

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 575 855**

51 Int. Cl.:

B01J 8/02 (2006.01)

C01B 3/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.05.2013** **E 13723055 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.04.2016** **EP 2846905**

54 Título: **Un método para renovar un reformador secundario**

30 Prioridad:

09.05.2012 EP 12167344

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

01.07.2016

73 Titular/es:

CASALE SA (100.0%)
Via Giulio Pocobelli, 6
6900 Lugano, CH

72 Inventor/es:

ZANICHELLI, LUCA y
BERETTI, ANDREA

74 Agente/Representante:

ARIZTI ACHA, Monica

ES 2 575 855 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).

Un método para renovar un reformador secundario

DESCRIPCIÓN

5 Campo de aplicación

La invención se refiere a un método para renovar un reformador secundario, en particular, pero sin limitarse a, reformadores secundarios que comprenden una cámara de combustión en la parte superior, y un tubo ascendente interno que encamina una alimentación de gas desde una entrada de gas inferior a dicha cámara de combustión.

10

Técnica anterior

El reformado es una técnica bien conocida para convertir una fuente de hidrocarburos en un producto útil tal como hidrógeno o un gas de síntesis compensatorio para un uso específico, por ejemplo, para la síntesis del amoníaco. Un diseño bien conocido de una unidad de fabricación inicial de reformado, por ejemplo, la unidad de fabricación inicial de una planta de amoníaco, incluye un reformador primario y un reformador secundario.

15

Por ejemplo, un flujo de vapor y una fuente de hidrocarburos adecuada, tal como el gas natural, se hacen reaccionar en un reformador primario. En algunas realizaciones, el reformador primario comprende un haz de tubos calentados de vapor o de gas llenos de un catalizador. El gas de producto que sale del reformador primario se oxida adicionalmente en el reformador secundario con la ayuda de un suministro de aire y en presencia de un catalizador. El gas de producto reformado que sale del reformador secundario se trata, a continuación, en una serie de equipos descendentes que normalmente incluyen al menos uno o más conversores de desplazamiento, una columna de lavado de CO₂ y un metanador. En las plantas de amoníaco el reformador secundario se acciona con aire o aire enriquecido.

20

25

El reformador secundario puede ser un reformador autotérmico (ATR) accionado con oxígeno puro.

Una realización conocida de un reformador secundario incluye un recipiente vertical con una cámara de combustión localizada sustancialmente en la parte superior, por encima de una zona catalítica, y una entrada inferior para el gas de proceso procedente del reformador primario. El reformador comprende un tubo ascendente interno dispuesto para dirigir el gas de proceso desde la entrada inferior a dicha cámara de combustión.

30

Normalmente, el tubo ascendente de gas termina con un distribuidor de gas y/o un deflector de gas por encima de la cámara de combustión; el flujo de gas que sale del tubo ascendente se desvía sustancialmente 180° y atraviesa el reformador secundario de arriba hacia abajo, pasa a través de la cámara de combustión y, a continuación, a través de la zona catalítica por debajo.

35

El aire de proceso se introduce en dicha cámara de combustión a través de unos medios adecuados, que pueden incluir una pluralidad de boquillas o un distribuidor adecuado. Por ejemplo, en algunas realizaciones conocidas, el aire de proceso se introduce a través de un distribuidor que comprende una pluralidad de sectores cilíndricos soldados entre sí y que forman una estructura anular alrededor del tubo ascendente de gas. La superficie inferior de cada sector tiene una pluralidad de toberas para la inyección de aire, y un deflector similar a una baldosa está instalado dentro del distribuidor. Normalmente, el distribuidor comprende ocho sectores cilíndricos soldados entre sí, de manera que, en una vista en planta, se asemeja a un octógono.

40

45

En este tipo de reformador secundario se aprecian algunas ventajas y es habitual, por ejemplo, en las plantas de amoníaco. El diseño con un tubo ascendente de gas de proceso interno permite que tanto la entrada de gas como la salida de gas estén localizadas en la parte inferior del recipiente a presión, lo que supone una conexión simple con otros equipos. En particular, la entrada inferior ayuda a mantener una línea de transferencia de gas corta entre el reformador primario y el reformador secundario. Puesto que los equipos de proceso son recipientes a presión verticales con una altura considerable, es ventajoso mantener las conexiones de gas de proceso en la parte inferior. La experiencia, sin embargo, también ha revelado una serie de inconvenientes.

50

En primer lugar, se ha observado que dichos reformadores sufren una mezcla pobre entre los reactivos (aire y gas de proceso/gas de síntesis) en el interior de la cámara de combustión. Esta mezcla insatisfactoria da como resultado una distribución no uniforme de la composición y la temperatura del gas en la entrada del lecho catalítico, y una posible formación de puntos calientes en el revestimiento refractario. Una distribución de gas no uniforme provoca una utilización desigual del lecho catalítico y aumenta el deslizamiento del metano (metano no convertido que sale del reformador secundario con el gas de producto), lo que aumenta en consecuencia la recirculación de gas del bucle de síntesis de una planta de amoníaco que reduce el rendimiento global de la planta. Los puntos calientes, debido a una mezcla pobre, se evidencian en algunos casos por la erosión y el acristalamiento de grumos de alúmina, que protegen la capa superior del lecho catalítico, o por la sinterización y la aglomeración de los granos catalíticos. En los casos de una mezcla muy pobre también pueden encontrarse rastros de puntos calientes en el

55

60

revestimiento refractario de la cámara de combustión, habitualmente con una fusión localizada del revestimiento, un acristalamiento o erosión de los ladrillos refractarios y las juntas de mortero.

Otro inconveniente es el denominado impacto de llama. El gas de proceso que sale del tubo ascendente de gas se desvía hacia las paredes externas del recipiente por el deflector de gas superior. Por lo tanto, el gas de proceso fluye preferentemente a lo largo de las paredes externas del recipiente. Se ha observado, sin embargo, que el flujo de gas de proceso tiende a desviar los chorros de aire que salen del distribuidor de aire hacia el tubo ascendente, dando como resultado un impacto de llama en los ladrillos refractarios que cubre el tubo ascendente de gas de proceso. Un efecto relacionado es un campo de temperatura no uniforme en la entrada del lecho catalítico, que puede ser otra fuente de deslizamiento de metano.

De hecho, la experiencia muestra que habitualmente se mide un alto deslizamiento de metano en la salida de este tipo de reformador secundario.

Otro problema es la distribución desigual de aire entre las toberas de aire, especialmente con el distribuidor en forma toroidal mencionado anteriormente. Las simulaciones CFD muestran que las diferencias entre el caudal másico máximo y mínimo en las toberas de aire puede alcanzar el 45 % del valor medio. Una distribución de aire muy desigual amplifica la pobre distribución en el interior de la cámara de combustión y la distribución no uniforme de la temperatura y la composición en la entrada del lecho catalítico

Un gran número de reformadores secundarios con las características anteriores se instalan actualmente en el mundo. Por lo tanto, hay un incentivo para proporcionar una renovación eficiente que combine un mejor rendimiento con un cambio mínimo en el diseño existente, con el fin de ahorrar costes. Sin embargo, la técnica anterior aún carece de una solución a este problema.

25 Descripción de la invención

El problema subyacente de la invención es resolver los inconvenientes anteriores y proporcionar un método eficiente para renovar el tipo de reformador secundario mencionado.

La solución propuesta implica la provisión de un nuevo quemador que se instala en la parte superior del reformador y reemplaza los medios de alimentación de aire tales como las toberas o un distribuidor.

Por lo tanto, el problema se resuelve con un método para renovar un reformador secundario que comprende:

- un recipiente a presión vertical con un eje vertical,
- una entrada inferior para un gas de proceso;
- una cámara de combustión y una zona catalítica, estando la zona catalítica localizada por debajo de la cámara de combustión;
- un tubo ascendente de gas interno conectado a dicha entrada inferior del gas de proceso;
- medios de distribución para la introducción de un agente de oxidación, tal como aire de proceso, en dicha cámara de combustión;
- en el que dicho tubo ascendente de gas tiene un extremo de salida de gas que está por encima de la cámara de combustión y comprende unos medios dispuestos para dirigir el gas de proceso hacia abajo, de manera que dicho gas de proceso atraviesa la cámara de combustión y, a continuación, la zona catalítica, fluyendo de arriba hacia abajo,

y el método está **caracterizado por** comprender al menos las siguientes etapas:

- se interrumpen dichos medios de distribución originales del agente de oxidación,
- se acorta el tubo ascendente de gas, de manera que el extremo de salida de gas del tubo ascendente de gas se lleva a una altura menor en el recipiente a presión y más cerca de la zona catalítica, en comparación con el tubo ascendente de gas original, y el extremo de salida del tubo ascendente de gas acortado está dispuesto para suministrar un flujo de gas dirigido hacia arriba;
- se instala un nuevo quemador en la parte superior del reactor, estando dicho nuevo quemador dispuesto para suministrar un agente de oxidación, tal como aire de proceso, con un flujo descendente, en una zona de mezcla por encima del extremo de salida de gas del tubo ascendente de gas acortado.

El acortamiento del tubo ascendente de gas puede realizarse retirando una parte superior del tubo ascendente de gas existente o instalando un nuevo tubo ascendente de gas más corto que el tubo original, de acuerdo con diferentes realizaciones. El acortamiento del tubo ascendente de gas proporciona espacio para la instalación del nuevo quemador y permite una mezcla de contraflujo de los reactivos, como se explica a continuación.

5 Dicho nuevo quemador proporciona un agente de oxidación que es aire o aire enriquecido u oxígeno. En la mayoría de los casos, dicho agente es aire. Normalmente, se añade una cierta cantidad de vapor de seguridad a un agente de oxidación.

10 De acuerdo con una de las características de la invención, el tubo ascendente del reformador renovado suministrará el gas de proceso con un flujo sustancialmente ascendente, al contrario del diseño original que tiende a desviar el flujo de gas 180°. En consecuencia, se eliminan preferentemente los medios originales para dirigir el gas de proceso en la salida del tubo ascendente, que pueden incluir, por ejemplo, un distribuidor de gas o un deflector de gas.

15 Una vez que se ha completado la renovación, la salida dirigida hacia abajo del quemador recién instalado está por encima de la salida dirigida hacia arriba del tubo ascendente de gas. A continuación, el agente de oxidación se introduce con un flujo contracorriente en relación con el gas de proceso que sale del tubo ascendente de gas. En otras palabras, el agente de oxidación fluye de arriba hacia abajo, mientras que el gas de proceso fluye de abajo hacia arriba.

20 Por lo tanto, el reformador secundario renovado tiene una región de mezcla sustancialmente entre el quemador recién instalado y el tubo ascendente de gas (y por encima de la zona catalítica), en la que una llama de difusión de contraflujo se forma por el gas de proceso que se encuentra con el agente de oxidación. La expresión "llama de difusión" es bien conocida por los expertos en la materia, e indica una llama no premezclada en la que el agente de oxidación (por ejemplo, aire) se combina con el combustible (en concreto, el gas de proceso) por medio de un proceso de difusión.

25 Preferentemente, se eliminan físicamente los medios anteriores para la introducción del agente de oxidación puesto que ya no se usan. Unos pasos relacionados a través del recipiente, tales como un agujero de tobera principal, están adecuadamente conectados.

30 El quemador recién instalado está fabricado de un material adecuado resistente a altas temperaturas, tal como, pero sin limitarse a, una aleación de Ni/Cr/Fe.

35 Preferentemente, dicho quemador está provisto de un generador de remolinos para proporcionar un movimiento de remolino al agente de oxidación y, a continuación, aumentar la mezcla con el gas de proceso, en la zona mencionada anteriormente de formación de una llama de difusión. Por ejemplo, el generador de remolinos puede incluir aletas helicoidales o aletas inclinadas dispuestas dentro de un conducto generalmente tubular, de tal manera como para dar un movimiento rotatorio al agente de oxidación.

40 La cubierta superior del reformador necesitará modificarse o reemplazarse, con el fin de instalar el nuevo quemador. Cuando sea posible, es preferible mantener la cubierta superior existente, que se modificará para alojar el nuevo quemador; sin embargo, si se considera necesario o conveniente, podría proporcionarse una nueva cubierta.

45 La tubería de aire existente también necesitará algunas modificaciones con el fin de redirigir el flujo de aire, originalmente dirigido hacia toberas de aire o similares en la cámara de combustión, al quemador superior recién instalado.

50 Es evidente que los expertos en la materia determinarán cualquier otra modificación del reformador existente, de acuerdo con el caso específico, con el fin de realizar el método de la invención.

Preferentemente, la invención se usa para renovar el reformador secundario de la unidad de fabricación inicial de una planta de amoníaco. Sin embargo, esta aplicación no es limitante.

55 La ventaja principal de la renovación de la invención es el logro de una mejor mezcla entre el gas de proceso y el agente de oxidación, lo que significa una mayor uniformidad de la composición, velocidad y temperatura del gas en la entrada del lecho de catalizador, en comparación con el diseño original. Esta mayor uniformidad implica la mejor utilización del lecho de catalizador, un deslizamiento de metano inferior y una vida útil más larga del catalizador.

60 Otra ventaja es una llama más corta, en comparación con el diseño original. La llama siempre está bien separada del revestimiento refractario para evitar así puntos calientes peligrosos. De hecho, el encendido está garantizado por las altas temperaturas de las corrientes de reactivos y la llama de difusión resultante está bien separada del revestimiento refractario del recipiente a presión y el tubo ascendente de gas de proceso. Un efecto positivo relacionado es que no hay un impacto de llama contra la capa superior del lecho de catalizador.

Otra ventaja de la invención es la mínima modificación del diseño existente, lo que significa bajos costes de inversión y un tiempo de amortización corto. En particular, el recipiente a presión existente puede mantenerse con pocas modificaciones y las líneas de transferencia de gas principales existentes hacia/desde el reformador secundario son sustancialmente las mismas. Además, el método es atractivo para un gran número de reformadores secundarios instalados en todo el mundo.

El reformador renovado también puede lograr una alta flexibilidad durante el funcionamiento, habitualmente del 40 % al 110 % de la carga de diseño y una vida útil más larga que todos los equipos.

Las características y ventajas de la invención serán más evidentes con la ayuda de la siguiente descripción detallada.

Descripción de las figuras

La figura 1 es un esquema del reformador de acuerdo con la técnica anterior.

La figura 2 es un esquema del reformador de la figura 1, después de una renovación con la instalación de un nuevo quemador, de acuerdo con una de las realizaciones de la invención.

La figura 3 es un detalle del reformador de la figura 1, durante el funcionamiento, que muestra la llama de difusión formada en la salida del nuevo quemador.

Las figuras 4 y 5 muestran diferentes realizaciones posibles para el nuevo quemador.

Descripción detallada de una realización preferida

La figura 1 muestra un reformador secundario 1 que puede renovarse de acuerdo con la presente invención. El reformador 1 tiene un recipiente a presión vertical 2 con un revestimiento refractario 3 y unas paredes cónicas 4 en la parte superior.

Básicamente, el reformador 1 comprende una cámara de combustión 5, localizada en la parte superior del reformador, y una zona catalítica 6 localizada por debajo de la cámara de combustión. La zona catalítica 6 comprende un lecho catalítico adecuado que puede soportarse, por ejemplo, por un arco en forma de anillo en la parte inferior.

Un gas de proceso G procedente de un reformador primario (no mostrado) entra en el reformador 1 a través de una entrada inferior 7. El reformador 1 comprende un tubo ascendente de gas interno 8 conectado a dicha entrada inferior 7 y dispuesto para encaminar el gas de proceso G a la cámara de combustión superior 5. Más en detalle, el tubo ascendente 8 se extiende sustancialmente a todo lo largo del recipiente 2, terminando cerca de la parte superior del reformador, como se muestra en la figura.

Un flujo de aire de proceso se introduce en dicha cámara de combustión 5 por medio de un distribuidor de aire 9 que se aproxima a la forma de un toroide y rodea el tubo ascendente 8 por encima de la cámara de combustión 5. El distribuidor de aire 9 se alimenta por un conducto de aire 10 que pasa a través de un agujero en la pared cónica 4 y el revestimiento 3 del reformador.

Se hace referencia en este caso a un aire de proceso, pero podrían usarse otros agentes de oxidación.

El reformador 1 también comprende un deflector de gas de proceso 11 colocado por encima de la terminación superior del tubo ascendente 8, y muy por encima de la cámara de combustión 5. En algunos reformadores, el tubo ascendente termina con un distribuidor de gas. A continuación, el gas de proceso que sale del tubo ascendente 8 se desvía aproximadamente 180° y se mezcla con el aire de proceso emitido desde las toberas del distribuidor similar a un toroide 9. La mezcla tiene lugar sustancialmente en una zona 12 por debajo del distribuidor 9 y por encima de la cámara de combustión 5; a continuación, el gas pasa a través de la cámara de combustión 5 y la zona catalítica 6 fluyendo de arriba hacia abajo; el gas convertido sale del reformador 1 a través de una salida de gas 13 por debajo del lecho catalítico.

La figura 2 muestra el reformador 1 después de la renovación de acuerdo con una realización de la invención. Un nuevo quemador 20 se instala en la parte superior del reactor 1 y se retira una parte superior del tubo ascendente de gas original 8, obteniendo un tubo acortado 8'. Preferentemente, el tubo 8 se acorta de tal manera que el extremo abierto 8'' del tubo modificado 8' está ahora ligeramente por encima de la zona catalítica 6, en lugar de estar en la parte superior del recipiente 2.

También se retira el deflector de gas 11. El tubo modificado 8' ahora está configurado para generar un flujo

sustancialmente axial de gas de proceso dirigido de abajo hacia arriba, como es evidente a partir de la figura 2.

El nuevo quemador 20 se monta axialmente en una cubierta superior nueva o adecuadamente modificada 21 del reformador, y básicamente comprende un conducto 22 dispuesto de acuerdo con el eje A-A del recipiente 2. Dicho
5 conducto 22 está conectado a la línea de aire de proceso disponible, que alimenta inicialmente el distribuidor de aire 9, con la modificación necesaria de la tubería o la provisión de una nueva tubería, de acuerdo con las necesidades específicas. El distribuidor de aire original 9 se retira del recipiente 2 y el paso relacionado a través del recipiente 2 se cierra con un tapón adecuado 28.

Puede apreciarse que el aire de proceso se suministra ahora por el quemador 20 con un flujo axial sustancialmente
10 descendente, es decir, un flujo dirigido de arriba hacia abajo, en una región de mezcla 23 que está por encima del extremo abierto 8'' del tubo ascendente de gas acortado 8'. En esta región 23, el gas de proceso dirigido hacia arriba que sale del tubo ascendente de gas 8' se encuentra con el aire de proceso dirigido hacia abajo desde el quemador 20. Como se muestra en la figura 3, una llama de difusión de contraflujo 24 se forma en dicha región de mezcla 23 y, por lo tanto, en la cámara de combustión 5, por el flujo contracorriente del gas de proceso (combustible) y el aire.

Dicho nuevo quemador 20 puede fabricarse de acuerdo con el quemador descrito en el documento EP 1531147. En particular, el quemador 20 en una realización preferida comprende una sección de extremo troncocónica 25 con un
15 extremo abierto divergente 26, aparentando de este modo una forma distintiva similar a una trompeta (figura 4). Como alternativa, y en función de las condiciones de funcionamiento de la planta específica, dicho nuevo quemador 20 comprende una abertura de borde afilado 28, como es evidente en la figura. 5. En las figuras 4 y 5 también se indican los medios de remolino 27.

REIVINDICACIONES

1. Un método para renovar un reformador secundario (1), en el que dicho reformador (1) comprende:

- 5 - un recipiente a presión vertical (2),
- una entrada inferior (7) para un gas de proceso;
- una cámara de combustión (5) y una zona catalítica (6), estando la zona catalítica localizada por debajo de la cámara de combustión;
- un tubo ascendente de gas interno (8) conectado a dicha entrada inferior de un gas de proceso;
- 10 - medios de distribución (9) para la introducción de un agente de oxidación, tal como aire de proceso, en dicha cámara de combustión;
- en el que dicho tubo ascendente de gas (8) tiene un extremo de salida de gas que está por encima de la cámara de combustión y comprende unos medios (11) dispuestos para dirigir el gas de proceso hacia abajo, de manera que dicho gas de proceso atraviesa la cámara de combustión y, a continuación, la zona catalítica,
- 15 fluyendo de arriba hacia abajo,

y el método está **caracterizado por** comprender al menos las siguientes etapas:

- 20 - se interrumpen los medios de distribución originales (9) del agente de oxidación,
- se acorta el tubo ascendente de gas (8'), de manera que el extremo de salida de gas del tubo ascendente de gas se lleva a una altura menor en el recipiente a presión y más cerca de la zona catalítica, en comparación con el tubo ascendente de gas original, y el extremo de salida (8'') del tubo ascendente de gas acortado está dispuesto para suministrar un flujo de gas dirigido hacia arriba;
- 25 - se instala un nuevo quemador (20) en la parte superior del reactor, estando dicho nuevo quemador dispuesto para suministrar un agente de oxidación, tal como aire de proceso, con un flujo descendente, en una zona de mezcla (23) por encima del extremo de salida de gas del tubo ascendente de gas acortado.

2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho nuevo quemador (20) comprende un conducto (22) para el agente de oxidación que es paralelo al eje (A-A) del recipiente a presión vertical (2), suministrando de este modo un flujo sustancialmente axial de dicho agente de oxidación.

3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el tubo ascendente de gas (8) se acorta retirando una parte superior del tubo ascendente de gas existente, o se instala un nuevo tubo ascendente de gas más corto que el tubo original.

4. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que una tubería existente diseñada originalmente para alimentar un agente de oxidación a dichos medios de distribución (9) se modifica con el fin de redirigir dicho agente de oxidación al quemador recién instalado (20).

5. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la cubierta superior del reformador se modifica o se reemplaza con el fin de permitir la instalación del nuevo quemador.

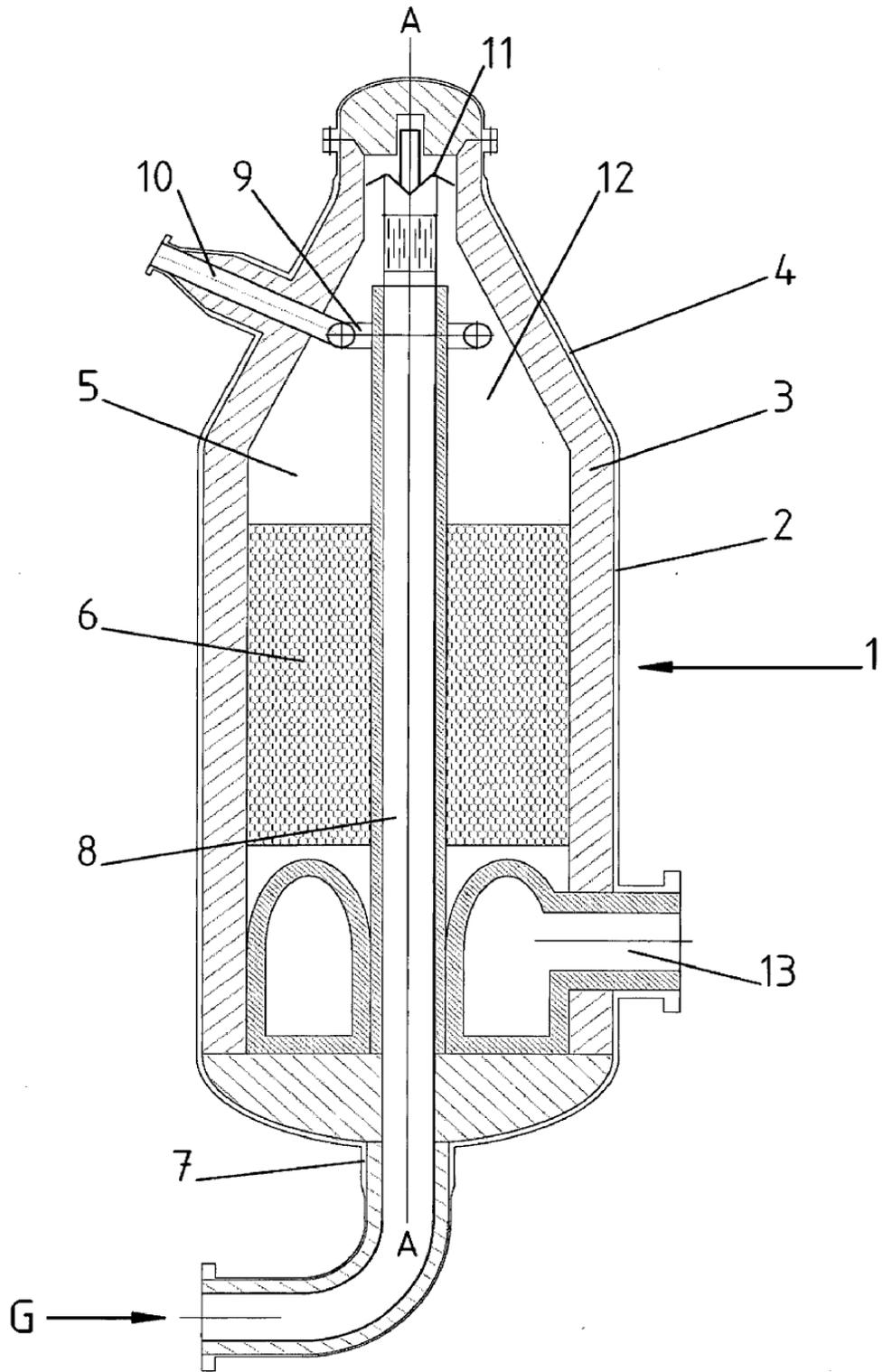
6. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, estando dicho nuevo quemador fabricado de una aleación de Ni/Cr/Fe.

7. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo dicho nuevo quemador un generador de remolinos (27) para proporcionar un movimiento de remolino al agente de oxidación.

8. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, siendo dicho agente de oxidación aire o aire enriquecido u oxígeno puro.

9. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, siendo dicho reformador secundario parte de una unidad de fabricación inicial de una planta de amoníaco para la generación de un gas de síntesis compensatorio para la síntesis del amoníaco.

10. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, siendo dicho reformador secundario un reformador autotérmico.



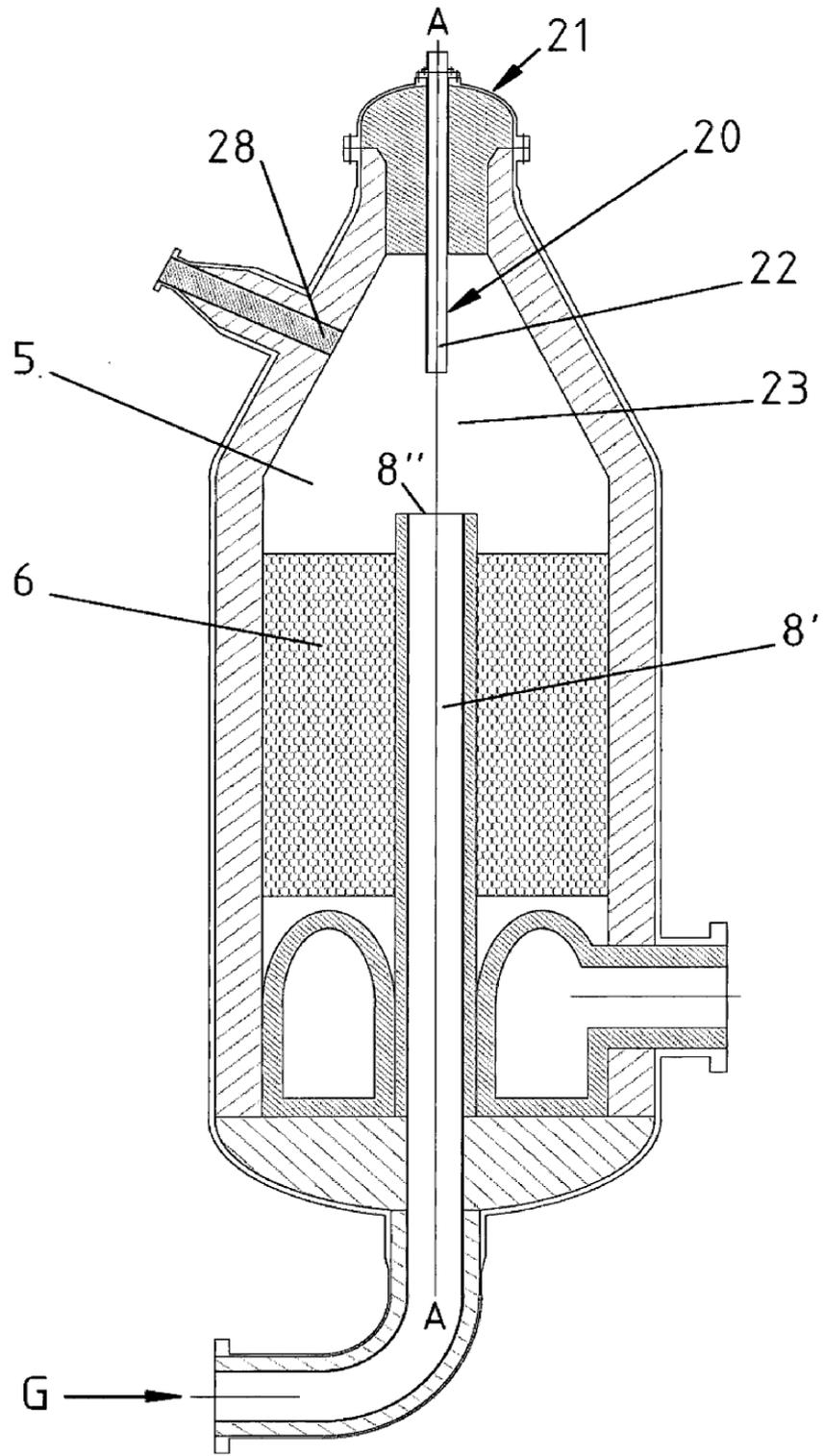


Fig. 2

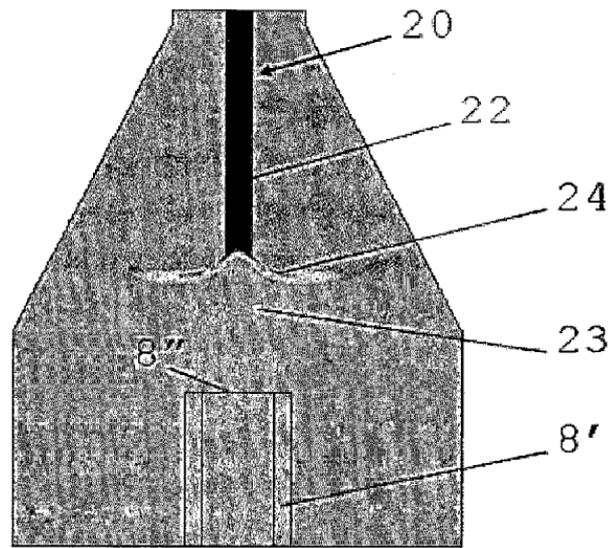


Fig. 3

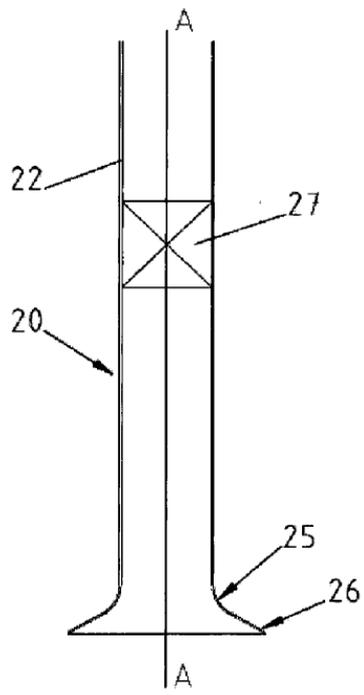


Fig. 4

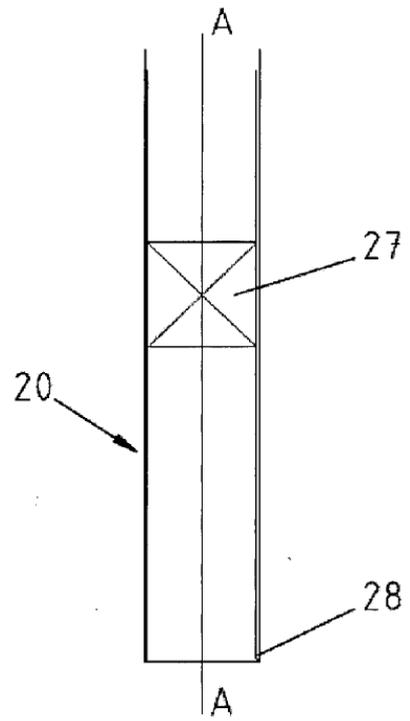


Fig. 5