(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 706 724**

(51) Int. Cl.:

C10J 3/50	(2006.01)
C10J 1/20	(2006.01)
F23C 9/00	(2006.01)
F23D 1/00	(2006.01)
C10J 3/48	(2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.05.2011** **PCT/SE2011/000079**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **10.11.2011** **WO11139199**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.05.2011** **E 11777641 (9)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2018** **EP 2566939**

(54) Título: **Método y dispositivo para inyección de carbono y recirculación de gas de síntesis durante la producción de un gas de síntesis**

(30) Prioridad:

06.05.2010 SE 1000461

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.04.2019

(73) Titular/es:

CORTUS AB (100.0%)
Isafjordsgatan 30C
164 40 Kista, SE

(72) Inventor/es:

LJUNGGREN, ROLF

(74) Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 706 724 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

Método y dispositivo para inyección de carbono y recirculación de gas de síntesis durante la producción de un gas de síntesis

CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCIÓN

Esta invención se refiere a un método y a un dispositivo para inyección de carbono y recirculación de gases durante la producción de gas de síntesis a partir de partículas de carbono sólidas, en el que las partículas de carbono son obtenidas preferiblemente mediante pirólisis y la gasificación de las partículas de carbono es efectuada calentando las partículas de carbono indirectamente en la presencia de un gas de proceso en el mismo espacio en el que las partículas de carbono están situadas, siendo recirculado el producto de reacción secundario y siendo descargado el gas de síntesis producido durante la gasificación desde dicho espacio. Con el fin de conseguir el mejor efecto posible, el dispositivo incluye una boquilla Laval para acelerar gases a velocidad supersónica y para crear presión negativa para la inyección de carbono pulverizado y tiempos de permanencia más largos para gas y carbono pulverizado en el reactor de gasificación.

ESTADO DE LA TÉCNICA

Se requieren dispositivos para inyección de carbono cuando se produce gas de síntesis para permitir la gasificación de material que contiene carbono en un proceso de gasificación.

La gasificación es un proceso para producir combustible gaseoso a partir de combustible sólido. La técnica es utilizada para carbón, productos residuales de carbón, residuos de petróleo, desechos y biomasa. Las reacciones están basadas en gases oxidantes (por ejemplo, CO_2 y H_2O) que son calentados mediante combustión sub-estequiométrica y luego reaccionan con carbono (agente de reducción [C]), formándose monóxido de carbono (CO) e hidrógeno (H_2) a medida que el calor es consumido con el fin de llevar a cabo las reacciones, que son endotérmicas. La mezcla gaseosa de monóxido de carbono (CO) e hidrógeno (H_2) es habitualmente denominada como gas de síntesis.

Un método de gasificación común es la combustión muy sub-estequiométrica de materiales que contienen carbono mientras se suministra vapor sobrecalentado. La combustión suministra al sistema calor y gases de combustión (CO_2 y H_2O). El carbono que no es quemado pero que está ahora sobrecalentado reacciona con los gases de combustión y el vapor suministrado. El carbono (C) reduce el dióxido de carbono (CO_2) a monóxido de carbono (CO) y el vapor de agua (H_2O) a hidrógeno (H_2). El calor consumido baja la temperatura y disminuye la reactividad. La reactividad del carbono es muy dependiente de la temperatura, mientras que el equilibrio de las reacciones es dependiente de la temperatura. La combustión a base de oxígeno es actualmente el método de combustión predominante en relación con la gasificación, aunque también se encuentra combustión a base de aire. La mayoría de los procesos están basados en un sistema presurizado. El vapor y el oxígeno son fácilmente presurizados y rara vez causan problemas. La introducción de, por ejemplo material pulverulento en el reactor significa que una diferencia de presión entre la atmósfera fuera del reactor de gasificación y la presión dentro de él tiene que ser superada.

El problema con la gasificación de materiales que contienen carbono tal como carbón, productos residuales de carbón, residuos de petróleo, desechos y biomasa como se ha descrito anteriormente consiste en mantener una temperatura suficientemente alta durante un período de tiempo suficientemente largo para conseguir la gasificación completa del material que contiene carbono, efectuando suficiente mezcla de gases oxidantes (CO_2 y H_2O) con el agente de reducción (carbono) y superando diferencias de presión entre la atmósfera fuera y dentro del reactor de gasificación. Si el tiempo y la temperatura no pueden ser mantenidos, la reacción no seguirá hasta que se complete, con un mezclado insuficiente conduciendo también a una reacción incompleta.

Esta invención es un dispositivo para inyección de carbono cuando se produce el gas de síntesis que inyecta material pulverulento por medio de un inyector tubular, en el que el material sólido va hacia el centro del mismo y un dispositivo de boquilla circundante del tipo Laval para gases oxidantes para crear una presión negativa fuerte que succiona el carbono al inyector y además lo distribuye en el reactor de gasificación efectúa el aumento de presión, prolonga el tiempo de permanencia en el reactor y crea una mezcla homogénea en el mismo. El momento fuerte de los gases oxidantes produce una mezcla vigorosa del gas de síntesis en el reactor de gasificación con los gases oxidantes entrantes y el material pulverulento. La presión negativa creada por el momento de gas pude ser controlada recirculando algo del gas de síntesis en el reactor de gasificación a través del inyector en los canales previstos en él para este fin.

En el documento US 6.558.614 B1 se ha conocido previamente un método para producir una fundición de metal y lanzas multifuncionales correspondientes. Sin embargo, el campo técnico de este documento es diferente en comparación con la presente invención. También se conoce a partir de este documento la recirculación de un producto de reacción secundario y medios para llevarla a cabo.

El documento WO 2004/029511 se refiere a una boquilla de combustión que recircula gas a partir de la llama con el fin de reducir NOx.

PROPÓSITOS Y CARACTERÍSTICAS DE LA INVENCIÓN

Un primer propósito de esta invención es proporcionar un dispositivo del tipo definido en la parte introductoria, siendo un principio esencial de esta invención crear una presión negativa con el fin de facilitar la introducción de material pulverulento en el reactor de gasificación por medio del inyector.

Otro propósito de esta invención es crear agitación vigorosa entre los gases oxidantes y el material pulverulento cuando son introducidos en el reactor de gasificación y hacer recircular gas de síntesis en el reactor de gasificación, consiguiendo de este modo uniformidad de temperatura y composición. Esto da como resultado un tiempo de permanencia más largo en el reactor y permite así un diseño de reactor más compacto.

Aún otro propósito de la invención es recircular gas de síntesis a través del inyector y controlar la presión negativa cuando el material pulverulento es introducido en el reactor de gasificación de esta manera.

Al menos el primer propósito de esta invención es conseguido por medio de un dispositivo que tiene las características especificadas en la reivindicación 1 independiente posteriormente. Las realizaciones preferidas de la invención se han definido en las reivindicaciones dependientes.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Una realización preferida de la invención será descrita con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La fig. 1 es un esbozo de un esquema de un dispositivo para inyección de carbono cuando se produce gas de síntesis de acuerdo con esta invención, mostrando el citado esbozo de esquema también unidades que forman un dispositivo para llevar a cabo la inyección de carbono en forma diagramática, y

La fig. 2 es un esbozo de un esquema de una realización de un dispositivo para inyección de carbono cuando se produce gas de síntesis de acuerdo con esta invención, mostrando también el citado esbozo de esquema unidades que forman un dispositivo para llevar a cabo la inyección de carbono en forma diagramática.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE UNA REALIZACIÓN PREFERIDA DE LA INVENCIÓN

La fig. 1 es un diagrama que muestra un dispositivo para inyección de carbono en un proceso de gasificación en el que carbono C pulverizado es alimentado a una boquilla 1 de inyección que mezcla el carbono C pulverizado con un gas de proceso P (preferiblemente vapor) y un producto de reacción secundario R_s recirculado (gas de síntesis). La mezcla procedente de la boquilla 1 de inyección es calentada y reacciona en un reactor 2 de gasificación calentado indirectamente. Con este fin, el reactor 2 de gasificación incluye quemadores 4 que se extienden en un espacio 5 de gasificación en el reactor 2 de gasificación, proporcionando los quemadores 4 el calentamiento indirecto del reactor 2 de gasificación. El gas de proceso P es presurizado y se acelera a velocidad supersónica (Mach > 1) a través de una boquilla Laval 15 anular incorporada a la boquilla 1 de inyección. La boquilla Laval 15 crea una presión negativa fuerte en el centro de la boquilla 1 de inyección, un tubo central/canal central 6 para carbono C pulverizado y un producto de reacción secundario R_s recirculado (gas de síntesis) incorporado en la boquilla 1 de inyección que se abre al reactor 2 de gasificación.

La región en la que el tubo central 6 de la boquilla 1 de inyección se abre al reactor 2 de gasificación define un área de entrada para el carbono C pulverizado. La presión negativa en el centro de la boquilla 1 de inyección/área de entrada succiona el carbono C pulverizado y el producto de reacción secundario R_s recirculado donde las tres corrientes son mezcladas y se inicia la reacción de gasificación. El gas de proceso P que fluye a velocidad supersónica a través de la boquilla Laval 15 anular también da como resultado una recirculación adicional desde la periferia del mismo. Otro producto de reacción secundario es incorporado a la mezcla de gasificación desde la boquilla 1 de inyección en el centro de la zona de mezcla M inmediatamente enfrente de la propia boquilla 1 de inyección. El calor procedente del producto de reacción secundario R_s ayuda al calor radiante indirecto en el reactor 2 de gasificación para aumentar rápidamente la temperatura del carbono C pulverizado inyectado y el gas de proceso P a la temperatura de reacción para el proceso de gasificación.

Los conductos, tubos, etc. que conectan las unidades de la instalación no se han descrito ni mostrado en detalle. Los conductos, tubos, etc. están diseñados de una manera adecuada para realizar su función, es decir para transportar gases y sustancias sólidas entre las unidades de la instalación.

La fig. 1 muestra los principios de una boquilla 1 de inyección conectada a un reactor 2 de gasificación calentado indirectamente, normalmente un reactor revestido cerámicamente. La boquilla 1 de inyección tiene una boquilla Laval 15 para gas de proceso P que acelera el gas de proceso P a velocidad supersónica. La boquilla Laval 15 anular está dispuesta en el exterior del tubo central/canal central 6. El gas de síntesis S en el proceso es producido principalmente en el reactor 2 de gasificación.

Las partículas sólidas de carbono C son suministradas a la boquilla 1 de inyección junto con el gas de proceso P y algo del producto de reacción secundario R_s recirculado. La presión negativa para la inyección de carbono puede ser controlada ocasionalmente como resultado del hecho de que el producto de reacción secundario R_s fluye a través de canales separados 14 en la boquilla 1 de inyección. Las partículas de carbono C se originan preferiblemente a partir de la

pirólisis que precede a la gasificación. El tamaño de las partículas de carbono C está adaptado preferiblemente para proporcionar la reacción más rápida posible en el reactor. El gas de proceso P puede ser un vapor o gas de combustión recubierto y purificado desde, por ejemplo la fase de combustión que calienta el reactor. Si el gas de proceso P es gas de combustión recubierto, puede contener tanto vapor de agua (H_2O) como dióxido de carbono (CO_2). El gas de proceso P es precalentado normalmente por el calor recuperado del gas de síntesis S saliente en un intercambiador de calor aguas abajo. El gas de proceso P tiene normalmente un exceso de presión que es suficientemente elevado en relación con la presión del reactor para conseguir la velocidad supersónica. El gas de proceso P que tiene una velocidad Mach > 1 crea un momento fuerte en el reactor de gasificación 2. La presión del vapor depende de la temperatura fuera del intercambiador de calor mencionado anteriormente. Si se utiliza gas de combustión en lugar de vapor, la presión del gas de combustión recirculado es creada normalmente por un compresor. El momento del gas de proceso P fuera de la boquilla 1 de inyección da como resultado la recirculación de producto de reacción secundario R_s arrastrado a la zona de reacción R en la zona de mezcla M. La reacción que tiene lugar en el reactor 2 de gasificación es que el carbono C reduce el contenido del gas de proceso P (H_2O y CO_2) al gas de síntesis S (H_2 y CO), consumiendo esta reducción el calor suministrado al proceso por los quemadores 4 que calientan indirectamente. El calor es suministrado a la reacción de gasificación por radiación desde los quemadores 4, teniendo lugar la combustión dentro de los tubos radiantes porque el combustible F y los gases oxidantes O son quemados para proporcionar gas de combustión FG, es decir separados del flujo de gasificación. No hay rendimiento de gas directo en el reactor 2 de gasificación entre los quemadores 4 y el gas de proceso P o sus productos de reacción. Impartiendo velocidad supersónica al gas de proceso P, la boquilla 1 de inyección proporciona un tiempo de permanencia prolongado en el reactor 2 y la reacción de gasificación puede ser llevada más cerca del equilibrio. Esto también da como resultado el mayor grado posible de quemado para las partículas de carbono C.

El gas de síntesis S saliente puede ser utilizado como gas de energía con propósitos de combustión o como la base para el refinado adicional de combustibles líquidos (proceso Fischer-Tropsch para combustibles típicos de vehículos, producción de metanol o similar).

La boquilla 1 de inyección está diseñada para manejar diferentes presiones de sistema en el reactor 2 de gasificación. La presión puede ser controlada en 2 desde la presión atmosférica a una presión muy elevada (> 100 bar). La boquilla 1 de inyección está diseñada típicamente con una parte cerámica adaptada al revestimiento cerámico en el reactor 2 de gasificación y una parte exterior hecha de acero resistente al calor, en la que los canales para carbono (C), gas de proceso (P) y producto de reacción (R_s) recirculado están ubicados y son transportados finalmente juntos fuera del extremo inferior de la boquilla. La boquilla de inyección debe tener siempre una presión alimentada para el gas de proceso P superior a la presión del sistema en el reactor 2 de gasificación. Esta diferencia de presión también crea la presión negativa que succiona las partículas de carbono C y arrastra el producto de reacción secundario R_s. La boquilla Laval 15 crea una presión negativa fuerte en relación con el flujo de masa de gas de proceso P cuando la presión es elevada en comparación con un inyector estándar con tubos rectos. La presión negativa fuerte de la boquilla Laval 15 es ventajosa para controlar la relación entre el flujo de masa de carbono C y el gas de proceso P en el reactor 2 de gasificación y para conseguir de este modo condiciones de reacción óptimas.

La elección de material para la boquilla 1 de inyección depende de la temperatura en el reactor 2 de gasificación, que a su vez depende de la temperatura de reacción, para conseguir el rendimiento máximo del gas de síntesis S. Un valor típico es del orden de 900-1300 ºC. La elección de material para partes cerámicas y metálicas en la boquilla 1 de inyección está adaptada al nivel de temperatura seleccionado. La uniformidad de la temperatura en la zona de reacción R es conseguida más rápidamente que en el caso de las boquillas de inyección normales como resultado de la recirculación del producto de reacción secundario R_s parcialmente a través de los canales 3 en la boquilla 1 de inyección y parcialmente a través de la zona de mezcla M.

El gas de síntesis S (H_2 y CO) procedente del reactor 2 de gasificación contiene hidrógeno y monóxido de carbono, así como una cierta cantidad de dióxido de carbono y metano dependiendo de la composición del gas de proceso P entrante y de la temperatura seleccionada.

La fig. 2 muestra una realización de un dispositivo para inyección de carbono durante la producción de gas de síntesis. La boquilla 1 de inyección consiste en una parte metálica 11 y una parte cerámica 13 que forman una unidad. La boquilla de inyección tiene una boquilla Laval 15 para gas de proceso P a través de la cual el gas presurizado se acelera a velocidad supersónica. El carbono C pulverizado es alimentado típicamente por medio de un tornillo sinfín de alimentación y un flujo tapón al tubo central/canal central 6 donde el polvo es mezclado con producto de reacción secundario R_s recirculado succionado a través de los canales adicionales 14. El gas de proceso P (preferiblemente vapor) es alimentado a través de una conexión 12 a través de un tubo concéntrico debajo de la boquilla Laval 15 donde el gas de proceso (vapor) a una presión excesiva es acelerado fuertemente a velocidad supersónica (Mach > 1) por la boquilla Laval 15 con expansión fuera de la boquilla (+p) y crea una presión negativa (-p) en el centro que arrastra el carbono C pulverizado y el producto de reacción secundario R_s recirculado a la zona de mezcla M donde la periferia de la boquilla Laval 15 también crea una presión negativa (-p) y recircula el producto de reacción secundario R_s en la zona de mezcla M.

POSIBLES MODIFICACIONES DE LA INVENCIÓN

En una realización alternativa, la boquilla de inyección puede ser utilizada con una mezcla de gas de proceso como se ha descrito aquí anteriormente con la adición de oxígeno, esto aumenta significativamente la temperatura en la zona de mezcla M y la zona de reacción R.

En otra realización alternativa, la boquilla de inyección es horizontal, teniendo entonces lugar la inyección de carbono C en el plano horizontal o tan cerca del plano horizontal como lo permita el proceso.

La alimentación del carbono C pulverizado puede ser efectuada por medio de un pistón hidráulico en lugar de un tornillo sin fin de alimentación como se ha descrito en la fig. 2 aquí anteriormente. Aún otra alternativa es alimentar el carbono C pulverizado a través de un canal fluidificado con transferencia estanca a los gases a un tubo vertical en la boquilla de inyección por medio de un alimentador de bloqueo.

Cuando se utiliza un sistema de alimentación de carbono estanco a los gases sometido a presión negativa, también se pueden minimizar los canales 14 de regulación de presión en la fig. 2.

En la realización descrita aquí anteriormente, un producto de reacción secundario R_s es recirculado a través de los canales 14 dispuestos en la boquilla 1 de inyección. Como una alternativa a esta disposición, el gas de síntesis S descargado desde el reactor 2 de gasificación puede en su lugar ser recirculado en el tubo central/canal central 6 de la boquilla 1 de inyección. Desde un punto de vista puramente práctico, esto es conseguido por medio de una tubería de recirculación dispuesta de forma externa al reactor 2 de gasificación.

REIVINDICACIONES

1. Un método para introducir carbono (C) pulverizado en un reactor (2) de gasificación, en el que un gas de proceso (P) alimentado al reactor (2) de gasificación es reducido a un gas de síntesis (S) mediante el carbono (C) pulverizado y el carbono (C) pulverizado es introducido en el reactor (2) de gasificación a través de una boquilla (1), generándose un presión negativa en un área de entrada para el carbono (C) pulverizado a través de una boquilla Laval (15) y generándose la presión negativa porque el gas de proceso (P) pasa a través de la boquilla Laval (15), caracterizado por que el gas de proceso (P) se expande en un espacio (5) de gasificación en el reactor (2) de gasificación, y por que un producto de reacción secundario (R_s) es succionado hacia la boquilla (1) y mezclado con el carbono (C) pulverizado cuando el carbono (C) pulverizado es introducido en el reactor (2) de gasificación.

2. El método según la reivindicación 1, caracterizado por que la presión negativa generada en el área de entrada succiona gases y partículas situados en el reactor (2) de gasificación, prolongando de este modo el tiempo de permanencia de los gases y partículas en el reactor (2) de gasificación.

3. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, caracterizado por que la presión negativa generada en el área de entrada da como resultado la circulación de gases y partículas en el reactor (2) de gasificación, compensando de este modo las diferencias de concentración en la composición de gas, compensando las variaciones de temperatura como resultado de reacciones de gasificación y minimizando los lechos estacionarios alrededor de los quemadores (4) dispuestos en el reactor (2) de gasificación.

4. El dispositivo para introducir material pulverulento (C) en un reactor (2) de gasificación, en el que un gas de proceso (P) suministrado al reactor (2) de gasificación es reducido a un gas de síntesis (S) mediante el material pulverulento (C), el dispositivo consiste en una boquilla (1) de inyección, la boquilla (1) de inyección está provista de un tubo central/canal central (6) para introducir el material pulverulento (C) en el reactor (2) de gasificación y la boquilla (1) de inyección incluye una boquilla Laval (15) dispuesta en el exterior del tubo central (6), y que el tubo central/canal central (6) se abre directamente a un espacio (5) de gasificación en el reactor (2) de gasificación, caracterizado por que la boquilla (1) de inyección incluye canales (14) adicionales para la recirculación de un producto de reacción secundario (R_s) y por que los canales (14) adicionales comunican con el tubo central/canal central (6) en la región del extremo de la boquilla (1) de inyección dirigida lejos del espacio (5) de gasificación en el reactor (2) de gasificación.

5. El dispositivo según la reivindicación 4, caracterizado por que la boquilla Laval (15) está dispuesta en el extremo de la boquilla (1) de inyección dirigida hacia un espacio (5) de gasificación en el reactor (2) de gasificación.

6. El dispositivo según la reivindicación 4 o 5, caracterizado por que las dimensiones en sección transversal de los canales (14) adicionales pueden ser variadas, ajustando de este modo la presión negativa creada por la boquilla Laval (15).

Fig. 1

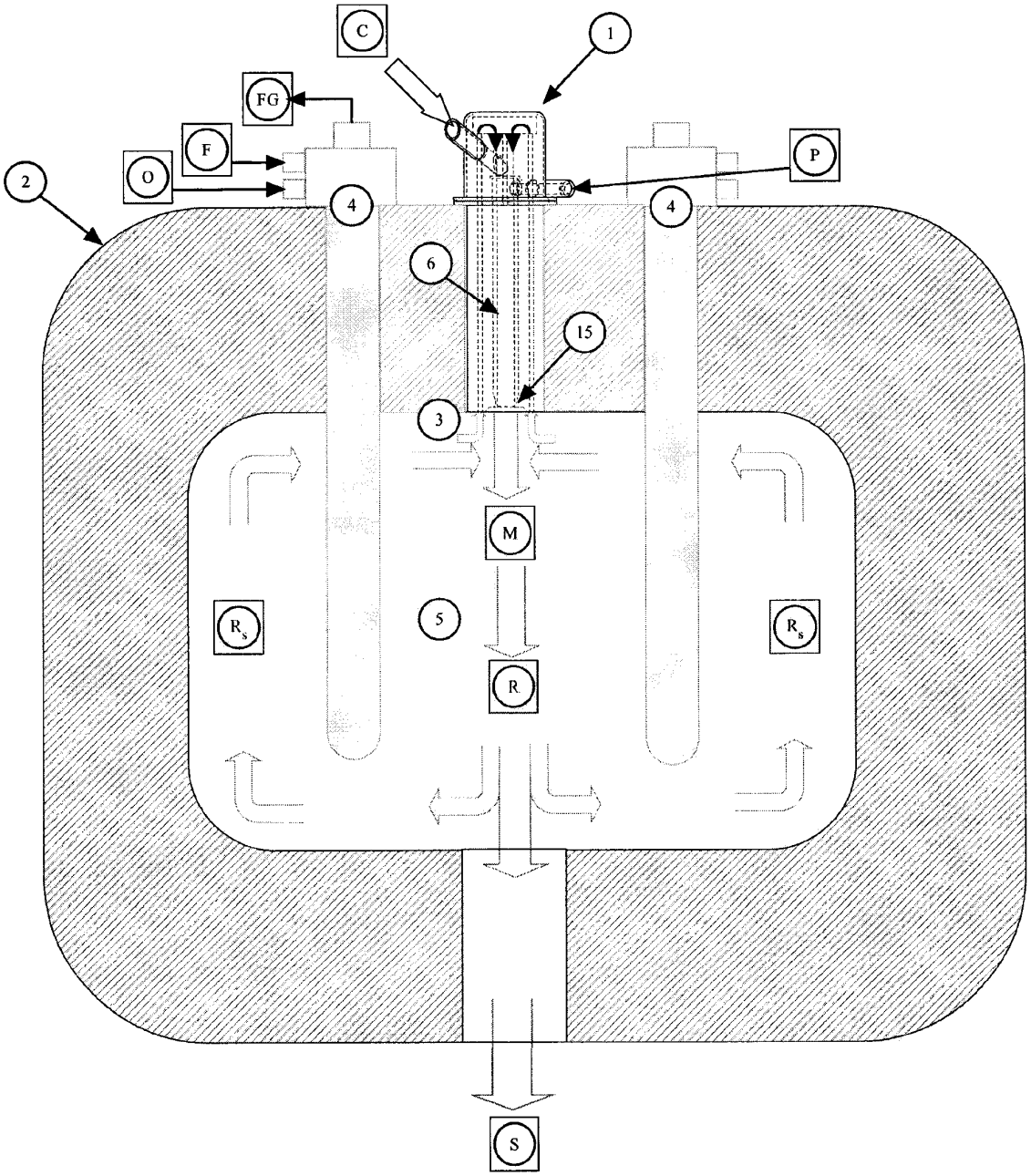
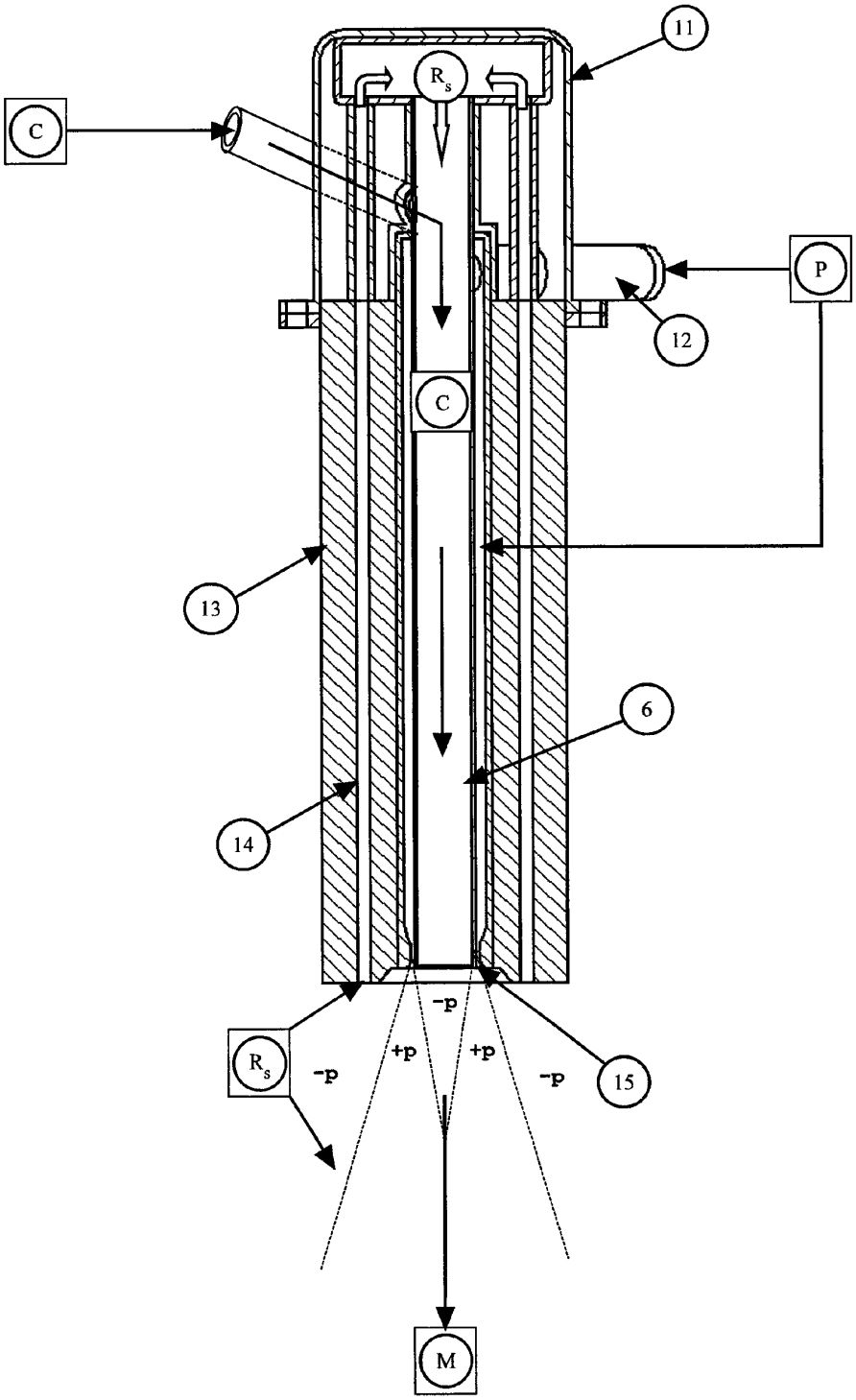
Fig. 2