

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 659 070**

51 Int. Cl.:

**H05H 1/48** (2006.01)

**H05H 1/50** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.05.2016** **E 16171896 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.11.2017** **EP 3102008**

54 Título: **Reactor de plasma frío giratorio y con forzamiento de flujo**

30 Prioridad:

**04.06.2015 FR 1555106**

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

**13.03.2018**

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET  
AUX ENERGIES ALTERNATIVES (100.0%)  
Bâtiment "Le Ponant D" 25, Rue Leblanc  
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**HOARDIN, LAURENT**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 659 070 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Reactor de plasma frío giratorio y con forzamiento de flujo

La presente invención se refiere a un reactor de plasma para la formación de un plasma en un fluido.

5 Hace varias decenas de años que se conocen aplicaciones encaminadas al tratamiento de los gases por vías de plasma. El campo de la química de los procedimientos las pone en práctica a diario para disociar o combinar moléculas en fase gaseosa o líquida.

10 El énfasis puesto en la investigación sobre la retroconversión del carbono ha llevado al desarrollo de diversos reactores cuya principal motivación era la optimización de los rendimientos. La publicación "Carbon Dioxide Decomposition by plasma Methods and Application of High Energy and High Density plasmas in Material Processing and Nanostructures" de 2010, a nombre de Srivastava y Kobayashi, establece una relación de algunos utilizados para el craqueo del dióxido de carbono (descomposición del dióxido de carbono en oxígeno y carbono). La figura 1 de esta publicación anterior ilustra un reactor de plasma convencional que comprende una antorcha de plasma basada en argón, cuyo chorro de plasma es generado por un arco a presión atmosférica entre un electrodo aguas arriba central, con forma de espiga, y un electrodo aguas abajo perimetral, con forma de arandela achaflanada en su centro, estando los electrodos sometidos a una corriente continua. La antorcha de plasma se establece en un extremo axial de un tubo de cuarzo que delimita una cámara de reacción. El fluido que va a craquearse (dióxido de carbono) se introduce radialmente en el dispositivo en correspondencia con la salida de la antorcha de plasma, en la entrada del tubo de cuarzo. Un inconveniente de tal reactor de antorcha de plasma es que es relativamente complejo en su puesta en práctica y en su integración en un sistema más grande, especialmente debido a la necesaria presencia de una reserva y de una alimentación con argón a la antorcha de plasma, y a la alimentación del reactor con fluido que ha de craquearse según una dirección radial. Es dificultosa, por los mismos motivos, la organización de varios reactores en serie o en paralelo.

15 Se puede igualmente observar un reactor de plasma catalítico en la figura 1 de la publicación "Conversion of carbon oxides into a membrane in a nonthermal plasma-catalytic reactor" de 2011, a nombre de Jwa, Mok y Lee, utilizado para la metanización del dióxido de carbono (conversión del dióxido de carbono en metano, por reacción con hidrógeno). Tal reactor de plasma catalítico comprende un tubo de cuarzo, en el centro del cual se ubica un electrodo de espiga que actúa como electrodo de descarga, y en el exterior del cual se arrolla una hoja de cobre en funciones de electrodo de masa. El conjunto se ubica dentro de un horno tubular destinado a calentar reactivos (hidrógeno y dióxido de carbono) y catalizadores a 200-300 °C. El electrodo de descarga se somete a una corriente alterna de alta tensión (entre 6,5 y 10,3 kV) a una frecuencia de 1 kHz. Tal reactor de plasma catalítico es más simple y más compacto que el reactor de antorcha de plasma descrito anteriormente, pero la probabilidad de que una molécula del fluido que ha de convertirse circule por el tubo de cuarzo atravesado por un arco generado entre los dos electrodos no deja de ser baja, pudiendo surgir arcos en toda la longitud y toda la circunferencia del tubo de cuarzo de manera puntual y aleatoria.

20 Por el documento US 3.378.713 se da a conocer un reactor de plasma que comprende un arco giratorio.

La invención trata de paliar estos inconvenientes proponiendo un reactor de plasma frío de diseño sumamente simple, compacto, económico y de rendimiento controlado. En una versión preferida, la invención provee un reactor que puede ser fabricado a partir de elementos disponibles en el mercado a buen precio, y con pocas modificaciones.

25 La invención propone un reactor de plasma para la formación de un plasma en un fluido en circulación, comprendiendo el reactor:

- ✓ un primer y un segundo electrodo conexiónados a una fuente de tensión alterna, para la creación de arcos eléctricos entre dichos primer y segundo electrodos a efectos de generación de un plasma en el fluido en circulación,
- ✓ una porción de recinto que delimita una cámara de reacción en cuyo interior se genera el plasma.

30 El reactor según la invención está caracterizado por que:

- ✓ el primer electrodo comprende una espiga central establecida sobre un eje central del reactor, cuya espiga central está envuelta con un aislador a excepción de un extremo aguas abajo, que sobresale del aislador, y de una zona aguas arriba de conexión que, por tanto, permanece accesible,
- ✓ el segundo electrodo comprende un cuerpo tubular perimetral que rodea el aislador y que presenta un extremo de descarga situado dentro de la cámara de reacción,
- ✓ el reactor comprende un disco conductor, denominado en la presente memoria disco de control, que presenta una cara anterior unida al extremo aguas abajo de la espiga central del primer electrodo,

- ✓ el reactor comprende un imán permanente presionado contra una cara posterior del disco de control
  - ✓ en la cara anterior del disco de control hay practicadas una o varias ranuras o nervaduras según un motivo en relieve que define puntas sucesivas de arranque de arco eléctrico distribuidas alrededor del eje central del reactor, al objeto de generar arcos eléctricos situados sobre un cono, llamado cono de reacción (abarcando el término "cono", en la presente memoria, superficies cónicas, cilíndricas o de forma menos regular), cuyos arcos eléctricos aparecen como giratorios alrededor del eje central. Por ejemplo, la cara anterior del disco de control presenta al menos una nervadura circular centrada en el eje central. Esta nervadura puede ser la zona de borde común de dos ranuras circulares adyacentes obtenidas mediante grabado de la cara anterior del disco de control.
- 5
- ✓ El reactor presenta un espacio cilíndrico de circulación entre el cuerpo tubular del segundo electrodo y el aislador, espacio cilíndrico de circulación en el que se introduce el fluido y del que vuelve a salir en el interior del cono de reacción.
- 10

Conexionando los electrodos primero y segundo a una fuente de tensión, aparece una diferencia de potencial entre los electrodos primero y segundo, más concretamente entre el extremo de descarga del cuerpo tubular del segundo electrodo y la cara anterior del disco de control que prolonga la espiga central del primer electrodo. A partir de un umbral de diferencia de potencial dado, se forma un arco eléctrico entre los dos electrodos.

15

La presencia del imán crea un campo magnético que influye en la forma de este arco eléctrico y lo desplaza. Las sucesivas puntas arbitradas en la cara anterior del disco de control definen los puntos donde van a surgir los arcos.

Conexionando los electrodos primero y segundo a una fuente de tensión alterna, se forman arcos sucesivamente sobre dichas puntas, siguiendo el motivo en relieve de la cara anterior del disco de control, dando la impresión de un arco eléctrico giratorio alrededor del eje central del reactor. Esta es la razón por la que el reactor según la invención puede calificarse de reactor de plasma giratorio.

20

En otras palabras, el disco de control permite tener controlada la localización y el desplazamiento de los arcos eléctricos que se forman en la cámara de reacción.

Escogiendo una frecuencia adecuada para la fuente de alterna, la velocidad de desplazamiento de este arco giratorio puede ser suficiente para generar una a modo de cortina tubular de plasma prácticamente continua y constante, designando la expresión "cortina tubular de plasma" una cortina tubular de arcos eléctricos sucesivos aptos para transformar el fluido en plasma (con el fin de obtener la reacción que interese). Esta cortina tubular de plasma puede ser cónica, cilíndrica o de forma menos regular, según el motivo en relieve de la cara anterior del disco de control.

25

30

Merced al espacio cilíndrico de circulación previsto entre el aislador y el cuerpo tubular del segundo electrodo, el fluido llega dentro de cámara de reacción en la proximidad del eje central (alrededor de la espiga central del primer electrodo), en el interior de la cortina tubular de plasma, y se ve forzado a atravesar dicha cortina tubular de plasma. Esta es la razón por la que el reactor según la invención puede calificarse de reactor de plasma giratorio y con forzamiento de flujo. En un reactor según la invención, el fluido se pone en circulación preferentemente de manera continua con un caudal constante.

35

La frecuencia de la fuente eléctrica que permite maximizar el rendimiento (es decir, maximizar la probabilidad de que una molécula del fluido vaya al encuentro de un arco eléctrico) depende de diversos factores, entre ellos: el caudal de alimentación de fluido que puede depender de la aplicación de que se trate y del sistema en el que se integre el reactor (se comprenderá que, cuanto más grande sea este caudal, mayor tendrá que ser la velocidad de desplazamiento del arco en giro alrededor del eje central del reactor); la geometría del conjunto del reactor y, en particular, la distancia entre el extremo de descarga del cuerpo tubular del segundo electrodo y cada punta de la cara anterior del disco de control. Un experto en la materia está capacitado para determinar esta frecuencia óptima de utilización.

40

Preferentemente, el extremo de descarga del cuerpo tubular del segundo electrodo es plano, en otras palabras, desprovisto de punta. Como consecuencia de ello, el arco eléctrico puede, *a priori*, producirse espontáneamente en cualquier punto de este extremo de descarga.

45

De acuerdo con una posible característica, el cuerpo tubular del segundo electrodo lleva perforados agujeros de circulación que se abren al espacio cilíndrico de circulación, y el fluido se introduce en el espacio cilíndrico de circulación por estos agujeros de circulación. Los agujeros de circulación pueden estar perforados según direcciones radiales u ocasionalmente según direcciones inclinadas entre una dirección radial y la dirección axial.

50

De acuerdo con una posible característica, el disco de control y el imán permanente presentan sendos diámetros superiores a un diámetro externo del extremo de descarga del cuerpo tubular del segundo electrodo. Se puede obtener entonces una cortina tubular de plasma cónica. Los respectivos diámetros del disco de control y del imán permanente pueden ser diferentes o, preferentemente, idénticos.

55

De acuerdo con una posible característica, la porción de recinto que delimita la cámara de reacción es de un material transparente (a la luz visible), por ejemplo de polimetilmetacrilato, con el fin de poder observar a simple vista la cortina tubular de plasma y la reacción.

- 5 De acuerdo con una posible característica, el reactor además comprende una porción de recinto en configuración de alargadera, que prolonga axialmente en sentido aguas arriba la porción de recinto que delimita la cámara de reacción. El fluido, entonces, se introduce ventajosamente axialmente en la porción de recinto en configuración de alargadera. En primer lugar, circula según la dirección axial entre el aislador y la porción de recinto en configuración de alargadera y, luego, atraviesa el cuerpo tubular del segundo electrodo (por ejemplo, sensiblemente radialmente) por los agujeros de circulación del mismo, a continuación de los cuales circula nuevamente axialmente en su conjunto por el espacio cilíndrico de circulación entre el cuerpo tubular del segundo electrodo y el aislador, para desembocar en la parte central del cono de reacción (donde se forma la cortina tubular de plasma) dentro de la cámara de reacción; entonces, es desviado radialmente hacia el exterior por la presencia del disco de control, para atravesar el cono de reacción y, luego, el fluido (entonces, esencialmente, productos de reacción) vuelve a salir de la cámara de reacción preferentemente sensiblemente axialmente.
- 10
- 15 De acuerdo con una posible característica, la porción de recinto en configuración de alargadera es de un material transparente para permitir un control visual del fluido en circulación.

De acuerdo con una posible característica, el reactor comprende:

- ✓ una arandela plana conductora vinculada a la zona de conexión de la espiga central del primer electrodo, y
  - ✓ una primera clavija en contacto con dicha arandela plana conductora para la conexión del primer electrodo a la fuente de tensión alterna, estando configurada la arandela plana conductora, además, para permitir su fijación a la porción de recinto en configuración de alargadera.
- 20

Preferentemente, esta arandela plana conductora lleva perforadas axialmente aberturas para el paso del fluido, el cual, en este caso, se puede introducir en el reactor, preferentemente axialmente, aguas arriba de dicha arandela plana conductora.

- 25 De acuerdo con una posible característica, el reactor comprende:
- ✓ una arandela cónica conductora que tiene una cúspide vinculada al cuerpo tubular del segundo electrodo aguas abajo de los agujeros de circulación del mismo y una base situada aguas arriba de dichos agujeros de circulación, cuya base se prolonga en una corona de conexión configurada para permitir su fijación a la porción de recinto que delimita la cámara de reacción y también, preferentemente, en su caso, a la porción de recinto en configuración de alargadera, y
  - ✓ una segunda clavija en contacto con la corona de conexión de la arandela cónica conductora para la conexión del segundo electrodo a la fuente de tensión alterna.
- 30

- 35 Por lo tanto, la arandela cónica conductora sirve a la vez para la alimentación de electricidad al segundo electrodo y para la canalización del fluido: por una parte, permite conexionar, de manera simple, el cuerpo tubular del segundo electrodo a una clavija; por otra parte, determina un tope cónico para el fluido que llega axialmente, tope cónico que desvía el fluido hacia el eje central y, así, fuerza el fluido hacia los agujeros de circulación del cuerpo tubular del segundo electrodo.

- 40 De acuerdo con una posible característica, el reactor comprende una boquilla de entrada, preferentemente determinada por un enlace normalizado, por ejemplo de tipo DN 16, establecida aguas arriba de la porción de recinto en configuración de alargadera (o, en su defecto, de la porción de recinto que delimita la cámara de reacción) y fijada a la misma.

De acuerdo con una posible característica, el reactor comprende una boquilla de salida, preferentemente determinada por un enlace normalizado, por ejemplo de tipo DN 16, establecida aguas abajo de la porción de recinto que delimita la cámara de reacción y fijada a la misma.

- 45 En una versión preferida particularmente económica, la invención se basa en la utilización de una bujía de encendido convencional de vehículo automóvil, que está ligeramente modificada según se explica seguidamente. El reactor según la invención comprende entonces una bujía de encendido, que incluye un electrodo central de espiga y un cuerpo de bujía desprovisto de electrodo de masa saliente, determinando el electrodo central de espiga de la bujía de encendido la espiga central del primer electrodo del reactor, determinando el cuerpo de bujía de la bujía de encendido el cuerpo tubular del segundo electrodo del reactor, correspondiéndose el aislador de la bujía de encendido con el aislador del reactor definido más arriba.
- 50

Se necesitan, pues, dos modificaciones menores de la bujía de encendido tradicional: el electrodo de masa saliente que prolonga el cuerpo de bujía y encara el extremo aguas abajo del electrodo central en la bujía tradicional está seccionado en su base, al objeto de que el cuerpo de bujía presente un extremo circular plano (que se corresponde

con el extremo de descarga del segundo electrodo del reactor); el cuerpo de bujía lleva perforados agujeros de circulación, sensiblemente radialmente o según una dirección inclinada (entre una dirección radial y la dirección axial, y en sentido aguas abajo, es decir, hacia el extremo de descarga de la bujía).

5 La invención se hace extensiva a un reactor de plasma giratorio caracterizado en combinación por la totalidad o parte de las características mencionadas antes y seguidamente.

Otros detalles y ventajas de la presente invención se irán poniendo de manifiesto con la lectura de la siguiente descripción, que hace referencia a los dibujos esquemáticos que se acompañan y trata de formas preferentes de realización, proporcionadas a título de ejemplos no limitativos. En estos dibujos:

10 La figura 1 es una vista esquemática de perfil de una forma preferente de realización de un reactor de plasma giratorio según la invención.

La figura 2 es una vista esquemática desde el frente del reactor de plasma giratorio de la figura 1.

La figura 3 es una sección longitudinal según el plano B'B, tal como está señalado en la figura 2, del reactor de plasma de la figura 1.

La figura 4 es una ampliación de una porción del reactor de plasma de la figura 3,

15 La figura 5 es una vista esquemática desde el frente de un disco de control según la invención, y

La figura 6 es una sección longitudinal del disco de control de la figura 5.

De conformidad con la versión preferida de la invención, el reactor ilustrado en las figuras 1 a 3 comprende esencialmente: una bujía de encendido 2, un recinto 10, un imán permanente 3, un disco de control 4 y una fuente eléctrica 7.

20 El recinto 10 comprende una porción de recinto 11 que delimita una cámara de reacción 19, una porción de recinto 12 en configuración de alargadera, una boquilla de entrada 13 determinada por un enlace normalizado de tipo DN 16, por la que se introduce axialmente el fluido (reactivos) en el reactor, y una boquilla de salida 14 determinada por un enlace normalizado de tipo DN 16, por la que el fluido (productos de reacción y ocasionales reactivos que no hayan reaccionado) sale axialmente del reactor. El recinto 10 tiene simetría de revolución alrededor  
25 de un eje central 1. Las porciones de recinto 11 y 12 son esencialmente cilíndricas –de sección circular–, a excepción de sus extremos axiales, que son en forma de collarín. Estas porciones de recinto 11 y 12 son de un material estructurante, preferentemente transparente y ligero, tal como el polimetilmetacrilato, conocido con el nombre comercial Plexiglas®. La utilización de enlaces normalizados para la realización de las boquillas de entrada 13 y de salida 14 facilita la integración del reactor según la invención en un sistema y asimismo facilita la  
30 interconexión en serie de varios reactores según la invención.

En toda la descripción, los términos “aguas arriba” y “aguas abajo” hacen referencia a la dirección axial definida por el eje central 1 del reactor y al sentido de circulación de conjunto del fluido 5. En las figuras 1 y 3, este sentido de circulación de conjunto va de la izquierda hacia la derecha.

35 La bujía de encendido 2 es una bujía de encendido tradicional para vehículo automóvil de gasolina, en la que cabe reconocer un electrodo central 21 de espiga (llamada en lo sucesivo espiga central 21), un aislador 23 de cerámica y un cuerpo de bujía 22 metálico. La espiga central 21 presenta, de manera usual, un extremo aguas abajo 25, que discurre axialmente saliente del aislador 23, y un extremo opuesto que también se halla “desnudo” (es decir, desprovisto de aislador en su periferia), al objeto de ofrecer una zona de conexión 24.

40 Por motivo de la presencia de un reborde en el aislador 23, aparece un espacio cilíndrico 28, denominado en la presente memoria espacio cilíndrico de circulación, entre el aislador 23 y el cuerpo de bujía 22 en la proximidad del extremo aguas abajo 25 de la espiga central 21.

La espiga central 21 de la bujía de encendido 2 forma parte de un primer electrodo del reactor de plasma, en tanto que el cuerpo de bujía 22 forma parte de un segundo electrodo del reactor de plasma.

45 La bujía de encendido 2 se establece en el interior del recinto 10 al objeto de que su eje central coincida con el eje central 1 del reactor y de que el extremo aguas abajo 25 de su electrodo central 21 quede situado dentro de la cámara de reacción 19 del reactor.

La bujía de encendido 2 tradicional ha sufrido dos modificaciones:

- ✓ se han practicado, en el cuerpo de bujía 22, agujeros de circulación 26 de ejes radiales y que abocan en el espacio cilíndrico de circulación 28;
- 50 ✓ se ha seccionado el electrodo de masa que por lo común prolonga el cuerpo de bujía determinando una patilla saliente encarada con el extremo aguas abajo 25 del electrodo central (por lo tanto, no aparece en

las figuras), de modo que el cuerpo de bujía 22 presenta una cara extrema 27, denominada en la presente memoria extremo de descarga, que es plana (discurre en un plano transversal ortogonal al eje central 1).

El imán permanente 3 es un imán con forma de disco cuyo eje coincide con el eje central 1 del reactor. Se trata ventajosamente de un imán de neodimio.

5 El disco de control 4 es de un material conductor de electricidad, por ejemplo de cobre. Presenta una cara anterior 40, descrita con mayor detalle más adelante, y una cara posterior que está adosada al imán permanente 3 y es de igual diámetro que este último. A semejanza del imán permanente 3, el disco de control 4 está centrado en el eje central 1 del reactor.

10 En su centro, la cara anterior 40 del disco de control 4 presenta un tetón 41 que la une con el extremo aguas abajo 25 de la espiga central 21 de la bujía de encendido. Así, el disco de control 4 prolonga la espiga central 21 y forma parte del primer electrodo del reactor.

15 La cara anterior 40 del disco de control presenta zonas ahuecadas concéntricas, obtenidas, por ejemplo, por grabado: una primera zona central 42 con fondo plano y ángulos matados, tres ranuras circulares 43 y un chaflán externo 44. Estas zonas grabadas determinan cuatro nervaduras circulares concéntricas 45 que definen cuatro círculos de arranque de arcos eléctricos.

20 En funcionamiento, se producen arcos eléctricos por efecto de la diferencia de potencial entre los dos electrodos, entre el extremo de descarga 27 del cuerpo de bujía (segundo electrodo del reactor) y la cara anterior 40 del disco de control (primer electrodo del reactor). Estos arcos eléctricos determinan un cono de reacción 6 que genera una cortina tubular de plasma. La referencia 6 designa tanto el cono de reacción (en cuanto forma geométrica en la que se inscriben los arcos eléctricos generados) como la cortina tubular de plasma (resultante del efecto de los arcos eléctricos sobre el fluido en circulación).

25 La forma circular de las nervaduras 45 previstas en la cara anterior 40 del disco de control es ventajosa habida cuenta de la simetría de revolución del imán permanente 3 y del campo magnético que éste genera. Esta forma circular permite obtener un arco eléctrico giratorio que se desplaza a velocidad constante. Limita los riesgos de interrupción de la cortina tubular de plasma 6 obtenida.

30 La presencia, en la cara anterior 40 del disco 4, de varias nervaduras circulares 45 de diámetros diferentes permite disponer de varios círculos de arranque de arco eléctrico situados a diferentes distancias del otro electrodo (extremo de descarga 27 del cuerpo de bujía). Así, se ven multiplicadas las posibilidades de activar con facilidad un arco eléctrico y de mantener una cortina de plasma giratorio y, por añadidura, un mismo disco puede ser utilizado para diferentes aplicaciones. Por lo tanto, de acuerdo con la invención, basta con que la cara anterior del disco de control presente al menos una nervadura circular.

35 En el ejemplo no limitativo ilustrado, la distancia según la dirección axial entre el extremo de descarga 27 del cuerpo de bujía y la cara anterior 40 del disco de control es de 5,2 mm. La distancia entre un punto de la arista circular externa del extremo de descarga 27 del cuerpo de bujía y un punto del disco de control 4 situado en el mismo plano y sobre la nervadura 45 de menor diámetro es de 5,5 mm. El diámetro del disco de control 4 y del imán permanente 3 es de 22 mm. La profundidad de la zona grabada 42 y las ranuras 43 es de 0,5 mm. La pendiente de las nervaduras 45 es de 45°.

40 De entre los parámetros más influyentes en el funcionamiento del reactor, cabe citar: el radio de la nervadura del disco de control 4, la distancia entre esta nervadura y el extremo de descarga 27 del cuerpo de bujía, las características del imán permanente 3, el caudal y la presión de los reactivos presentes, la tensión (y, por tanto, la diferencia de potencial entre los dos electrodos del reactor) y la frecuencia de la fuente eléctrica 7. Estos diversos parámetros habrán de optimizarse en función de la aplicación de que se trate. Las dimensiones indicadas anteriormente a título de ejemplos pueden, según la aplicación que se contemple, no ser óptimas.

45 El reactor además comprende una arandela plana 29, unida en su centro a la zona de conexión 24 de la espiga central 21 y fijada, por un lado, a un extremo aguas abajo de la boquilla de entrada 13 y, por el otro lado, a un extremo aguas arriba de la porción de recinto 12 en configuración de alargadera. En un taladro radial de esta arandela plana 29 se enrosca una espiga roscada 31. Esta espiga roscada 31 sirve de clavija para la conexión eléctrica del primer electrodo del reactor a la fuente de tensión alterna 7. La arandela plana 29 lleva perforadas una pluralidad de aberturas 30 según la dirección axial, que permiten el paso del fluido desde la boquilla de entrada 13 hacia la alargadera 12.

50 El reactor además comprende una arandela cónica 32, la cúspide perforada de cuyo cono abraza el cuerpo de bujía 22 aguas abajo de los agujeros de circulación 26, y la base de cuyo cono se prolonga en un collarín fijado, por un lado, a un extremo aguas abajo de la porción de recinto 12 en configuración de alargadera y, por el otro lado, a un extremo aguas arriba de la porción de recinto 11 que delimita la cámara de reacción. En este collarín se ha practicado un taladro radial para la recepción de una espiga roscada 33 que sirve de clavija para la conexión eléctrica del segundo electrodo del reactor a la fuente de tensión alterna. La forma cónica de la arandela 32 obliga al

5 fluido que llega axialmente desde la boquilla de entrada 13 y la alargadera 12 hacia los agujeros de circulación 26. La manera (medios utilizados, tales como bomba, caudal elegido, etc.) en que se desempeña la circulación del fluido por el sistema en el que se integra el reactor depende de la aplicación en cuestión y es indiferente para la presente invención. El fluido se puede introducir en el reactor, por ejemplo, con el concurso de una bomba (no representada) establecida aguas arriba o aguas abajo del mismo. En el interior del reactor, el trayecto de circulación del fluido se puede observar en la figura 1.

10 Tal como se puede advertir, el conjunto del reactor puede fabricarse a partir de elementos simples y corrientes, disponibles en el mercado a precios asequibles, cuando no bajos. El conjunto obtenido es muy compacto: el ejemplo ilustrado (fuente de alimentación 7 aparte) tiene un diámetro externo máximo de 55 mm (diámetro externo de la arandela plana 29 y del collarín de la arandela cónica 32) y una longitud de 153 mm. El reactor proporciona un rendimiento muy bueno, que puede ser optimizado fácilmente, especialmente adaptando la distancia entre el extremo de descarga 27 del segundo electrodo y el disco de control 4, así como el motivo en relieve previsto en la cara anterior 40 de este último, especialmente en función de la reacción que interese y del caudal del fluido.

15 La invención puede ser objeto de numerosas variantes con respecto a las formas de realización antes descritas e ilustradas, por ejemplo en la elección de los materiales utilizados, en las dimensiones, etc., con tal de que las mismas se mantengan dentro del ámbito definido por las reivindicaciones que se acompañan.

**REIVINDICACIONES**

1. Reactor de plasma para la formación de un plasma en un fluido en circulación, comprendiendo el reactor:
  - 5 ✓ un primer (21, 4, 29, 31) y un segundo electrodo (22, 32, 33) conexiónados a una fuente de tensión alterna (7), para la creación de arcos eléctricos entre dichos primer y segundo electrodos a efectos de generación de un plasma en el fluido en circulación,
  - ✓ una porción de recinto (11) que delimita una cámara de reacción (19) en cuyo interior se genera el plasma,
  - ✓ el primer electrodo comprende una espiga central (21) establecida sobre un eje central (1) del reactor, cuya espiga está envuelta con un aislador (23) a excepción de un extremo aguas abajo (25), que sobresale del aislador, y de una zona de conexión (24),
  - 10 ✓ el segundo electrodo comprende un cuerpo tubular (22) que rodea el aislador (23) y que presenta un extremo de descarga (27) situado dentro de la cámara de reacción (19),
  - ✓ el reactor comprende un disco de control (4), que es conductor y que presenta una cara anterior (40) unida al extremo aguas abajo (25) de la espiga central del primer electrodo,
  - ✓ el reactor comprende un imán permanente (3) presionado contra una cara posterior del disco de control (4),
  - 15 ✓ en la cara anterior (40) del disco de control hay practicadas una o varias ranuras (42, 43, 44) o nervaduras (45) según un motivo en relieve que define puntas sucesivas (45) de arranque de arco eléctrico distribuidas alrededor del eje central (1) del reactor, al objeto de generar arcos eléctricos que se sitúan sobre un cono de reacción (6) y que aparecen como giratorios alrededor del eje central (1),
  - 20 ✓ el reactor presenta un espacio cilíndrico de circulación (28) entre el cuerpo tubular (22) del segundo electrodo y el aislador (23), espacio cilíndrico de circulación (28) en el que se introduce el fluido y del que vuelve a salir en el interior del cono de reacción (6).
2. Reactor de plasma según la reivindicación 1, caracterizado por que el motivo en relieve de la cara anterior (40) del disco de control comprende al menos una nervadura (45) circular.
- 25 3. Reactor de plasma según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que el extremo de descarga (27) del cuerpo tubular del segundo electrodo es plano.
4. Reactor de plasma según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizado por que el cuerpo tubular (22) del segundo electrodo lleva perforados agujeros de circulación (26) que se abren al espacio cilíndrico de circulación (28).
- 30 5. Reactor de plasma según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizado por que el disco de control (4) y el imán permanente (3) presentan sendos diámetros superiores a un diámetro externo del extremo de descarga (27) del cuerpo tubular del segundo electrodo.
6. Reactor de plasma según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizado por que la porción de recinto (11) que delimita la cámara de reacción es de un material transparente.
- 35 7. Reactor de plasma según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizado por que el reactor comprende una porción de recinto (12) en configuración de alargadera, que prolonga axialmente en sentido aguas arriba la porción de recinto (11) que delimita la cámara de reacción.
8. Reactor de plasma según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizado por que comprende:
  - ✓ una arandela plana conductora (29) vinculada a la zona de conexión (24) de la espiga central del primer electrodo, y
  - 40 ✓ una primera clavija (30) en contacto con dicha arandela plana conductora (29) para la conexión del primer electrodo a la fuente de tensión alterna (7), estando configurada la arandela plana conductora (29), además, para permitir su fijación a la porción de recinto (12) en configuración de alargadera,
  - ✓ llevando la arandela plana conductora (29) perforadas axialmente aberturas (30) para el paso del fluido.
9. Reactor de plasma según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizado por que comprende:
  - 45 ✓ una arandela cónica conductora (32) que tiene una cúspide vinculada al cuerpo tubular (22) del segundo electrodo aguas abajo de los agujeros de circulación (26) del mismo y una base situada aguas arriba de dichos agujeros de circulación, cuya base se prolonga en una corona de conexión configurada para permitir

su fijación a la porción de recinto (11) que delimita la cámara de reacción, y

- ✓ una segunda clavija (33) en contacto con la corona de conexión de la arandela cónica conductora (32) para la conexión del segundo electrodo a la fuente de tensión alterna (7).

10. Reactor de plasma según la reivindicación 7, caracterizado por que comprende:

- 5 ✓ un boquilla de entrada (13) determinada por un enlace normalizado, establecida aguas arriba de la porción de recinto (12) en configuración de alargadera y fijada a la misma,
- ✓ una boquilla de salida (14), determinada por un enlace normalizado, establecida aguas abajo de la porción de recinto (11) que delimita la cámara de reacción y fijada a la misma.

10 11. Reactor de plasma según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizado por que comprende una bujía de encendido (2), que incluye un electrodo central de espiga y un cuerpo de bujía desprovisto de electrodo de masa saliente, determinando el electrodo central de espiga de la bujía de encendido la espiga central (21) del primer electrodo del reactor, determinando el cuerpo de bujía de la bujía de encendido el cuerpo tubular (22) del segundo electrodo del reactor, correspondiéndose el aislador de la bujía de encendido con el aislador (23) del reactor.

Fig. 2

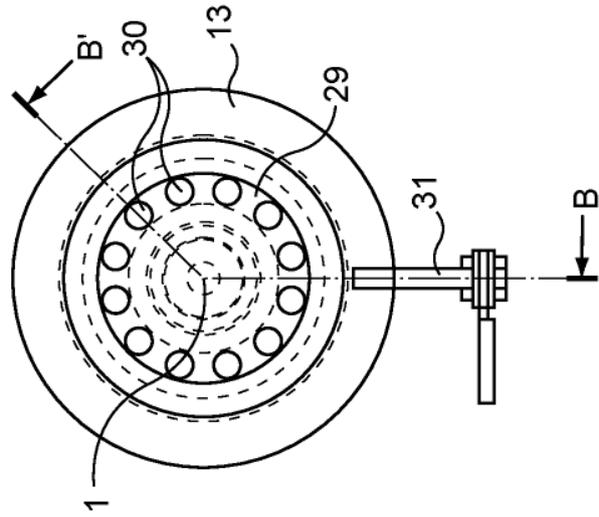


Fig. 1

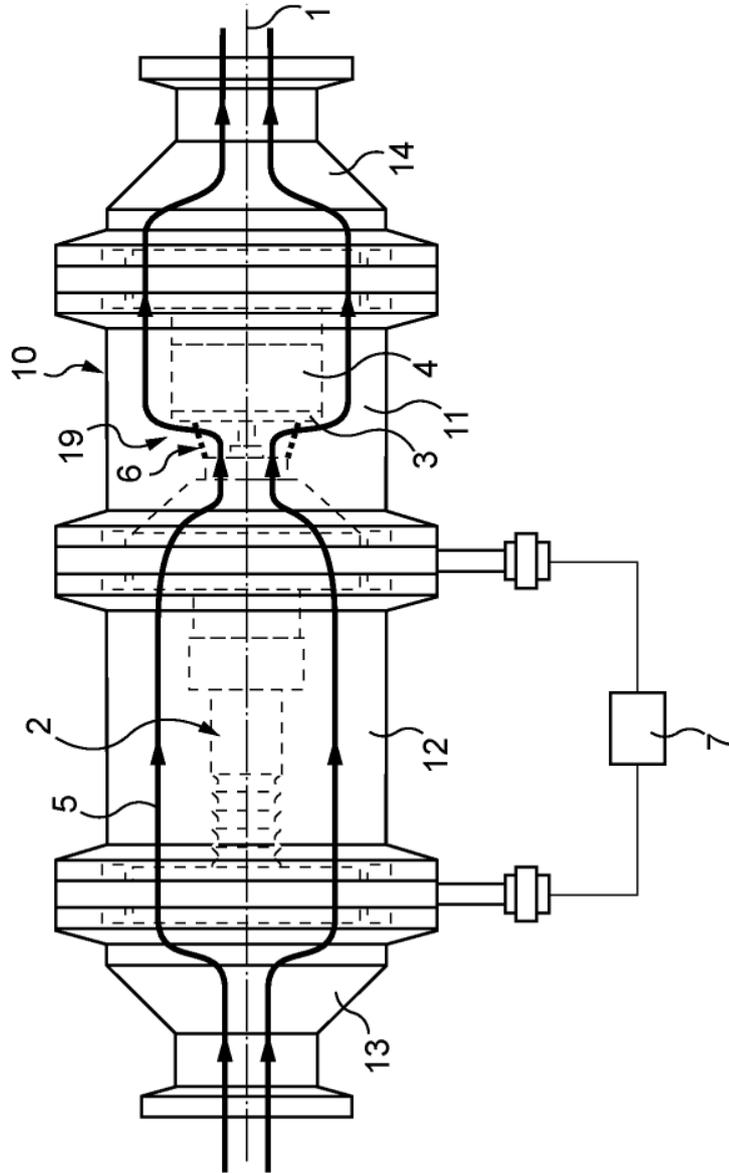


Fig. 4

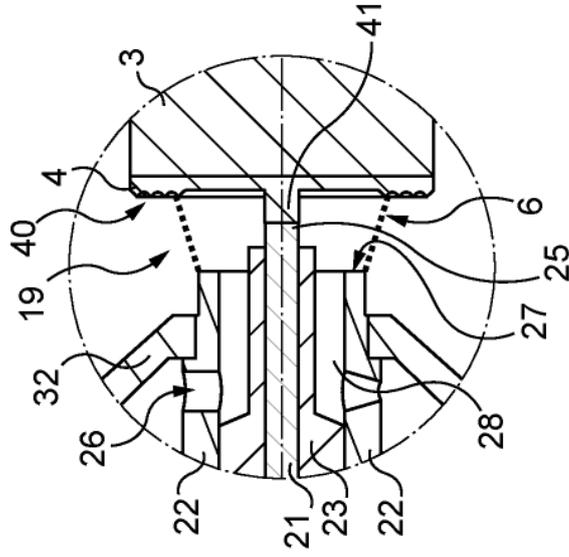
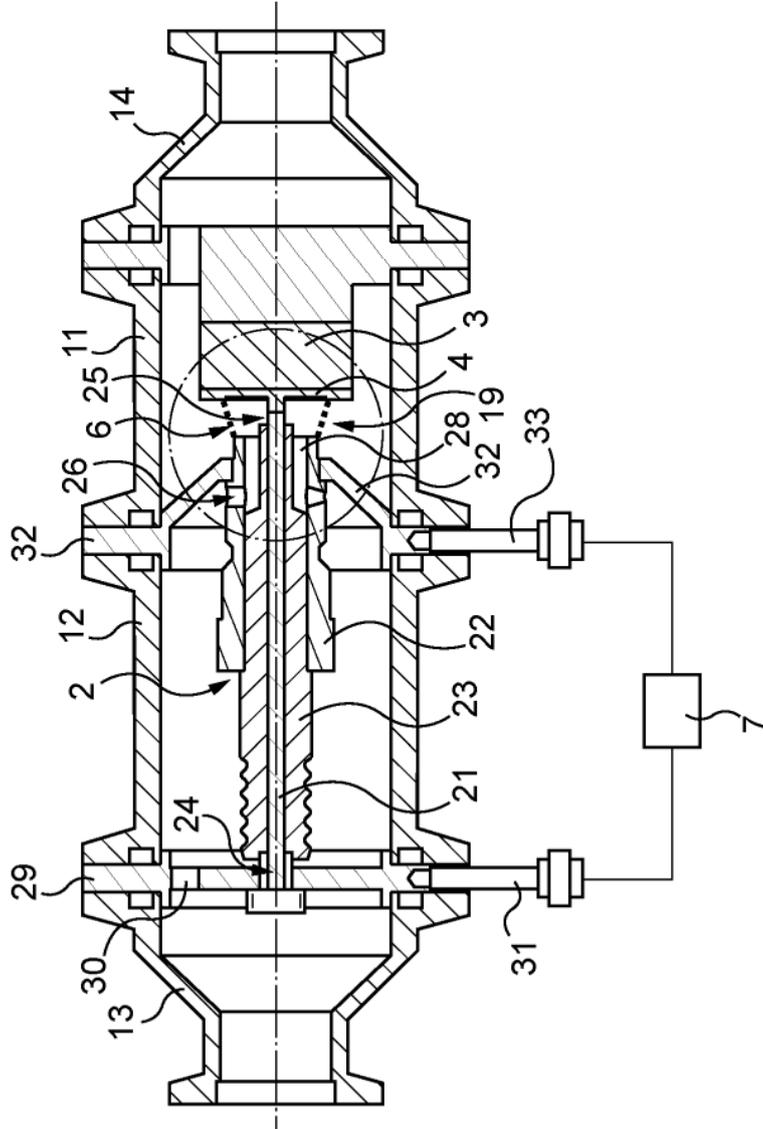


Fig. 3



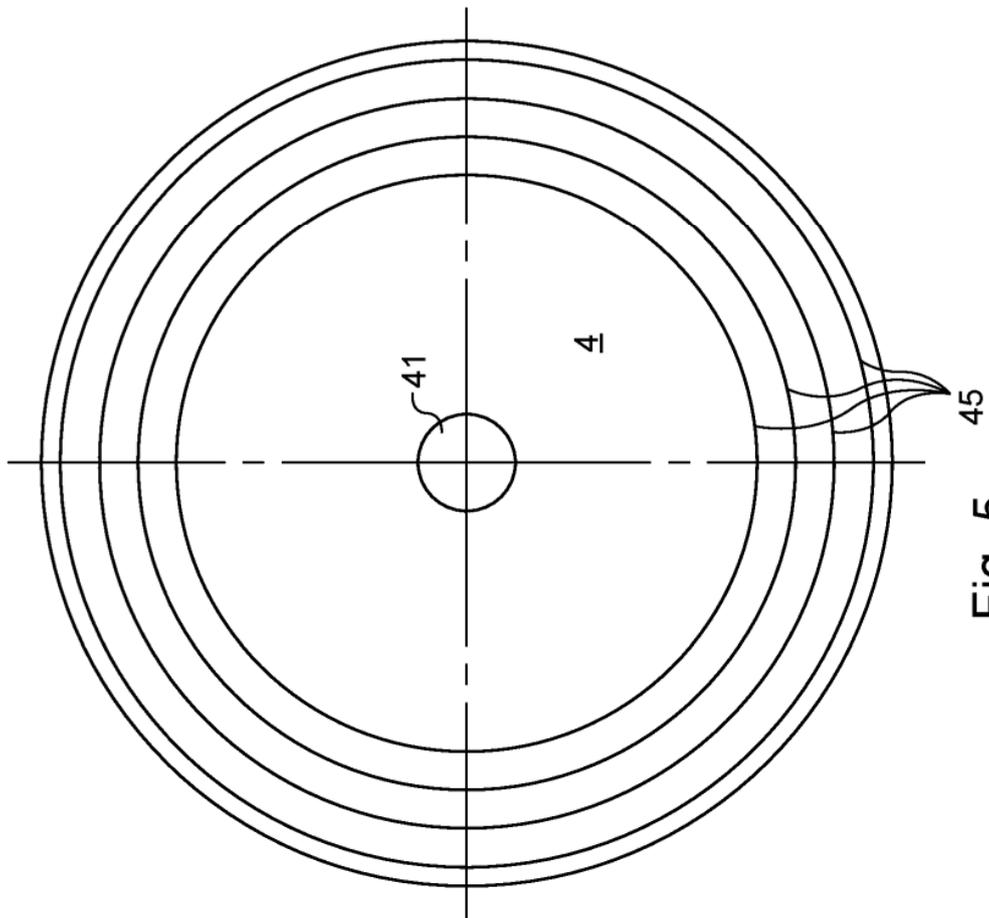


Fig. 5

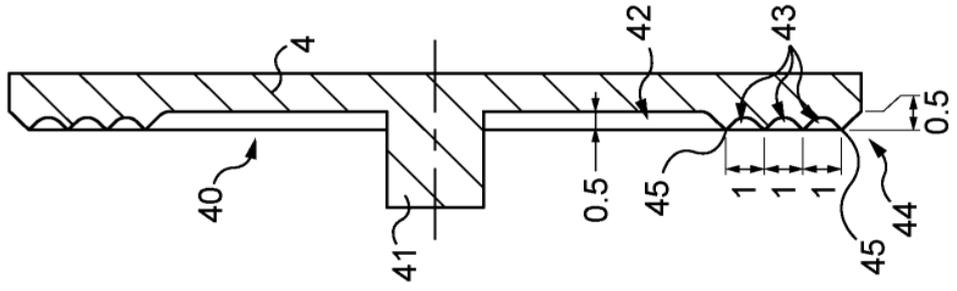


Fig. 6