

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 630 427**

51 Int. Cl.:

<b>C01B 3/50</b>	(2006.01)
<b>C10J 3/84</b>	(2006.01)
<b>C10K 1/10</b>	(2006.01)
<b>C10K 3/06</b>	(2006.01)
<b>C10J 3/00</b>	(2006.01)
<b>C10K 1/00</b>	(2006.01)
<b>C10K 3/00</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.09.2008 PCT/EP2008/062541**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **26.03.2009 WO09037339**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.09.2008 E 08831392 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.04.2017 EP 2193099**

54 Título: **Dispositivo de tratamiento de un gas de síntesis**

30 Prioridad:

**21.09.2007 FR 0757777**

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

**21.08.2017**

73 Titular/es:

**EUROPLASMA (100.0%)  
6 RUE LAJAUNIE  
33100 BORDEAUX, FR**

72 Inventor/es:

**MICHON, ULYSSE;  
BELLAT, LÉANDRE y  
EDME, ERIKA**

74 Agente/Representante:

**VEIGA SERRANO, Mikel**

ES 2 630 427 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

Dispositivo de tratamiento de un gas de síntesis

5 **Sector de la técnica**

La presente invención se refiere a un dispositivo de tratamiento de un gas de síntesis. Se refiere igualmente a un sistema de tratamiento de desechos o de biomasa equipado con un dispositivo de tratamiento de ese tipo.

10 **Estado de la técnica**

Se conocen unos procedimientos que permiten la obtención de un gas de síntesis.

15 La gasificación auto-térmica es por ejemplo un procedimiento bien conocido cuyo mecanismo principal busca descomponer, en sub-estequiometría de oxígeno, por inyección de vapor, unas cadenas de carbono tales como las contenidas en la biomasa, los residuos forestales, los desechos domésticos y hospitalarios, la madera contaminada y cualquier otro desecho de fuerte potencial orgánico, con el fin de obtener un gas de síntesis combustible y valorizable.

20 La ventaja segura que procura la gasificación es que en ausencia de combustión completa, la parte orgánica se descompone bajo la forma de un gas combustible cuyo Poder Calorífico Inferior (PCI) es tanto más elevado cuanto más se minimice la presencia de dióxido de carbono, de vapor de agua, de nitrógeno que son unas moléculas poco eficientes para valorizarse en una producción de electricidad, de biocarburante o para utilizarse en química orgánica.

25 Además la presencia de alquitrán y de carbono sólido en el gas de síntesis presenta un inconveniente principal para los elementos aguas abajo del reactor de gasificación. En efecto, estas partículas pueden condensarse fácilmente en los conductos de tratamiento del gas de síntesis induciendo a su obstrucción así como a riesgos de fuego espontáneo en la abertura de estos conductos para su mantenimiento. Por otro lado, estos elementos sólidos pueden ensuciar las palas de las turbinas de gas y los motores de gas reduciendo duraderamente su rendimiento e incrementando la frecuencia de su mantenimiento.

30 Las tecnologías de preparación del gas de síntesis antes de la valorización consisten en su gran mayoría en retirar las partículas sólidas (alquitranes y carbono sólido) desde la salida del reactor de gasificación auto-térmico por filtración (filtro ciclónico, filtro de manga, electro-filtro), condensación (limpiador en agua, limpiador en aceite), o craquear las partículas sólidas mediante unas reacciones catalíticas (uso de oxígeno puro y de vapor) o incluso por refinado a altas temperaturas (utilización de oxígeno puro).

35 La gasificación auto-térmica tiene una limitación intrínseca en temperatura lo que limita de hecho el PCI del gas de síntesis producido. Las limitaciones impuestas por la concepción de los reactores de gasificación auto-térmica, los materiales refractarios que los constituyen, la presencia de elementos móviles (rastrillos de acero refractario, arena, bolas metálicas) que permiten homogenizar la carga soportan difícilmente unas temperaturas superiores a 850 °C.

40 La limitación de capacidad de tratamiento se induce también por la variabilidad de la entrada en composición, granulometría, por su tasa de humedad y su contenido en minerales, en metales pesados.

45 Estos factores conducen a hacer funcionar los procedimientos de gasificación a unas temperaturas comprendidas entre 600 °C y 850 °C para ser económicamente viables. En consecuencia, a estas temperaturas es necesario aceptar la obtención de un gas de síntesis con un PCI medio puesto que contiene efectivamente monóxido de carbono e hidrógeno en tanto que especies dominantes, pero también unos subproductos no valorizables tales como dióxido de carbono, vapor de agua y nitrógeno.

50 En lo que se refiere a las partículas sólidas en suspensión en el gas de síntesis, el proceso consiste en extraerlas del gas de síntesis y reciclarlas hacia al reactor en tanto que fuente de energía térmica. Esta acción que consiste en retirar del procedimiento de gasificación este potencial de carbono disponible inicialmente en la materia orgánica a tratar, induce una limitación del rendimiento en carbono teniendo como consecuencia directa una limitación del PCI.

55 Los riesgos son igualmente de orden medioambiental y sanitario para los operadores. En efecto, la extracción de las partículas sólidas en suspensión en el gas de síntesis genera unos lodos residuales en el sistema de tratamiento de gas de síntesis. Estos lodos se han de evacuar por tanto del sitio hacia unas descargas o unos incineradores de desechos industriales. Los operadores están expuestos por tanto a unos productos cancerígenos durante el mantenimiento de los limpiadores o de las estaciones de depuración.

60 Los flujos de desechos multifásicos tales como la mezcla con cenizas en la parte baja del reactor de gasificación, y los lodos residuales (alquitranes/carbono sólido/agua/aceite) procedentes de la línea de tratamiento de los gases de síntesis antes de la valorización representan un coste económico importante en lo que se refiere a su evacuación del sitio hacia unos procesos de vertido o de destrucción.

Se conoce también otro procedimiento de gasificación que es la gasificación directa por plasma. Este procedimiento consiste en realizar un ataque directo del material orgánico por plasma para convertirlo en un gas de síntesis de alta pureza a alta temperatura.

5 La configuración general de un procedimiento de ese tipo es habitualmente la siguiente: una o varias herramientas de plasma proporcionan una o varias circulaciones de plasma en un horno alimentado por unos materiales a gasificar y/o a vitrificar. El horno es entonces la sede de las reacciones termoquímicas de transformación de los materiales introducidos, bajo la acción directa y/o indirecta de la circulación de plasma. Las fases líquidas y  
10 gaseosas, que son el resultado de la síntesis o del tratamiento por plasma se recuperan a continuación para eventuales tratamientos posteriores que implementan unas técnicas existentes.

Los componentes esenciales de dichas instalaciones, con la excepción de las herramientas de plasma implementadas en el procedimiento, comprenden un dispositivo de inyección de material sólido pulverizado o líquido o incluso de productos pastosos (lodos de estaciones de depuración, lodos petrolíferos).

El ataque directo de un material entrante de gran contenido en material orgánico no es económicamente viable en la medida en la que la extracción de la parte de humedad contenida en el material orgánico induce un consumo de electricidad menos pertinente que la utilización de energía térmica reciclada del procedimiento.

20 Por otro lado la utilización de un horno único, cubierto con refractario, que debe enfrentarse a unas fases líquidas, sólidas y gaseosas induce unos modos de funcionamiento que limitan el caudal de la entrada o la variabilidad de la entrada.

25 En definitiva, es la parte del horno que debe enfrentarse al mineral líquido la que resiste menos tiempo a la corrosión/impregnación de los refractarios. Es por tanto el fondo del horno lo que obliga a la detención del procedimiento de gasificación para asegurar su mantenimiento.

La mezcla plasma/material a gasificar y/o a vitrificar no se refiere a la totalidad de los materiales, el tratamiento termoquímico se deriva principalmente de un proceso indirecto (radiación térmica procedente de las paredes refractarias del horno llevadas a alta temperatura bajo la acción del plasma). Como consecuencia, no se optimiza la transferencia energética entre el plasma y los materiales.

35 Por otro lado, la fabricación del horno necesita la utilización de materiales refractarios cuya erosión es muy sensible a las variaciones de temperatura generadas por unas necesidades energéticas variables en correspondencia con la composición química variable de los materiales entrantes, así como por la retirada periódica de la herramienta de plasma para hacer el cambio de electrodos. Además, la naturaleza química del gas resultante del tratamiento del plasma puede limitar también la duración de la vida de los refractarios, por ejemplo cuando se trata de gases clorados.

40 El documento EP 0 153 235 divulga un procedimiento y una instalación de producción de gas de síntesis en el que se produce inicialmente, en un primer reactor de gasificación con producción, además de monóxido de carbono y de hidrógeno útiles, unas especies denominadas "inevitables" tales como carbono no convertido, unos hidrocarburos y unos alquitranes y posteriormente, en un segundo reactor, una conversión a alta temperatura de las especies inevitables en hidrógeno y monóxido de carbono. La elevación de temperatura en el reactor de conversión se realiza por insuflado en este último de un gas previamente llevado a muy alta temperatura cuyo caudal y temperatura se regulan de manera que se eleve la temperatura media de la mezcla gaseosa en el segundo reactor a un nivel suficiente para efectuar en él la conversión de las especies inevitables. El medio de calentamiento del gas está constituido ventajosamente por una antorcha de plasma que comprende dos electrodos separados en el sentido de la circulación del gas entre los que se forma un arco eléctrico soplado por el gas. El objetivo de la presente invención es por lo tanto proponer una etapa de gasificación indirecta de materiales orgánicos por plasma con el fin de la transformación de un gas de temperatura media, poblado de partículas sólidas tales como unas partículas de alquitrán y/o de carbono sólido, procedente de un reactor de gasificación o de hidrólisis auto-térmica, con el fin de obtener un gas de síntesis de alta pureza, reforzado en su potencial de carbono, y cuyos principales constituyentes son el monóxido de carbono y el dihidrógeno.

### Objeto de la invención

60 Con este fin, la invención se refiere a un dispositivo de tratamiento de un gas de síntesis según la reivindicación 1.

Se entiende por la expresión "eje de propagación sustancialmente colineal con el eje principal de la antorcha" que el eje de propagación del chorro del plasma es o bien colineal con, o coincidente con, el eje de la antorcha, o bien que el volumen del espacio ocupado como media en el tiempo por el chorro de plasma tiene su eje coincidente con el eje principal de la antorcha de plasma. En efecto, bajo el efecto de las fuerzas ejercidas por el flujo de gas de síntesis introducido en el recinto de introducción, el extremo del chorro de plasma puede colocarse de un lado y otro del eje principal de la antorcha, sin embargo este chorro de plasma ocupa como media en el tiempo una posición

coincidente con el eje principal de la antorcha.

5 Se entiende por la expresión “eje longitudinal del reactor sustancialmente colineal con el eje de propagación” que el eje longitudinal es o bien colineal con, o coincidente con, el eje de propagación, o bien que está alineado aproximadamente sobre este eje.

Se entiende por la expresión “colocado aguas abajo de” colocado más allá de, en la dirección de propagación del chorro de plasma.

10 Por ello, es posible separar los flujos sólido, líquido y gaseoso en un dispositivo de gasificación de la técnica anterior, permitiendo una gestión simple y somera de los materiales orgánicos contenidos en la biomasa o en los desechos, y esto en unas condiciones operativas económicas controladas, el dispositivo de tratamiento de la presente invención ve su interés en la gran flexibilidad y su adaptación a todas las situaciones encontradas en la realización del procedimiento de gasificación, en un único objetivo: reforzar el potencial útil del carbono contenido en el gas de síntesis a tratar y hacer tender la composición de este gas de síntesis hacia únicamente dos elementos mayoritarios, a saber el monóxido de carbono (CO), y el dihidrógeno (H<sub>2</sub>).

No es necesario, en consecuencia, conocer la composición inicial del gas de síntesis a tratar.

20 Puede aplicarse un ajuste instantáneo de la calidad del gas de salida mediante la regulación de la temperatura del chorro de plasma procedente de la antorcha de plasma. El ajuste de los parámetros operacionales de la antorcha es realizable técnicamente en un tiempo inferior al segundo.

25 Por otro lado, la elevación en la temperatura del gas de síntesis no induce una disminución del monóxido de carbono por oxidación con el aire. En efecto, incluso si el chorro de plasma se realizara con aire como gas plasmógeno, el chorro de plasma no es una llama y no necesita ningún aporte de aire de combustión para generar calor. El chorro de plasma con sus 5000 K como media, es un flujo de material gaseoso ionizado, en extinción, eléctricamente neutro, poblado de especies tales como electrones, iones, átomos, radicales que tienen una fuerte reactividad química. Estos últimos irán preferentemente a volverse a asociar con las especies liberadas para el craqueado de las moléculas interesantes del gas de síntesis a tratar elevado en temperatura. De ese modo las moléculas triatómicas (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O) y las que cuentan incluso con más átomos (CH<sub>4</sub>, C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>), que tienen un reducido potencial de enlace atómico se rompen para formar unas especies estables en los campos de temperaturas considerados y tendiendo a producir monóxido de carbono (CO) y dihidrógeno (H<sub>2</sub>) suplementarios.

35 En los diferentes modos de realización particulares de este procedimiento de tratamiento de un gas de síntesis, teniendo cada uno sus ventajas particulares y susceptibles de numerosas combinaciones técnicas posibles:

- se introduce al recinto de introducción y/o en el reactor al menos un fluido para ajustar la composición del gas de síntesis a tratar.

40 La introducción de dicho al menos un fluido puede realizarse mediante al menos un inyector, al menos un orificio de inyección de un fluido de protección, la antorcha de plasma o una combinación de estos elementos.

45 Ventajosamente, este fluido, puede elegirse entre el grupo que comprende agua, dióxido de carbono y una combinación de estos elementos.

- se disminuye la velocidad de la mezcla de gas de síntesis/chorro de plasma a la pared interna del recinto de introducción y/o del reactor.

50 La reducción de la velocidad de esta mezcla puede obtenerse mediante la introducción de un fluido de protección tangencialmente a la pared del recinto de introducción y/o del reactor, estando este fluido a temperatura ambiente. Este fluido permite igualmente proteger los materiales refractarios de los que están equipados ventajosamente el recinto de introducción y el reactor.

55 Esta reducción de velocidad puede obtenerse también mediante un aumento de la sección de paso del chorro de plasma con la presencia de una parte ensanchada en el recinto de introducción con el fin de limitar la inyección de dicho al menos un fluido de ajuste de la composición del gas de síntesis a tratar,

- se acelera el gas de salida en la parte aguas abajo del reactor antes de la extracción de éste por el orificio de salida,
- se temple el gas de salida para el enfriamiento de éste.

60 Se enfrían de ese modo las especies constitutivas del gas de salida impidiendo de ese modo una eventual recombinación de estas especies, lo que conduciría a una disminución de las especies mayoritarias H<sub>2</sub> y CO,

- se introduce tangencialmente a las paredes del recinto de introducción y/o del reactor, sobre al menos una parte

de estas paredes, un fluido de protección a temperatura ambiente.

Este fluido de protección permite proteger las paredes del recinto de introducción y/o del reactor del chorro de plasma,

- 5
- se mide la temperatura del gas de salida y se ajusta la temperatura del chorro de plasma para controlar la conversión de dicho gas de síntesis en gas de salida.

10 Se puede calificar el dispositivo de la presente solicitud de sistema que tiene una configuración "en línea", es decir la antorcha de plasma, posteriormente el dispositivo de inyección, posteriormente el reactor, en oposición a la configuración clásica en la que el reactor está acoplado simultáneamente (en "paralelo") a la antorcha y al dispositivo de inyección del material a tratar.

15 Esta configuración en línea presenta numerosas ventajas, particularmente una gran simplicidad de operación, un efecto de aspiración del gas de síntesis por el chorro de plasma asegurando por ello una mezcla íntima del gas de síntesis y del chorro de plasma pero también un arrastre de la mezcla de gas de síntesis/chorro de plasma a lo largo de una recta (eje de propagación) lo que minimiza las eventuales interacciones entre esta mezcla sobrecalentada y las paredes del recinto de introducción y del reactor.

20 La mezcla íntima del gas de síntesis y del chorro de plasma permite por otro lado una transferencia de energía directa entre el chorro de plasma y el gas de síntesis lo que permite no solamente un consumo menor de energía sino igualmente alcanzar unas temperaturas de la mezcla de gas de síntesis/chorro de plasma más elevadas que con los dispositivos de la técnica anterior.

25 En diferentes modos de realización particulares de este dispositivo para tratar un gas de síntesis, teniendo cada uno sus ventajas particulares y susceptibles de numerosas combinaciones técnicas posibles:

- 30
- el dispositivo incluye al menos un inyector de fluido para ajustar la composición del gas de síntesis a tratar, estando destinado dicho al menos un inyector a introducir el fluido sustancialmente en la dirección de circulación de la mezcla de gas de síntesis/chorro de plasma,
  - estando colocados los inyectores en la parte aguas abajo del recinto de introducción y/o en la parte aguas arriba del reactor, esta parte aguas abajo incluye una parte ensanchada en el sentido del eje de propagación para disminuir la velocidad de la mezcla de gas de síntesis/chorro de plasma y optimizar la inyección del fluido,
  - el recinto de introducción y el reactor incluyen unos orificios de inyección de un fluido de protección, estando unidos estos orificios a un circuito de inyección de este fluido,
  - teniendo el chorro de plasma un diámetro  $d$ , el orificio de entrada incluye un orificio de introducción del gas de síntesis cuyo diámetro  $D$  es tal que la relación  $D/d$  es superior o igual a 10.

40 Esta relación entre el diámetro del orificio de introducción y el diámetro del chorro de plasma permite evitar una pérdida de carga en la interfaz orificio de entrada/volumen interno del recinto de introducción. Se evita de ese modo una puesta a presión del gas de síntesis durante su introducción que puede dar como resultado un menor buen acoplamiento del gas de síntesis y del chorro de plasma.

45 A título puramente ilustrativo, siendo el diámetro  $d$  del chorro de plasma de 50 mm, el diámetro  $D$  del orificio introducción es de 800 mm.

- el orificio de salida se une a al menos un medio de enfriamiento del gas de salida.

50 Este medio de enfriamiento comprende, por ejemplo, al menos un intercambiador térmico que permite templar el gas de salida.

55 La invención se refiere también a un sistema de tratamiento de desechos o de biomasa que comprende al menos una primera etapa de tratamiento de los desechos o de la biomasa que recibe dichos desechos o dicha biomasa y que genera un gas de síntesis y una segunda etapa de tratamiento acoplada a esta primera etapa para recibir dicho gas de síntesis.

Según la invención, la segunda etapa es un dispositivo de tratamiento de gas de síntesis tal como se ha descrito anteriormente.

60 Este sistema permite producir un gas de salida que es un gas de síntesis depurado que contiene mayoritariamente unas especies  $H_2$  y  $CO$ . Este gas de síntesis depurado por la antorcha de plasma de arco no transferido, de un poder calorífico más elevado que el que tenía antes del tratamiento, tiene un valor de utilización que lo destina ventajosamente a una producción eléctrica, una producción de biocarburante o a una utilización en química orgánica, por ejemplo, para la producción de polímeros de síntesis.

65 La invención se refiere en consecuencia igualmente a un sistema de producción de energía eléctrica a partir de

desechos o de biomasa que comprende al menos una turbina de gas o al menos un motor de gas. Según la invención, este sistema de producción de energía eléctrica está equipado con un sistema de tratamiento de desechos o de biomasa tal como se ha descrito anteriormente. Dicha al menos una turbina de gas, o dicho al menos un motor de gas, es accionado por dicho gas de salida generado por el sistema de tratamiento de desechos o de biomasa.

La invención se refiere también a un sistema de producción de un carburante o de un polímero de síntesis a partir de desechos o de biomasa, comprendiendo este sistema al menos un reactor catalítico. Según la invención, este sistema está equipado con un sistema de tratamiento de desechos o de biomasa tal como se ha descrito anteriormente.

Preferentemente, el reactor catalítico genera un producto gaseoso residual, este sistema comprende un circuito en bucle cerrado unido por un lado al reactor catalítico, para recuperar el producto gaseoso residual y por otro lado, a al menos uno de los elementos elegidos en el grupo que comprende al menos un inyector, al menos un orificio de inyección, la antorcha de plasma y una combinación de estos elementos para introducir el producto gaseoso residual en el dispositivo de tratamiento. Este circuito en bucle cerrado incluye un compresor para comprimir este producto gaseoso residual antes de la introducción en el dispositivo.

Este reactor de catálisis es preferentemente un reactor que permite la reacción denominada de Fischer-Tropsch, es decir la producción de hidrocarburos por reacción de una mezcla que comprende al menos monóxido de carbono e hidrógeno en presencia de un catalizador. Este procedimiento es un procedimiento industrial bien conocido que no se describirá en el presente documento.

Los catalizadores implementados pueden ser de diversas naturalezas e incluyen generalmente al menos un metal elegido entre el grupo que comprende el hierro, el cobalto, el rutenio y el vanadio.

El metal se dispersa típicamente sobre un soporte que puede comprender un material mineral poroso tal como un óxido elegido entre el grupo que comprende la alúmina, la sílice, el óxido de titanio, el circonio, las tierras raras y las combinaciones de estos elementos.

El catalizador puede incluir igualmente de manera conocida uno o varios agentes de activación elegidos entre al menos uno de los grupos I a VII de la clasificación periódica.

El reactor catalítico es, a título puramente ilustrativo, un reactor de tipo columna de burbujas.

Al ser reintroducido, o reciclado, el gas de escape o el producto gaseoso residual de la catálisis, en el dispositivo de tratamiento por el circuito en bucle cerrado, se dispone de ese modo de un sistema de producción de energía eléctrica o de carburante de síntesis poco contaminante.

## Descripción de las figuras

La invención se describirá más en detalle con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

- la figura 1 es una vista en perspectiva de un dispositivo de tratamiento de un gas de síntesis
- la figura 2 es una vista parcial y en sección del recinto de introducción del dispositivo de la Figura 1;
- la figura 3 representa esquemáticamente un sistema de producción de energía eléctrica a partir de desechos o de biomasa que integra el dispositivo de tratamiento de la Figura 1;
- la figura 4 presenta una vista parcial y en sección transversal de un recinto de introducción de un dispositivo de tratamiento de un gas de síntesis;
- la figura 5 representa una vista parcial y en sección longitudinal del recinto de introducción de la Figura 4;
- la figura 6 representa una vista parcial y en sección transversal de un recinto de introducción de un dispositivo de tratamiento de un gas de síntesis según la invención;

## Descripción detallada de la invención

Las Figuras 1 y 2 muestran un dispositivo de tratamiento de un gas de síntesis. Este dispositivo que forma un sistema en línea, incluye un recinto de introducción 1 al que está unido un reactor 2.

El recinto de introducción 1 y el reactor 2 presentan cada uno un volumen interno delimitado por unas paredes, estando recubiertas estas paredes, del lado interno, con materiales refractarios de alta resistencia a la temperatura, por ejemplo a base de cromo/corindón. Estos materiales refractarios permiten particularmente reducir las pérdidas térmicas.

El recinto de introducción 1 y el reactor 2 que se realizan en este caso de material metálico, se refrigeran por un circuito externo de fluido bajo presión, siendo este fluido por ejemplo agua desmineralizada. Sin embargo, el dispositivo está concebido para no presentar un punto frío susceptible de constituir una zona de condensación de las

partículas presentes en el gas de síntesis.

5 El recinto de introducción 1 incluye una antorcha de plasma 3 de arco no transferido, también denominada antorcha de arco soplado. Esta antorcha 3 está destinada a generar un chorro de plasma 4 que tiene un eje de propagación 5 sustancialmente colineal con el eje principal de la antorcha 3.

10 La utilización de una antorcha 3 de ese tipo permite no solamente obtener un chorro de plasma que presenta una temperatura muy elevada, típicamente comprendida entre 2000 y 5000 °C en función de la potencia de la antorcha implementada, sino que asegura igualmente una independencia completa entre el volumen interno del recinto de introducción 1 y la antorcha de plasma 3. El recinto de introducción 1 incluye en consecuencia una válvula de aislamiento 6 refrigerada que permite aislar la antorcha 3 del recinto de introducción 1. Es posible entonces intervenir sobre la antorcha 3 sin poner al aire el conjunto del dispositivo.

15 El dispositivo incluye ventajosamente un medio de permutación automático de una primera antorcha de arco transferido con una segunda para sustituir una antorcha que necesite mantenimiento o para aumentar la potencia de la antorcha. Este medio de permutación automática puede, a título puramente ilustrativo, ser de accionamiento hidráulico.

20 El recinto de introducción 1 incluye preferentemente unos orificios de inyección de un fluido de protección (no representado). Estos orificios están unidos a un circuito de inyección de este fluido. Este circuito puede comprender un compresor para inyectar el fluido de protección bajo una forma presurizada.

25 Los orificios de inyección están orientados de manera que el fluido se inyecte tangencialmente a la pared interna del recinto de introducción 1 de manera que se envuelva al chorro de plasma 4 proporcionado por la antorcha 3 y se evite que el chorro lama directamente ésta, lo que perjudicaría su integridad. El fluido de protección puede ser un gas a temperatura ambiente que es preferentemente el gas de síntesis. Puede tratarse también de un líquido tal como agua o aceite. En este último caso, puede tratarse de aceite de biomasa, de aceite de motor o incluso de aceite de fritura.

30 El recinto de introducción 1 comprende igualmente un orificio de entrada 7 colocado aguas abajo de la antorcha de plasma 3 para la introducción del gas de síntesis a tratar en la proximidad del chorro de plasma 4. Este orificio de entrada 7 que presenta en este caso la forma de un codo, está orientado de manera que introduzca gas de síntesis según una dirección distinta al eje de propagación 5 del chorro de plasma 4 para establecer una zona de mezcla turbulenta entre el chorro de plasma y el gas de síntesis. Esta zona de mezcla turbulenta permite asegurar una mezcla íntima entre el gas de síntesis a tratar y el chorro de plasma 4. El gas de síntesis se introduce en este caso perpendicularmente al eje de propagación del chorro de plasma.

40 De manera más general, el ángulo formado entre el eje principal del codo y el eje de propagación 5 del chorro de plasma será resultado de cálculos y de experimentaciones que tienen en cuenta los parámetros del chorro de plasma 4 generado por la antorcha 3 de arco no transferido y unos flujos a tratar (gas de síntesis y componentes de ajuste de la composición de este gas). Este ángulo podrá estar comprendido a título puramente ilustrativo entre aproximadamente 90° y 135°.

45 El eje de propagación 5 del chorro de plasma está orientado de manera que dirija la mezcla de gas de síntesis/chorro de plasma hacia el reactor 2 en el que el gas de síntesis será la sede de reacciones que conducen a su transformación en gas de salida.

50 Por otro lado, en función del reparto inicial de los principales componentes (C, H, O) en los materiales orgánicos presentes en los desechos o la biomasa que conducen al gas de síntesis a tratar, es posible que la desaparición de los alquitranes, del agua y del dióxido de carbono por tratamiento del gas de síntesis en el dispositivo de la presente invención no genere suficientemente monóxido de carbono (CO) o dihidrógeno en el gas de salida para un aprovechamiento energético significativo.

55 Se colocan en consecuencia unos inyectores 8 sobre el recinto de introducción 1 para introducir uno o varios fluidos con el fin de ajustar la composición del gas de síntesis a tratar. Estos inyectores pueden ser, por ejemplo, unas boquillas de inyección de un gas tal como CO<sub>2</sub> o unos nebulizadores en el caso de inyección de un líquido tal como agua. Puede tratarse también de una combinación de estos elementos.

60 Estos inyectores 8 se colocan preferentemente de manera que introduzcan los materiales sustancialmente en la dirección de circulación de la mezcla de gas de síntesis/chorro de plasma.

Estos fluidos están disponibles intrínsecamente en el emplazamiento, puesto que son reciclados de las etapas aguas abajo del procedimiento de tratamiento de la presente invención.

65 Con el fin de optimizar la inyección de estos fluidos, el recinto de introducción 1 incluye en su parte aguas abajo una parte ensanchada 9 en el sentido del eje de propagación 5 del chorro de plasma que permite disminuir la velocidad

del chorro de plasma 4. Esta parte ensanchada 9 es en este caso una tobera.

El reactor 2 tiene una forma alargada sustancialmente cilíndrica e incluye en su parte de aguas abajo un orificio de salida 10 del gas de salida. La geometría cilíndrica del reactor 2 se concibe para limitar ventajosamente la velocidad de la mezcla de gas de síntesis/chorro de plasma a la altura de la pared del reactor 2, siendo inducida esta velocidad por la velocidad del chorro de plasma en la salida de la antorcha 3 (típicamente 400 m/s). La generación de una película de protección sobre la pared del reactor y/o del recinto de introducción por la introducción de un fluido de protección permite reducir igualmente la velocidad de la mezcla de gas de síntesis/chorro de plasma a la altura de estas paredes. Se conoce en efecto que los materiales refractarios que protegen la pared interna del reactor 2 y del recinto de introducción presentan una reducida resistencia a los rozamientos (del orden de 10 m/s).

El eje longitudinal de este reactor 2 es sustancialmente colineal con el eje de propagación 5 del chorro de plasma de manera que se limiten los contactos entre el chorro de plasma y las paredes del reactor 2.

Este reactor 2 constituye una zona de transformación térmica o termoquímica del gas de síntesis a trazar con el fin de su conversión en gas de salida. Esta zona es el resultado de la mezcla íntima del gas de síntesis a tratar y del chorro de plasma operada en el recinto de introducción 1. La longitud de este reactor 2, u horno, se determina con el fin de optimizar el tiempo de estancia de los materiales a sintetizar o a tratar, tiempo de estancia necesario para llevar a cabo unas reacciones termoquímicas.

El reactor 2 incluye igualmente unos orificios de inyección de un fluido de protección, estando unidos estos orificios a un circuito de inyección de este fluido.

El reactor 2 incluye, preferentemente, en su parte aguas abajo una restricción 11 unida al orificio de salida 10. Esta restricción permite acelerar el gas de salida antes de su extracción por el orificio de salida 10.

Esta aceleración permite obtener una velocidad suficiente para enviar el gas de salida a un intercambiador térmico (no representado) unido al orificio de salida 10. Este intercambiador permite templar el gas de salida y enfriar las especies constitutivas del gas de salida.

Entre el orificio de salida 10 y la restricción 11 se coloca un conducto de humos 12 recubierto interiormente de materiales refractarios.

El dispositivo incluye al menos un captador (no representado) para medir la temperatura del gas de salida de manera que se ajuste la calidad del gas de salida por la regulación de la temperatura del chorro de plasma 4 procedente de la antorcha de plasma 3. El ajuste de los parámetros operacionales de la antorcha de plasma 3 es técnicamente posible en un tiempo inferior al segundo. Este captador puede ser un pirómetro óptico o una sonda térmica montada sobre la pared del conducto de humos 12.

El recinto de introducción 1 y el reactor 2 pueden incluir unas bridas, respectivamente a la altura del orificio de entrada 7 y del orificio de salida 10, que permiten un montaje de dicho dispositivo sobre un sistema más complejo tal como un sistema de tratamiento de desechos o de biomasa o de producción de energía eléctrica a partir de desechos o de biomasa (Figura 3). Estas bridas tienen una forma elegida en el grupo que comprende una forma rectangular y una forma cilíndrica.

Se describirá ahora un modo de implementación del gas de salida procedente del procedimiento de tratamiento de un gas de síntesis.

La Figura 3 representa esquemáticamente un sistema de producción de energía eléctrica a partir de desechos o de biomasa según un modo de realización particular de la invención.

Este sistema comprende una primera etapa 13 de tratamiento de los desechos o de la biomasa. Esta primera etapa recibe los desechos o la biomasa a la entrada y genera en la salida un gas de síntesis. Esta etapa puede ser de forma conocida un reactor de gasificación auto-térmico o un reactor de gasificación mono-etapa por plasma térmico. El gas de síntesis se envía hacia un dispositivo de tratamiento 14 del gas de síntesis tal como se ha descrito anteriormente, lo que permite producir un gas de salida. En la salida de este dispositivo, el gas tiene una temperatura comprendida entre 1150 °C y 1300 °C.

El gas de salida se envía hacia un primer intercambiador térmico 15 para enfriar este gas y refrigerarlo hasta una temperatura comprendida entre 400 y 600 °C. El gas de salida así tratado se envía entonces hacia un segundo intercambiador térmico 16 en la salida del cual su temperatura se aproxima a los 100 a 200 °C.

El gas de salida penetra entonces en una unidad de desempolvado 17 que permite captar las partículas antes de ser enviadas a un filtro de manga 18. Finalmente, se implementa un limpiador de gas 19 que permite solubilizar un contaminante gaseoso en un líquido para eliminar particularmente las trazas de dióxido de azufre o de cloro. Un compresor 20 permite poner el gas de salida así tratado a sobrepresión sobre la turbina de gas 21. El gas de salida



acciona la turbina de gas 21 que se une a un alternador 22 que transformará la energía mecánica en energía eléctrica.

5 La turbina de gas 21 puede sustituirse por un motor simple de gas si el caudal de gas de la salida no es suficientemente grande. Preferentemente, la turbina de gas (o el motor de gas) generan un gas de escape, el sistema comprende un circuito en bucle cerrado 23 unido por una parte a esta turbina de gas (o a este motor de gas) para recuperar el gas de escape y por otro lado, a al menos uno de los elementos elegidos entre el grupo que comprende al menos un inyector, al menos un orificio de inyección, la antorcha de plasma y una combinación de estos elementos, para introducir el gas de escape en el dispositivo de tratamiento 14. El circuito en bucle cerrado 23 incluye por otro lado un compresor (no representado) para comprimir el gas de escape antes de la introducción en el dispositivo. Este gas de escape es típicamente dióxido de carbono.

15 Las Figuras 4 y 5 muestran una vista parcial y en sección de un recinto de introducción de un dispositivo de tratamiento de un gas de síntesis. Los elementos de las Figuras 4 y 5 llevan las mismas referencias que los de las Figuras 1 a 3 que representan los mismos objetos. Este recinto de introducción 1 difiere del presentado en el presente documento anteriormente en que no incluye un solo orificio de entrada 7 del gas de síntesis a tratar sino dos orificios de entrada 24, 25 que se colocan enfrentados y aguas abajo de la antorcha de plasma 3 de arco no transferido.

20 Los orificios de entrada 24, 25 que presentan en este caso una forma general de codo están orientados de manera que se introduzca el gas de síntesis, o unos gases de síntesis distintos, según una dirección distinta al eje de propagación 5 del chorro de plasma generado por dicha antorcha 3 de manera que se introduzca una zona de mezcla turbulenta entre el chorro de plasma 4 y el o los gases de síntesis. El eje principal 26 del codo de cada orificio de entrada 24, 25 puede ser perpendicular a este eje de propagación 5 del chorro de plasma o por el contrario estar inclinados de manera que el o los gases introducidos se envíen aguas arriba del recinto de introducción 1 de manera que se incremente el tiempo de estancia del o de estos gases de síntesis en el recinto de introducción 1.

30 Para aumentar aún más el tiempo de estancia del o de los gases a tratar en el recinto de introducción 1, los orificios de entrada 24, 25 pueden colocarse de manera diametralmente opuesta con relación al centro del recinto de introducción 1 de manera que provoquen una puesta en rotación de este o de estos gases de síntesis introducidos. Los orificios de entrada 24, 25 están entonces desplazados transversalmente relativamente entre sí.

35 La Figura 6 representa una vista parcial y en sección transversal de un recinto de introducción de un dispositivo de tratamiento de un gas de síntesis según la invención. Este recinto de introducción incluye un único orificio de entrada 7 unido al conducto de conducción del gas de síntesis a tratar por dicho dispositivo de tratamiento. Sin embargo, este orificio de entrada 7 está unido a una precámara 27, también denominada cámara de distribución, que se sitúa en el grosor de la pared del recinto de introducción 1. Esta última tiene por objeto modificar la dirección y uniformizar las velocidades de circulación del gas de síntesis a tratar que penetra en el orificio de entrada 7 del recinto de introducción. Al ser homogéneos los campos de velocidad en esta cámara de distribución 27, es posible transferir el gas de síntesis así obtenido aguas abajo de la antorcha de plasma, en una dirección distinta a la del eje de propagación distribuyéndole sobre 3 orificios 28-30. La forma de los orificios 28-30 y sus orientaciones se eligen ventajosamente para incluir un efecto de vórtice sobre el gas de síntesis así introducido con el fin de aumentar significativamente el tiempo de estancia en el volumen del recinto de introducción 1 situado aguas abajo del orificio de entrada 7. Teniendo en cuenta las reducidas velocidades de emergencia del gas de síntesis por los orificios 28-30, es porque el flujo de gas se pone en presencia de un chorro de plasma 4 (fuerte viscosidad y grandes velocidades) por lo que el vórtice puede existir aguas abajo en el reactor 2.

50 Este aumento del tiempo de estancia del gas de síntesis permite ventajosamente hacer al reactor 2 más corto lo que hace al dispositivo de tratamiento más compacto.

55 De manera más general, el recinto de introducción 1 incluye una cámara de distribución 27 que rodea al volumen interior de este recinto 1 en el que está destinado a propagarse el chorro de plasma 4. Esta cámara de distribución se une por una parte al orificio de entrada 7 del gas de síntesis a tratar y, por otra parte, a N orificios, siendo N superior a 2, en comunicación con el volumen interior del recinto de introducción 1.

## REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de tratamiento de un gas de síntesis, **caracterizado por que** el dispositivo incluye:

- 5 - un recinto de introducción (1) al que se une un reactor (2), teniendo cada uno de dicho recinto de introducción (1) y dicho reactor (2) un volumen interno delimitado por unas paredes recubiertas al menos parcialmente por elementos refractarios, estando dicho recinto (1) y dicho reactor (2) en comunicación de fluidos,  
 - incluyendo dicho recinto de introducción (1) una antorcha de plasma (3) de arco no transferido que tiene un eje principal, estando destinada dicha antorcha a generar un chorro de plasma (4) que tiene un eje de propagación (5) sustancialmente colineal con el eje principal de dicha antorcha,  
 10 - incluyendo dicho recinto de introducción (1) un orificio de entrada (7) colocado aguas abajo de dicha antorcha de plasma (3) para la introducción de un gas de síntesis de manera que se asegure su mezcla con dicho chorro de plasma (4),  
 - teniendo dicho reactor (2) una forma alargada sustancialmente cilíndrica, siendo el eje longitudinal de dicho reactor (2) sustancialmente colineal con el eje de propagación de dicho chorro de plasma (4), incluyendo dicho reactor (2) en su parte aguas abajo, un orificio de salida (10) de dicho gas de salida, y **por que**  
 15 - dicho recinto de introducción (1) incluye una cámara de distribución (27) que rodea el volumen interno de este recinto, estando unida por un lado dicha cámara de distribución (27) a un orificio de entrada (7) destinado a recibir el gas de síntesis a tratar e incluyendo por otro lado N orificios (28-30), siendo N superior a 2, en comunicación con el volumen interno de dicho recinto para distribuir en él el gas de síntesis con unas velocidades de circulación uniformizadas por dicha cámara de distribución (27).

2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado por que** teniendo cada uno de los N orificios (28-30) de la cámara de distribución (27) un eje principal, cada eje principal tiene una dirección distinta al eje de propagación de dicho chorro de plasma (4) para establecer una zona de mezcla turbulenta entre este chorro de plasma (4) y dicho gas de síntesis.

3. Dispositivo según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** incluye al menos un inyector de fluido (8) para ajustar la composición de dicho gas de síntesis a tratar, estando destinado dicho al menos un inyector (8) a introducir dicho fluido sustancialmente en la dirección de circulación de la mezcla de gas de síntesis/chorro de plasma.

4. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** estando colocados dichos inyectores (8) en la parte aguas abajo de dicho recinto de introducción (1) y/o en la parte aguas arriba de dicho reactor (2), dicha parte aguas abajo incluye una parte ensanchada (9) en el sentido de dicho eje de propagación (5) para disminuir la velocidad de dicha mezcla de gas de síntesis/chorro de plasma y optimizar la inyección de dicho fluido.

5. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** dicho recinto de introducción (1) y dicho reactor (2) incluyen unos orificios de inyección de un fluido de protección, estando unidos estos orificios a un circuito de inyección de dicho fluido.

6. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** teniendo dicho chorro de plasma (4) un diámetro d, dichos orificios de introducción de dicho gas de síntesis tienen un diámetro D que es tal que  $D/d$  es superior o igual a 10.

7. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** dicho orificio de salida (10) está unido a al menos un medio de enfriamiento (15, 16) de dicho gas de salida.

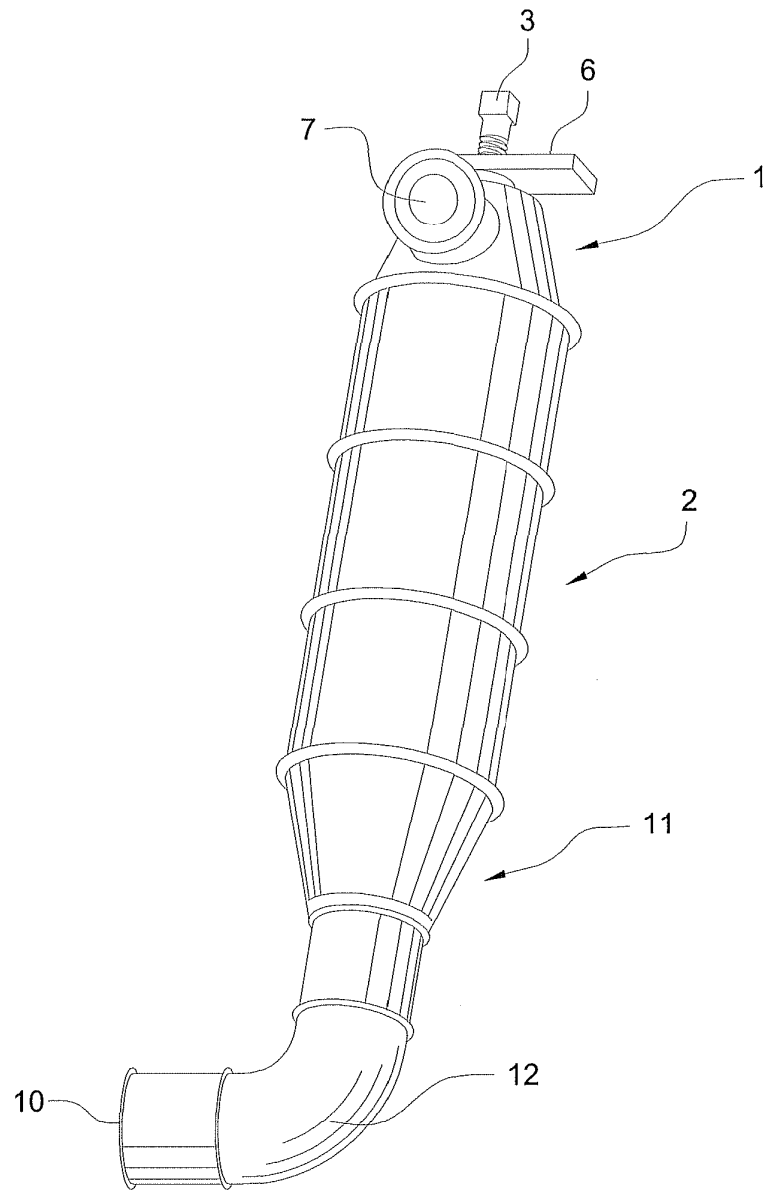
8. Sistema de tratamiento de desechos o de biomasa que comprende al menos una primera etapa de tratamiento de los desechos o de la biomasa que recibe dichos desechos o dicha biomasa y genera un gas de síntesis y una segunda etapa de tratamiento acoplada a dicha primera etapa para recibir dicho gas de síntesis, **caracterizado por que** dicha segunda etapa es un dispositivo de tratamiento de dicho gas de síntesis según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.

9. Sistema de producción de energía eléctrica a partir de desechos o de biomasa que comprende al menos una turbina de gas (21) o al menos un motor de gas, **caracterizado por que** dicho sistema de producción de energía eléctrica está equipado con un sistema de tratamiento de desechos o de biomasa según la reivindicación 8, y **por que** dicha al menos una turbina de gas (21), o dicho al menos un motor de gas, está accionado por dicho gas de salida generado por dicho sistema de tratamiento de desechos o de biomasa.

10. Sistema de producción de energía eléctrica según la reivindicación 9, **caracterizado por que** dicha al menos una turbina de gas (21) o dicho al menos un motor de gas generan un gas de escape, comprendiendo dicho sistema un circuito en bucle cerrado (23) que está unido por un lado a dicha al menos una turbina de gas (21) o a dicho al menos un motor de gas para recuperar dicho gas de escape y por otro lado, a al menos uno de los elementos elegidos en el grupo que comprende al menos un inyector (8), al menos un orificio de inyección, dicha antorcha de

plasma (3) y una combinación de estos elementos para introducir dicho gas de escape en dicho dispositivo de tratamiento, incluyendo dicho dispositivo en bucle cerrado (23) un compresor para comprimir dicho gas de escape antes de su introducción en dicho dispositivo.

- 5 11. Sistema de producción de un carburante de síntesis a partir de desechos o de biomasa, comprendiendo dicho sistema al menos un reactor catalítico, **caracterizado por que** dicho sistema está equipado con un sistema de tratamiento de desechos o de biomasa según la reivindicación 8.
- 10 12. Sistema de producción de un polímero de síntesis a partir de desechos o de biomasa, comprendiendo dicho sistema al menos un reactor catalítico, **caracterizado por que** dicho sistema está equipado con un sistema de tratamiento de desechos o de biomasa según la reivindicación 8.
- 15 13. Sistema según la reivindicación 11 o 12, **caracterizado por que** dicho reactor catalítico genera un producto gaseoso residual, dicho sistema comprende un circuito en bucle cerrado unido por un lado, a dicho reactor catalítico para recuperar dicho producto gaseoso residual y por otro lado, a al menos uno de los elementos elegidos en el grupo que comprende al menos un inyector, al menos un orificio de inyección, dicha antorcha de plasma y una combinación de estos elementos para introducir dicho producto gaseoso en dicho dispositivo de tratamiento, comprendiendo dicho circuito en bucle cerrado un compresor para comprimir dicho producto gaseoso residual antes de la introducción en dicho dispositivo.
- 20



**Fig. 1**

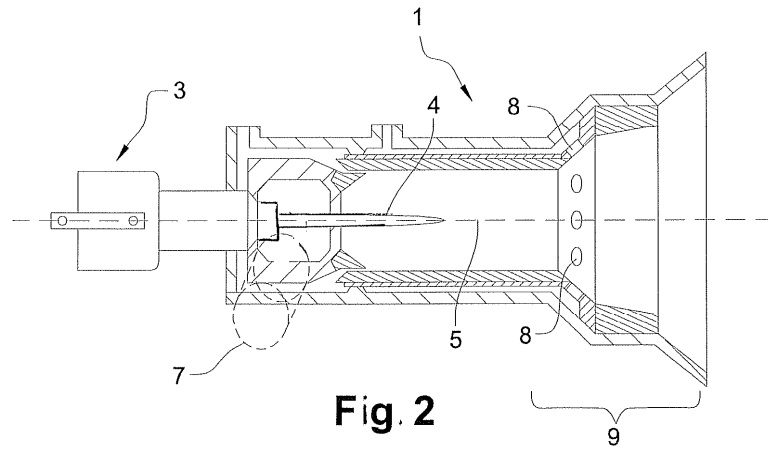


Fig. 2

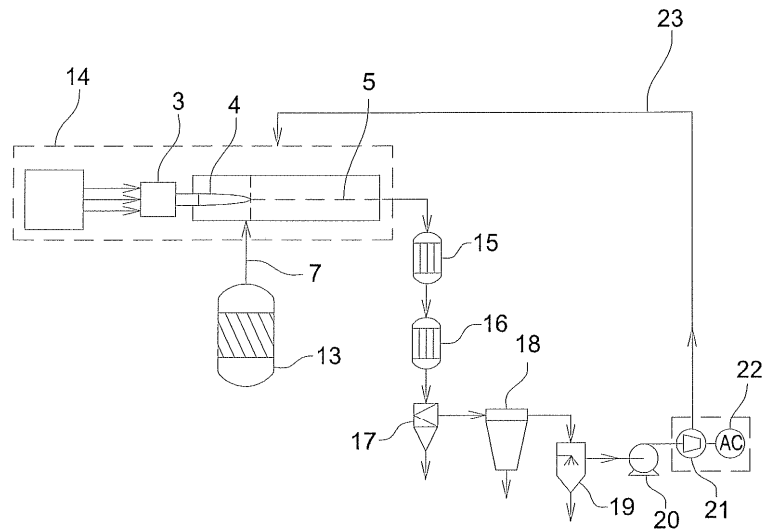


Fig. 3

FIG. 4

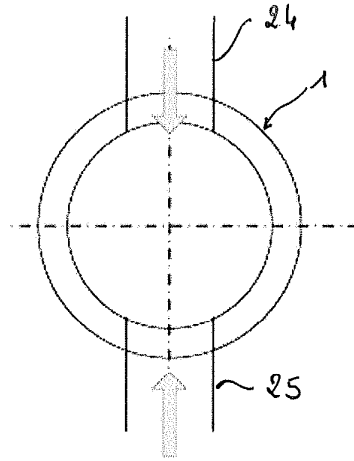
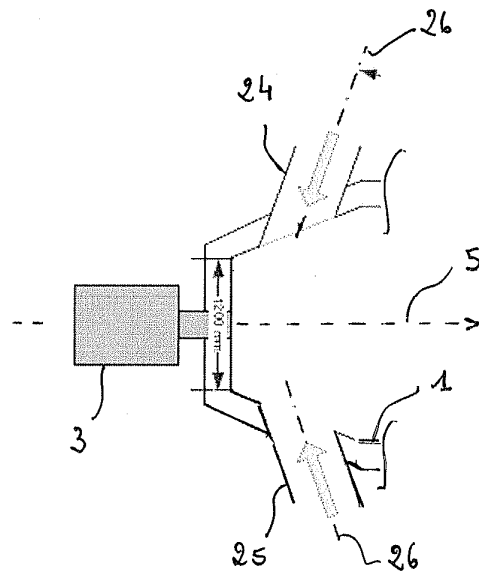


FIG. 5



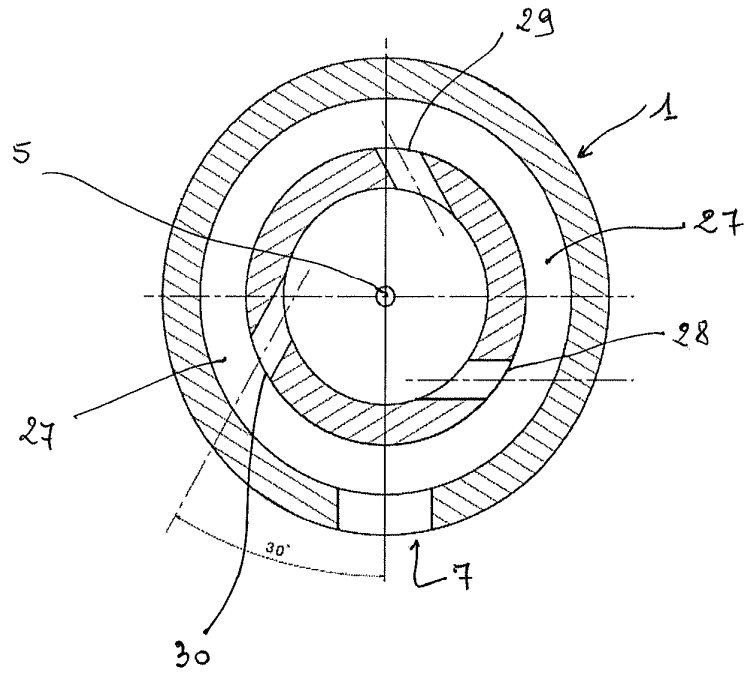


FIG. 6