado sobre el fondo de la abrazadera (1) está contenido en el tubo (21).

La zona anular (6) comprendida entre los tubos (21) y (22) se prolonga por dos canales (23) directamente excavados en el material refractario (3) del recinto interno (I) para alimentar la cámara de reacción (Z).

Estos canales (23) desempeñan el papel de la tubería (7) representada en la figura esquemática 1.

El espacio que constituye el recinto externo (II) está lleno de un material aislante (13), que es una cerámica a base de sílice (SiO₂ superior al 80% en peso) con una densidad de 200 kg/m³ y que tiene una conductividad térmica a 1.000°C de 0,04 W/(m.K), que permite disminuir la temperatura de la envoltura metálica externa (1) a 350°C máximo. La zona de reacción (Z) es alimentada, por una parte, por la mezcla de combustible y de agua (E2) por el tubo de entrada (9) que se continúa en el canal (11) directamente excavado en el material (3), y, por otra, por oxígeno (E1), que penetra en la zona anular (6) por el tubo de introducción (8).

Las velocidades de inyección de los fluidos de reacción en la zona de reacción (Z) y la orientación de estas inyecciones han sido optimizadas por cálculo con el fin de generar la mayor turbulencia posible en la zona de reacción (Z) y obtener una mezcla carburante/comburente lo más homogénea posible en todo el volumen de dicha zona. Los humos producidos por la combustión a 1.584°C son evacuados por los orificios (5) excavados en el material (3) del recinto interno (I) y descienden por el tubo (10). Durante la travesía del tubo (10), hay intercambio térmico entre los humos descendentes (F) y el oxígeno que asciende por la zona anular (6).

El tubo (22) está protegido en su superficie interna por una pantalla térmica (15) con el fin de protegerlo de la temperatura todavía elevada de los humos de combustión (F). Esta pantalla está compuesta por un material (3) de la misma naturaleza que el utilizado para realizar el recinto interno (I).

El conjunto constituido por el tubo (10), la pantalla térmica (15) y la zona anular (6) constituye el intercambiador integrado (E).

El intercambiador (E) permite precalentar el oxígeno a una temperatura máxima de 1.000°C antes de su entrada a la zona de reacción (Z).

Los humos salen en la parte baja del intercambiador (E) por los orificios (33) y penetran en un volumen de enfriamiento (BQ), en el que se puede inyectar agua por el tubo (19) con el fin de bajar la temperatura de los humos a una temperatura de 350°C. Los humos enfriados (S) salen entonces del reactor por el tubo (12).

El recinto externo (II) se mantiene bajo una presión de nitrógeno a un valor de 50 bares más menos 1 bar por un flujo de nitrógeno que entra en el tubo (18).

El reactor según la invención trata un caudal de 24,3 kg/h de combustible y de 217,5 kg/h (indicado como E2 en la figura 2).

El caudal de oxígeno puro (indicado como E1) es de 100,2 kg/h.

La presión en la zona de reacción es de 50 bares (o sea, 5 MPa).

La temperatura de los humos generados por la combustión (F) es de 1.584°C.

La composición de los humos generados es (en % en peso):

O₂: 4,39%
H₂O: 73,8%
CO₂: 21,9%
CO+ H₂: trazas (inferior al 0,1%)

REIVINDICACIONES

1. Reactor para llevar a cabo reacciones de combustión o de oxidación parcial a alta temperatura, de hasta 1.600°C, y a alta presión, de hasta 100 bares, el cual lleva:

- 5
- una zona de reacción (Z) delimitada por una pared interna (4) y rodeada por un recinto interno (I);
 - un recinto interno (I) delimitado por una superficie metálica interna (2) de acero refractario de tipo hierro/cromo/aluminio o níquel/cromo y la pared interna (4), estando constituido dicho recinto interno (I) por un material refractario (3), que posee una entrada de una parte de los reactivos (11), una
 - 10 entrada (7) para la otra parte de los reactivos y una tubería de salida de los efluentes (5) sensiblemente en continuidad con la tubería central (10) del intercambiador integrado (E), teniendo dicho material refractario (3) una porosidad inferior al 50% en volumen y una densidad superior a 1.000 kg/m³;
 - un recinto externo (II) comprendido entre una envoltura metálica externa (1) y la superficie metálica
 - 15 interna (2) del recinto interno (I), estando lleno dicho recinto externo (II) de un material aislante (13) y encerrando el intercambiador (E), que permite el enfriamiento de los efluentes de reacción y el precalentamiento de los reactivos, teniendo dicho material aislante (13) una conductividad térmica inferior a 0,5 W/(m.K), preferiblemente inferior a 0,1 W/(m.K), y una densidad inferior a 500 kg/m³;
 - una envoltura metálica externa (1) de acero inoxidable que encierra el conjunto de los elementos
 - 20 constitutivos y posee al menos dos tuberías de entrada de los reactivos, o sea, la tubería (8) que comunica con el intercambiador integrado (E) y la tubería (9) sensiblemente en continuidad con la entrada (11) y que comunica con la zona de reacción (Z), y al menos una tubería de salida de los efluentes (12);
 - un intercambiador de carga efluente (E) contenido en el interior del recinto externo (II) conectado a la
 - 25 tubería de entrada (8) de una parte al menos de los reactivos y a la tubería de salida (12) de los efluentes, y que comunica por medio de una tubería interna (7) con la zona de reacción (Z);
 - un dispositivo de regulación de la diferencia de presión entre el recinto interno (I) y el recinto externo (II), que permite mantener la diferencia de presión entre el recinto interno (I) y el recinto externo (II) a un valor comprendido entre 0,1 y 3 bares, y preferiblemente comprendido entre 0,3 y 2 bares, siendo dicho reactor tal que el espesor del recinto interno (I) que contiene el material refractario (3) referido al
 - 30 diámetro de la zona de reacción (Z) está comprendido entre 0,1 y 0,3.

2. Reactor para llevar a cabo reacciones a muy alta temperatura y a alta presión según la reivindicación 1, donde:

- 35
- a) cuando el volumen de reacción es inferior a 100 litros, la relación entre el volumen de reacción y el volumen del reactor está comprendida entre 0,005 y 0,01;
 - b) cuando el volumen de reacción está comprendido entre 100 y 1.000 litros, la relación entre el volumen de reacción y el volumen total del reactor está comprendida entre 0,01 y 0,05;
 - 40 c) cuando el volumen de reacción es superior a 1.000 litros, la relación entre el volumen de reacción y el volumen total del reactor está comprendida entre 0,05 y 0,2.

3. Procedimiento de oxidación parcial o de combustión que utiliza el reactor según la reivindicación 1,

- 45
- donde se introduce el comburente (E1) por la tubería de entrada (8), se precalienta en el intercambiador interno (E), se introduce en la tubería (7) y se pone en contacto con el combustible (E2), que se introduce por la tubería de entrada (9); la mezcla comburente/combustible se dirige por la
 - 50 entrada (11) a la zona de reacción (Z), en la cual se desarrollan las reacciones de oxidación parcial o de combustión, abandonando los efluentes de reacción dicha zona de reacción (Z) por la tubería de salida (5) y atravesando el intercambiador interno (E) por el conducto central (10), donde ceden su calor al comburente (E1), antes de ser evacuados al exterior del reactor por la tubería de salida (12), y
 - donde la temperatura en el interior de la zona de reacción (Z) está comprendida entre 1.000 y 1.600°C y la presión en el interior de la zona de reacción (Z) está comprendida entre 50 y 100 bares, y
 - donde se mantiene la diferencia de presión entre el recinto interno (I) y el recinto externo (II) a un valor
 - 55 comprendido entre 0,3 y 2 bares.

Figura 1

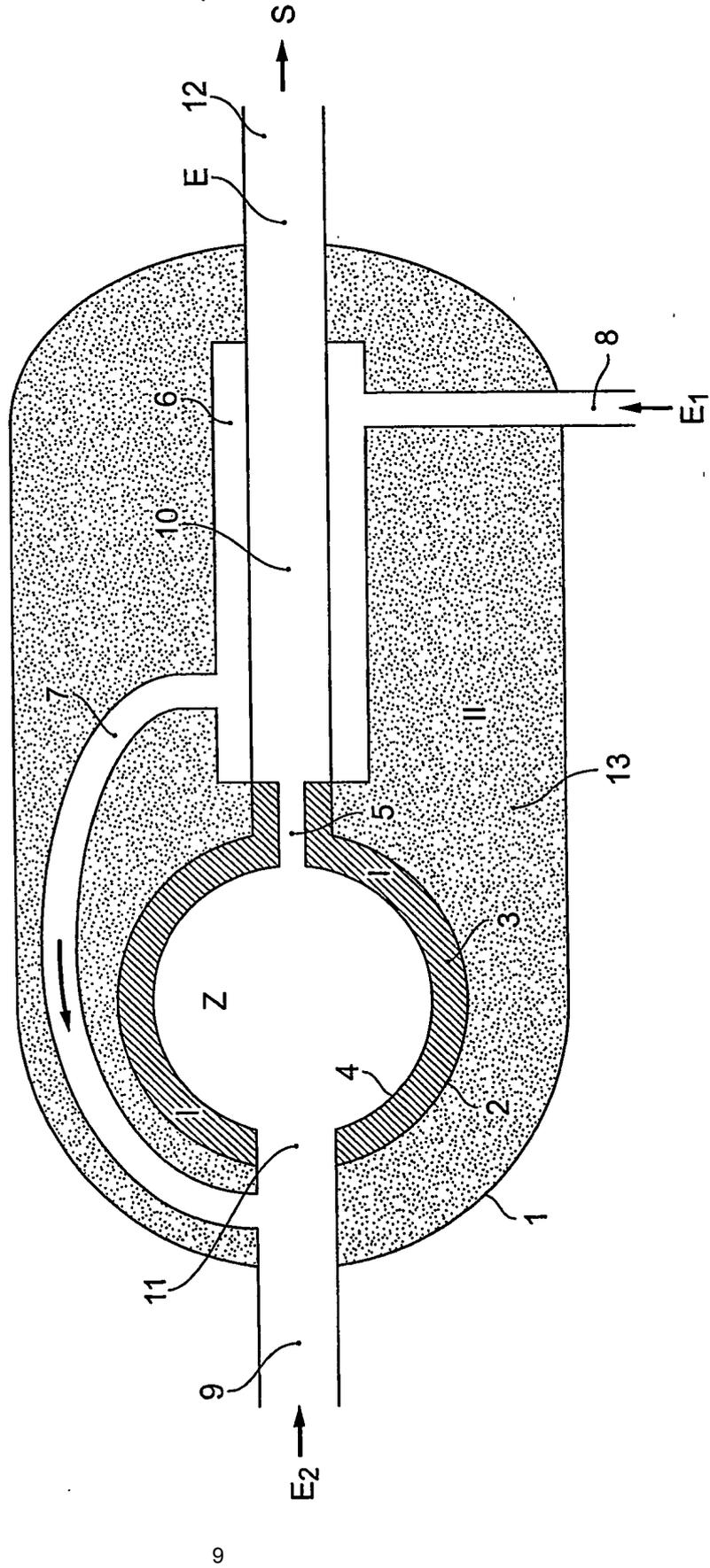


Figura 2

