

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 010 111**

51 Int. Cl.:

C02F 1/46 (2013.01)

C02F 1/48 (2013.01)

H05H 1/48 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.12.2020 PCT/CZ2020/000054**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **17.06.2021 WO21115498**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.12.2020 E 20898503 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.11.2024 EP 4073002**

54 Título: **Dispositivo para el tratamiento de líquidos y procedimiento de tratamiento de líquidos utilizando este dispositivo**

30 Prioridad:

13.12.2019 CZ 201900772 U

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.04.2025

73 Titular/es:

VYSOKÉ UCENÍ TECHNICKÉ V BRNE (33.33%)
Antonínská 548/1
60200 Brno, CZ;
MASARYKOVA UNIVERZITA (33.33%) y
BOTANICKY USTAV AV CR V.V.I. (33.33%)

72 Inventor/es:

RUDOLF, PAVEL;
POCHYLÝ, FRANTISEK;
STAHEL, PAVEL;
RÁHEL, JOZEF;
CECH, JAN y
MARSÁLEK, BLAHOŠLAV

74 Agente/Representante:

POLO FLORES, Carlos

ES 3 010 111 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 para el tratamiento de líquidos y procedimiento de tratamiento de líquidos utilizando este dispositivo

Dominio de la técnica

5 La invención entra en el área de la modificación del agua, especialmente con el fin de la liquidación de microorganismos y se refiere al diseño para el tratamiento de líquidos y al procedimiento de tratamiento de líquidos con el uso de este dispositivo.

Técnica anterior actual

10 La problemática de la liquidación de microorganismos mediante el uso de cavitación con una boquilla de forma especial y un cuerpo de entrada que aumenta la eficiencia de la cavitación se resuelve en el archivo CZ303197, donde, sin embargo, no se considera la influencia del plasma de baja temperatura. En el dispositivo, que se describe aquí, se produce cavitación debido a la disminución de la presión detrás de la sección transversal estrechada con la consiguiente generación de supercavitación seguida de un área no tan extensa de vapor de agua.

15 Se alcanza una mayor eficiencia en la liquidación de microorganismos con el uso de tecnologías de plasma. El principio es que en el área de supercavitación se insertan electrodos con alto voltaje. Por todos los diseños conocidos hasta ahora, los electrodos se colocan de manera que el campo electromagnético tenga una dirección perpendicular a la dirección del líquido que fluye.

20 Se conoce toda la gama de tecnologías que se utilizan para el tratamiento con plasma de líquidos, posiblemente materiales en polvo que se dispersan en líquido. Se trata principalmente de descargas que trabajan a presión atmosférica. Podemos dividir las descargas en dos grupos donde el plasma está en contacto directo con el líquido o no. Como ejemplo de descargas con contacto directo del líquido con el plasma es posible mencionar, por ejemplo, descargas de chorro que se queman con respecto a la superficie del líquido o debajo de su superficie como se describe en el archivo CZ 307098, varias descargas de superficie en la superficie del líquido mencionadas en los documentos BRUGGEMAN, P.J., KUSHNER, M.J., LOCKE, B.R., y col., Plasma-liquid interactions: and review and roadmap, Plasma Sources Science and Technology, IOP Publishing, 2016, 25(5), 053002 y LUKES, P., DOLEZALOVA, E., SISROVA, I. y CLUPEK, M., Aqueous-phase chemistry and bactericidal effects from an air discharge plasma in contact with water: evidence for the formation of peroxyinitrite through a pseudo-second-order post-discharge reaction of H₂O₂ and HNO₂, Plasma Sources Science and Technology, IOP Publishing, 2014, 13(1), 015019, posiblemente descargas de diafragma que se describen en la publicación STARA, Z., KRCMA, F., NEJEZCHLEB, M. y SKALNV, J.D., Organic dye decomposition by DC diaphragm discharge in water: Effect of solution properties on dye removal, Desalination, 2009, 239(1-3), 283-294, además descargas en burbujas generadas por el flujo de gas descrito en el documento PAWLAT, J., HENSEL, K. e IHARA, S., Generation of oxidants and removal of indigo blue by pulsed power in bubbling and foaming systems, *Czechoslovak Journal of Physics*, 2006, 56 (Suplemento 2), B1174-B1178, o por calor mediante descargas excitadas por corriente eléctrica descritas en el artículo LOCKE, B.R., LUKES, P. y BRISSET, J.-L., Elementary Chemical and Physical Phenomena in Electrical Discharge Plasma in Gas-Liquid Environments and in Liquids, Plasma Chemistry and Catalysis in Gases and Liquids, Wiley-VCH VerlagGmbH&Co., 2012, 185-241. En la segunda categoría, es decir, el grupo de descargas sin contacto directo con el líquido, podemos enumerar las descargas por encima de la superficie del líquido, posiblemente descargas en sistemas multifásicos de líquidos donde el líquido se dispersa en aerosol o vapor y la descarga se quema en este aerosol como se describe, por ejemplo, en la sección MACHALA, Z., TARABOVA, B., SERSENOVA, D., JANDA, M. a HENSEL, K., Chemical and antibacterial effects of plasma activated water: correlation with gaseous and aqueous reactive oxygen and nitrogen species, plasma sources and air flow conditions, *Journal of Physics D: Applied Physics*, 2018, 52(3), 034002. Una de las desventajas es, por ejemplo, la imposibilidad de tratamiento de los líquidos que no soportan temperaturas más altas.

45 El uso de las descargas inducidas mencionadas anteriormente también está significativamente limitado por una pequeña área interactiva de plasma en comparación con la capacidad del líquido tratado con plasma. Además, algunas descargas, especialmente las descargas de chorro, necesitan para su funcionamiento gases costosos como, por ejemplo, argón o helio y, en realidad, solo es posible en tecnologías donde es necesario tratar una pequeña cantidad de líquidos con un alto valor agregado de tratamiento con plasma, por lo tanto, estos tipos de descargas no son utilizables por aplicaciones donde son los principales criterios de costos.

50 El problema de la ignición de la descarga en líquidos es la necesidad de una intensidad excepcionalmente alta de campo eléctrico, más de 1 MV/cm para la excitación de la ionización de avalancha que conduce a una avería eléctrica. Prácticamente se utiliza por lo tanto el truco con la generación de microburbujas gaseosas en el área de descarga, por lo que el valor crítico de la ruptura del campo eléctrico disminuye por debajo de 10 kV/cm. Cuando se usa calentamiento óhmico, la cantidad de energía utilizada solo para la evaporación del líquido y la formación de burbujas constituye hasta el 95 % de la entrada total. La posible solución de esta escasez es el bombeo artificial de gases en forma de microburbujas en el líquido, a saber, a través de un electrodo de alta tensión o en el área del espacio de descarga. La complicación para la ignición de la descarga de esta manera es a menudo una alta conductividad eléctrica del líquido que permite alcanzar la intensidad de descomposición del campo eléctrico solo en capacidad de solo unas

pocas burbujas. En consecuencia, el plasma resultante es altamente no homogéneo, filamentoso y con espacio restringido. Esto se resuelve a través de la excitación del plasma en forma de carga de pulso HV donde la energía en el pulso es enorme y, por lo tanto, es posible crear una descarga en las burbujas. Sin embargo, la descarga de pulsos tiene costos bastante altos relacionados con el alto precio de compra de la carga de fuentes de pulsos de alto voltaje y también los siguientes costos significativos, especialmente para la modificación de esta tecnología para mayores capacidades.

La generación de plasma en líquidos se sigue con sonoluminiscencia que aparece durante la implosión de burbujas de vapores en líquidos donde se encuentran estas burbujas generadas por ondas de alta frecuencia sin aplicación externa de campo eléctrico, lo que conduce a la producción de burbujas de plasma de tamaño en orden de 1 μm y ciclo de vida alrededor de 100 ps.

También es posible generar burbujas de tipo analógico con un flujo rápido de líquido a través de una contracción de forma adecuada cuando aparece la llamada cavitación hidrodinámica. En los artículos IHARA, S., HIROHATA, T., KOM- INATO, Y., YAMABE, C., IKE, H., HAKIAI, K., HIRABA- YASHI, K. y TAMAGAWA, M., Water Treatment Using Discharge Generated in Cavitation Field with Micro Bubble Cloud, Electrical Engineering in Japan, Wiley Periodicals, 2014, 186(4), 1-10 e IHARA, S., SAKAI, T., YOSHIDA, Y. and NISHIYAMA, H., Fundamental characteristics of discharge plasma generated in a water cavitation field, Journal of Electrostatics, Elsevier, 2018, 93, 110-117 se describe el diseño donde el par de electrodos HV se coloca fuera de la contracción conformada cuyo campo electromagnético es perpendicular a la dirección del flujo de líquido en el tubo y de esta manera forman una nube de cavitación que enciende plasma intensivo pero con espacio restringido y con esto solo se consigue un mal tratamiento del líquido. El dispositivo que se describe en el archivo US 2009/0071910 siempre se basa en dos electrodos (alimentados y conectados a tierra) que están presentes en el área de cavitación y, además, no permite ninguna entrada de gases o polvo sólido en el área de descarga de plasma. En la publicación OKA, Y., OHNISHI, K., ASAMI, K., y col., Dispersion of carbon nanotubes into water without dispersant using cavitation bubble plasma, Vacuum, Elsevier, 2017, 136, 209-213 [9] se menciona el diseño donde se utilizaba para la formación de la nube de cavitación un cilindro giratorio con revoluciones de 7200 rev/min., también aquí se colocaban ambos electrodos alimentados directamente en la nube de cavitación y el plasma resultante también era fuertemente no homogéneo.

Un ejemplo de tratamiento de fluidos mediante el uso de descarga de plasma combinada con cavitación que ocurre en un desperdicio del flujo de fluido se describe en: \$

KEN-ICHI KUDO Y COL.: "Oxidative DNA damage caused by pulsed discharge with cavitation on the bactericidal function", JOURNAL OF PHYSICS D: APPLIED PHYSICS, INSTITUTE OF PHYSICS PUBLISHING, BRISTOL, GB, vol. 48, no. 36, 12 de agosto de 2015 (2015-08-12), página 365401.

Un ejemplo extremo de formación de burbujas en líquidos es la formación de espuma, que es una estructura coloidal termodinámicamente inestable con alta concentración de gas disperso. Por lo tanto, se trata de un sistema de dos fases en el que el agua está presente en forma de una membrana delgada que está separada por burbujas de gas. La espuma se puede generar mediante batido, bombeo de gas, agitación o vacío. Todo depende de las características del líquido, la temperatura, la presión, la presencia de varios tensioactivos y así sucesivamente. En dicho entorno espumoso es posible simplemente encender la descarga y el tratamiento del líquido es altamente efectivo hasta 10 veces mejor que en las descargas mencionadas anteriormente. La desventaja es entonces la necesidad de suministrar una gran cantidad de gas, la exigencia energética de la producción de espuma, especialmente cuando las características del líquido impiden la generación de espuma y, además, no es muy adecuado su uso en mayores cantidades.

El objetivo de la invención es eliminar las desventajas descritas anteriormente de los diseños conocidos y crear dicho procedimiento de tratamiento con plasma de líquidos y un dispositivo para la generación de plasma a baja temperatura en líquidos que sería universalmente adecuado para el tratamiento con plasma industrial de diversos tipos de líquidos con una amplia variedad de características y conductividad, incluidos líquidos con polvos dispersos que no necesitarían para una función correcta un gran volumen de gas de trabajo, sería modesto desde el punto de vista energético, espacial y de inversión, generaría plasma en toda la sección transversal del líquido suministrado y permitiría un dimensionamiento y escalado simples para diversos flujos.

Esencia de la invención

en un primer aspecto, la invención desvela un dispositivo para el tratamiento de líquidos según la reivindicación 1.

En un segundo aspecto, la invención desvela un procedimiento para el tratamiento de líquidos según la reivindicación 8.

Se desvelan realizaciones ventajosas en las reivindicaciones dependientes.

Con la invención presentada se alcanza una mayor eficiencia porque cuando se usa un electrodo de potencia completa, la descarga se excita eléctricamente en vapores diluidos del líquido sin acceso de aire, lo que es ventajoso para líquidos y dispersiones inflamables. Además, el plasma se quema en supercavitación desde el electrodo alimentado hasta la capacidad del líquido y para diferentes conductividades del líquido no es necesario optimizar la

distancia de los electrodos. La conductividad del líquido tiene influencia solo en la longitud de la zona con plasma alimentado, es decir, en el mantenimiento de un rendimiento constante, por lo que no es necesario optimizar la distancia de los electrodos para un medio dado con varios parámetros. En caso de uso de un electrodo alimentado hueco, es posible aspirar el gas líquido que fluye, el líquido de reacción o las partículas en forma de polvo que luego se dispersan en el líquido de trabajo y después se tratan con plasma formado en supercavitación. En caso de uso de un electrodo de conexión a tierra incluso hueco, es posible tratar también materiales sólidos no conductores en forma de fibras o varillas.

Clarificación de dibujos

Los ejemplos particulares del diseño de la invención se ilustran esquemáticamente en los dibujos adjuntos donde:

- 10 La Fig. 1 es un dibujo esquemático del dispositivo en modo de cavitación,
- La Fig. 2 es un dibujo esquemático del dispositivo en modo de supercavitación,
- La Fig. 3 es un dibujo esquemático del dispositivo con un diseño alternativo del electrodo de conexión a tierra,
- La Fig. 4 es un dibujo esquemático del dispositivo con eyector añadido y
- 15 La Fig. 5 es un dibujo esquemático del dispositivo con un generador de ultrasonidos conectado al electrodo de conexión a tierra.

Los dibujos que ilustran la invención presentada y, en consecuencia, los ejemplos descritos de diseño particular no limitan en ningún caso el alcance de la protección definida por las reivindicaciones.

Ejemplos de realización:

20 El dispositivo para la búsqueda del procedimiento de tratamiento de líquidos consiste, en un diseño básico que se ilustra en la fig. 1, en un regulador de presión 1 y un tubo de cavitación 2 conectados en serie entre sí, que está formado por una cámara de entrada cilíndrica 21, un confusor 22, una cámara de trabajo cilíndrica 23, un difusor 24 y una cámara de descarga cilíndrica 25 conectados en serie entre sí. En la cámara de entrada 21 se coloca perpendicularmente al eje longitudinal del tubo de cavitación 2 un soporte de electrodo 31 al que se fija un electrodo alimentado oblongo 3 colocado en el eje longitudinal de la cámara de entrada 21 y alcanza con su extremo libre la cámara de trabajo 23, mientras que el electrodo alimentado 3 es eléctricamente conductor conectado con el soporte de electrodo 31, pero ambos elementos 3 y 31 están aislados eléctricamente del cuerpo del tubo de cavitación 2. Al soporte del electrodo 31 se conecta una fuente de alta tensión 4 mediante la cual, a través del soporte del electrodo 31, se alimenta el electrodo alimentado 3. En la cámara de descarga 25 se coloca el electrodo de conexión a tierra 5 con la ayuda del cual se conecta a tierra también el líquido que fluye en el tubo de cavitación 2. La forma circular de la sección transversal del tubo de cavitación 2 no solo es un diseño posible, ya que la sección transversal del tubo de cavitación 2 puede tener una forma arbitraria.

Alternativamente, el soporte del electrodo 31 y el electrodo alimentado 3 están hechos huecos con una cavidad de tránsito común no ilustrada formada que está abierta en un lado hacia afuera del tubo de cavitación 2 y en el otro lado en el extremo libre del electrodo alimentado 3 llega a la cámara de trabajo 23 como se ilustra en las figs. 3 a 5.

35 Otra alternativa es el diseño del electrodo de conexión a tierra 5 como parte de la carcasa de la cámara de descarga cilíndrica 25 como se ilustra en la fig. 3.

Otra alternativa que se ilustra en la fig. 4 es la colocación de un eyector 6 detrás de la cámara de descarga 25. El eyector 6 está formado por una cámara de suministro 61 que está conectada a la cámara de descarga 25 y una garganta 62. De la cámara de suministro 61 se extrae lateralmente una tubería de succión 63 que se abre a la garganta 62. El eyector 6 puede sustituirse alternativamente por una bomba no ilustrada.

Alternativamente, el electrodo de conexión a tierra 5 está diseñado como una punta oscilante alimentada por ultrasonido que está conectada a un generador de ultrasonido 8 como se ilustra en la fig. 5.

45 Durante la búsqueda del procedimiento de tratamiento de los líquidos según la fig. 1, el regulador de presión 1 mantiene dicho valor de presión del líquido que fluye a través de la cámara de entrada 21 hacia el tubo de cavitación 2 para permitir, en el lugar de la contracción, la generación de cavitación o supercavitación. El líquido se lleva desde la cámara de entrada 21 al confusor 22 donde aumenta significativamente su velocidad y al mismo tiempo disminuye la presión, a saber, bajo la presión de vapores saturados. En este momento en el confusor 22 comienzan a aparecer primeras burbujas que a alta velocidad avanzan a través de la cámara de trabajo 23 donde comienza a generar cavitación. En el difusor 24 llega, gracias a la separación de una capa límite, a la siguiente disminución de la presión y extensión significativa de la zona de cavitación que llena prácticamente todo el espacio del difusor 24 y avanza incluso hacia la cámara de descarga 25 donde llega a la generación de la nube de cavitación 71. Posiblemente llega a la generación de la supercavitación 72 cuando el líquido fluye solo a través de la parte central de la cámara de descarga 25 y alrededor de ella está el espacio completamente lleno de medio de supercavitación como se ilustra en la fig. 2. Mediante la fuente de alta tensión 4 cuya frecuencia oscila entre 0 y 20 MHz se alimenta el electrodo

alimentado 3, a través de cuyo potencial hacia el electrodo de conexión a tierra 5 se genera un campo electromagnético cuya dirección es paralela a la dirección del flujo de líquido. A través de este campo electromagnético se alimentan las descargas del plasma que se quema en toda el área de la cavitación 71 o supercavitación 72.

5 En un diseño alternativo, cuando el soporte del electrodo 31 y el electrodo 3 se hacen huecos, pueden ser a través de la cavidad, que se forma dentro de ellos, suministrados al espacio de generación de la cavitación 71 o la supercavitación 72 de gas o partículas sólidas.

Uso industrial

10 La invención es utilizable para la generación de plasma de baja temperatura en líquidos que sirve para el tratamiento con plasma de líquidos o suspensiones de líquidos que contienen contaminantes biológicos y químicos o líquidos que contienen polvos dispersos, pero también para el tratamiento de materiales no conductores en forma de varillas e hilos en líquidos sin acceso de aire en la industria de la higiene, industria química, industria de la construcción, industria, industria alimentaria, etc. La invención es utilizable para la descontaminación de agua no solo de aguas residuales, sino también para la esterilización de agua potable y de servicio y, además, para el tratamiento de líquidos a base de hidrocarburos como, por ejemplo, aceites, pinturas, etc.

15

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo para el tratamiento de líquidos con la ayuda de la generación de una descarga eléctrica de plasma de baja temperatura en un entorno líquido donde, cuando fluye el líquido, es posible lograr la generación de cavitación o supercavitación, comprendiendo dicho dispositivo un regulador de presión (1) y un tubo de cavitación (2) conectados mutuamente en serie, el tubo de cavitación (2) está formado por una cámara de entrada (21), un confusor (22), una cámara de trabajo (23), un difusor (24) y una cámara de descarga (25) conectados mutuamente de dos en dos, donde el dispositivo comprende además un electrodo de potencia (3) colocado en la cámara de entrada (21) en su eje longitudinal en la dirección del flujo de líquido, el electrodo alimentado (3) por su extremo libre llega a la cámara de trabajo (23) y una fuente de alta tensión (4) a la que el electrodo alimentado (3) está conectado eléctricamente de manera conductiva, en el que el electrodo alimentado (3) está aislado eléctricamente del tubo de cavitación (2), en el que el dispositivo comprende además un electrodo conectado a tierra (5) colocado en la cámara de descarga (25) y en contacto eléctrico con el líquido.
2. El dispositivo según la reivindicación 1, **en el que** el electrodo alimentado (3) está fijado en un soporte de electrodo (31) que está colocado dentro de la cámara de entrada (21) perpendicularmente al eje longitudinal del tubo de cavitación (2) del que está aislado eléctricamente, mientras que el electrodo alimentado (3) está con el soporte de electrodo (31) conectado eléctricamente y a través del soporte de electrodo (31) está conectado a la fuente de alta tensión (4).
3. El dispositivo según la reivindicación 2, **en el que** el soporte de electrodo (31) y el electrodo alimentado (3) están hechos huecos con una cavidad de tránsito común formada que está abierta en un lado desde el tubo de cavitación (2) y en el otro lado en el extremo libre del electrodo alimentado (3) que llega a la cámara de trabajo (23).
4. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **en el que** el electrodo puesto a tierra (5) está hecho como parte de la carcasa de la cámara de descarga (25).
5. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **en el que** el electrodo conectado a tierra (5) está hecho como una punta oscilante alimentada por ultrasonido que está conectada a un generador de ultrasonido (8).
6. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **en el que** detrás de la cámara de descarga (25) se coloca un eyector (6) formado por una cámara de suministro (61) que está conectada a la cámara de descarga (25) y una garganta (62) desde donde la cámara de suministro (61) va a una tubería de succión (63) que se conduce a la garganta (62).
7. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende además una bomba colocada detrás de la cámara de descarga (25) y conectada al tubo de cavitación (2).
8. Un procedimiento de tratamiento de líquidos con la ayuda del dispositivo según las reivindicaciones 1 a 7, donde el plasma a baja temperatura se genera en el lugar de generación de la cavitación o supercavitación o para cerrar las proximidades de su generación contra el flujo del líquido, en la dirección de su flujo, con la ayuda del electrodo alimentado (3) que se coloca en línea con el flujo del líquido, donde la frecuencia de descarga de alto voltaje varía en valores de 0 a 20 MHz.
9. El procedimiento según la reivindicación 8, **en el que** el plasma se estimula por ultrasonido.
10. El procedimiento según las reivindicaciones 8 o 9, **en el que** en el lugar de formación de la cavitación o supercavitación se suministra gas.
11. El procedimiento según las reivindicaciones 8 o 9, **en el que** en el lugar de formación de cavitación o supercavitación se suministra sustancia sólida en forma de polvo.
12. El procedimiento según la reivindicación 11, **en el que** la sustancia sólida en forma de polvo es fotorreactiva.
13. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, **en el que** el líquido se succiona del área detrás del lugar de desaparición de la cavitación.

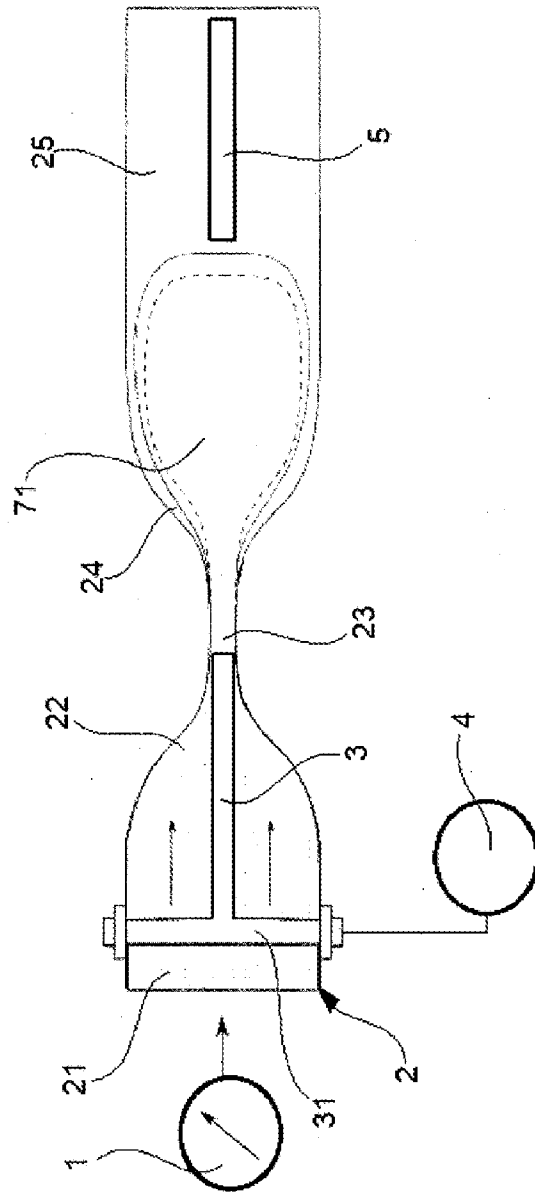


FIG. 1

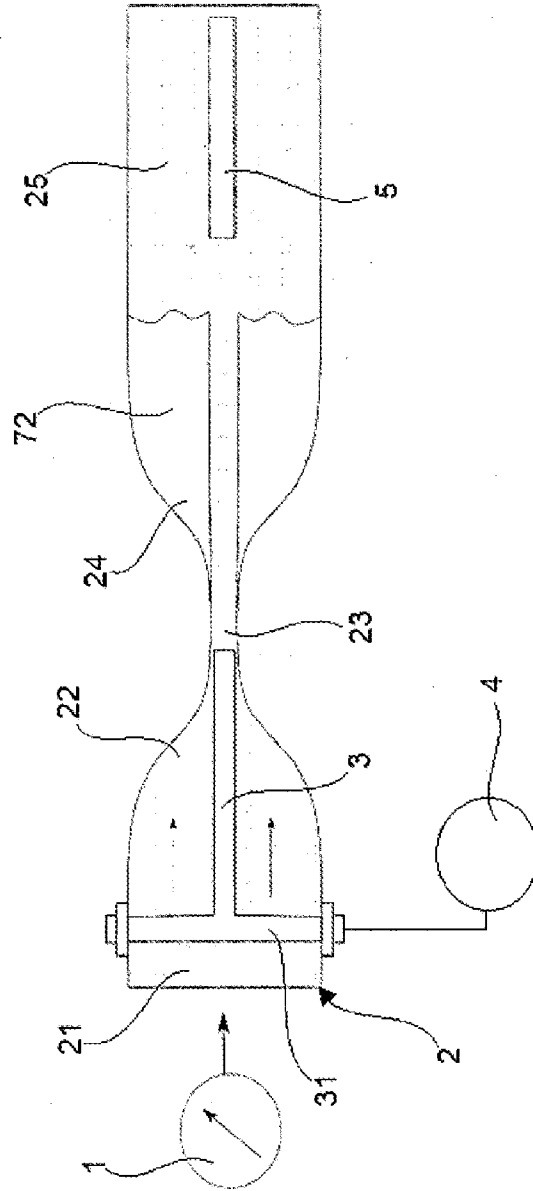


FIG. 2

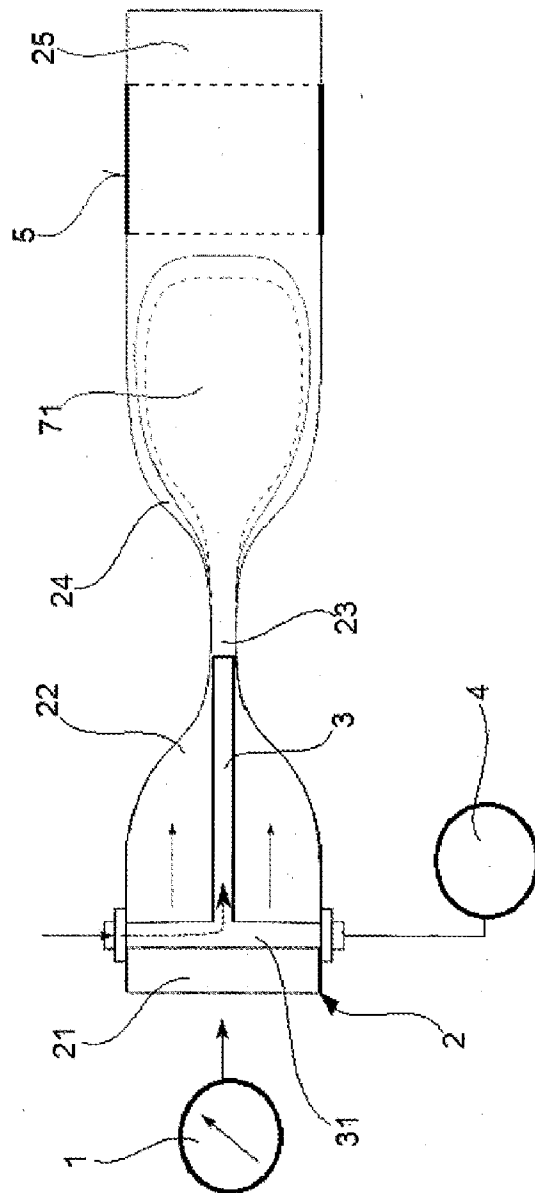


FIG. 3

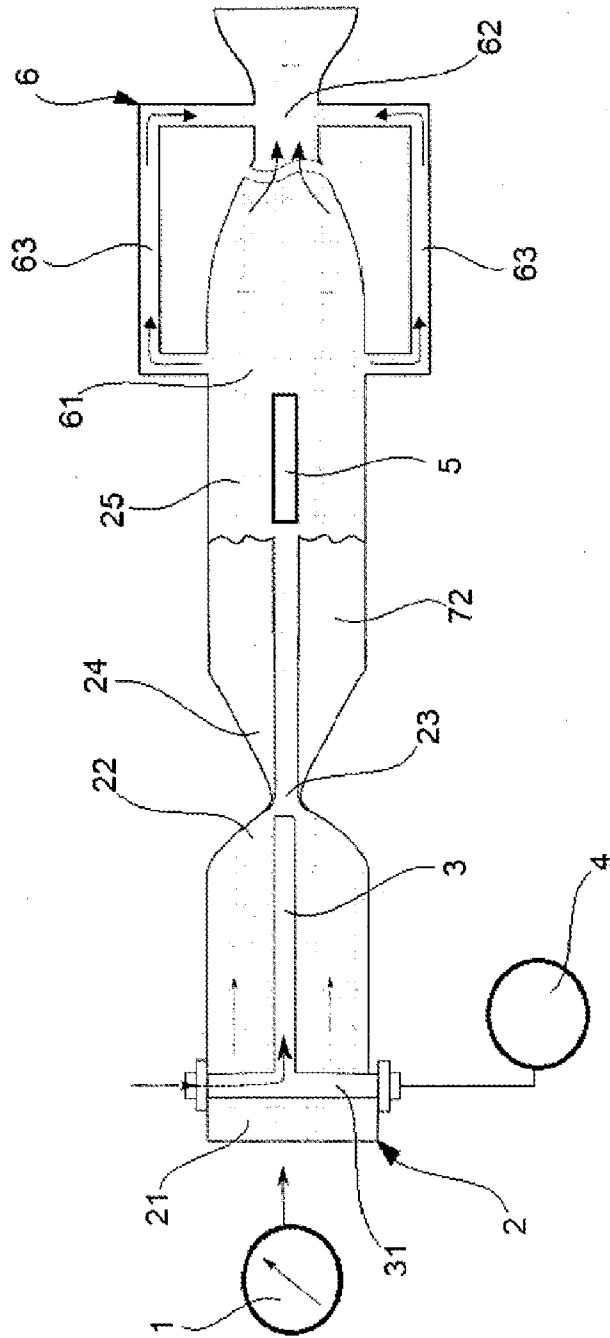


FIG. 4

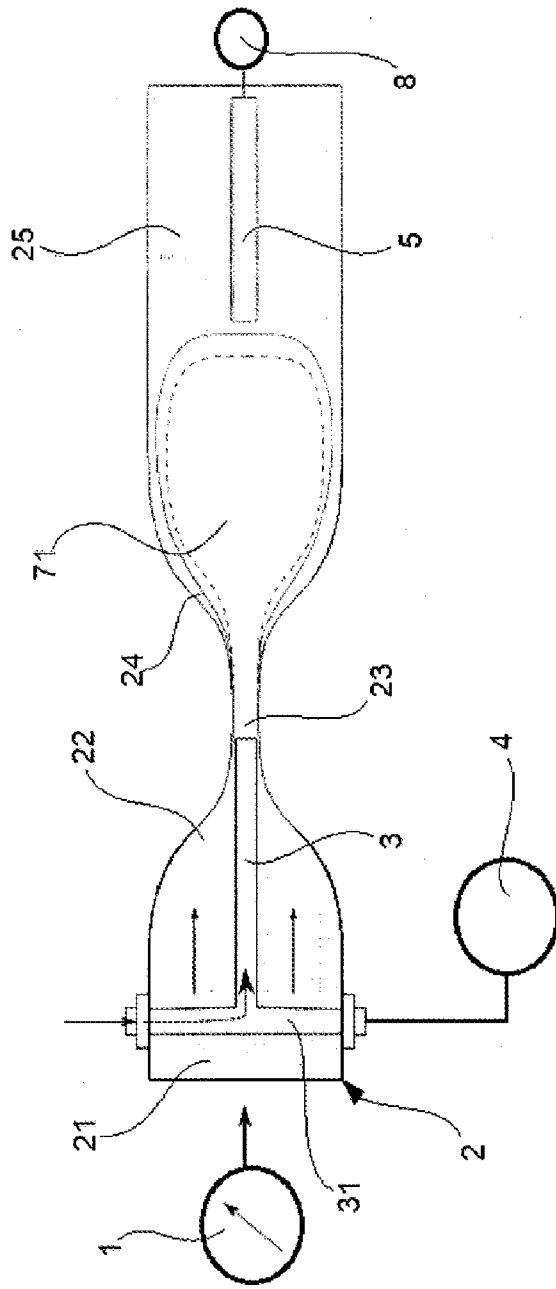


FIG. 5

FIGURA PARA ANOTACIÓN

