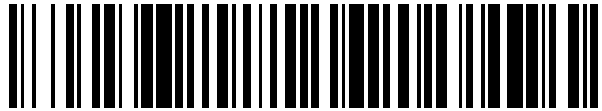


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 414 312**

51 Int. Cl.:

**G01F 1/84** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.04.2006 E 06075884 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.01.2013 EP 1719982**

54 Título: **Caudalímetro másico de tipo Coriolis**

30 Prioridad:

**02.05.2005 NL 1028938**

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

**18.07.2013**

73 Titular/es:

**BERKIN B.V. (100.0%)  
NIJVERHEIDSSTRAAT 1A  
7261 AK RUURLO, NL**

72 Inventor/es:

**MEHENDALE, ADITYA;  
LÖTTERS, JOOST CONRAD y  
ZWIKKER, JAN MARINUS**

74 Agente/Representante:

**ARPE FERNÁNDEZ, Manuel**

**ES 2 414 312 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

Caudalímetro másico de tipo Coriolis.

- 5 [0001] La invención se refiere a un caudalímetro másico de tipo Coriolis, que comprende un tubo detector, que forma un bucle, a través del cual fluye un medio durante el funcionamiento, y con medios de excitación para excitar dicho bucle y que incluye además un tubo de entrada y un tubo de salida, en el que el tubo de forma un bucle cerrado mecánicamente esencialmente en forma de una vuelta completa, teniendo dicho bucle un eje principal de simetría (S), teniendo el bucle un punto de inicio y un punto final, estando los puntos de inicio y final situados ajustadamente próximos y conectados a las primeras extremidades del tubo de entrada y tubo de salida.
- 10 [0002] Un caudalímetro másico de tipo Coriolis se conoce a partir de la patente US 4.658.657. El caudalímetro másico conocido comprende un tubo formando bucle que no está cerrado (la mitad de una vuelta) y que forma una rama transversal en un lado que está conectada a dos ramas laterales embridadas en el lado opuesto de un balancín de montaje. Este último está montado en un soporte de manera tal que puede girar alrededor de un eje central situado en el plano del bucle. Un sistema de excitación electromagnética que coopera con el balancín de montaje (magnético) proporciona una rotación oscilatoria (vibración) del balancín de montaje con el bucle alrededor del eje central. Cuando un medio fluye a través del bucle que gira alrededor del eje central, se generan fuerzas de Coriolis en la rama transversal, que está orientada perpendicularmente al eje de rotación, lo que resulta en una vibración del bucle alrededor de un eje perpendicular al eje de excitación de rotación. Esta vibración, que es proporcional al caudal, se superpone a la oscilación fundamental y conduce a un desplazamiento de fase entre las oscilaciones realizadas por los extremos de la rama transversal. La diferencia de fase es proporcional a la fuerza de Coriolis y en consecuencia al flujo.
- 15 [0003] Sin embargo resulta ser una desventaja del sistema conocido que el balancín de montaje utilizado para la excitación del bucle, constituye una masa adicional. Esto evita un cambio de la frecuencia de excitación como función de la densidad del medio que fluye a través del tubo, con el resultado de que una medición de la densidad (una propiedad adicional de un medidor de flujo de Coriolis) se vuelve menos precisa.
- 20 [0004] La invención tiene por objeto entre otras cosas, proporcionar un caudalímetro con un sistema de excitación, que es capaz de medir la densidad con mayor precisión.
- [0005] El caudalímetro másico de la clase mencionada en el párrafo de introducción se caracteriza para este propósito por la construcción que se describe en la parte caracterizadora de la reivindicación 1.
- 30 [0006] De acuerdo con la invención, el tubo mecánicamente cerrado, en forma de bucle está suspendido elásticamente por medio de los tubos de entrada y de salida, que en conjunto actúan como un elemento de conexión flexible. Es decir: los tubos de entrada y de salida son flexibles y capaces de torsión en mayor o menor grado y por lo tanto actúan como elementos de resorte. Esta suspensión permite un movimiento alrededor de dos ejes mutuamente perpendiculares que se encuentran en el plano del bucle, uno para el movimiento de excitación y el otro para el movimiento de Coriolis.
- 35 [0007] Un caudalímetro másico con un tubo en forma de bucle suspendido de esta manera, tiene una sensibilidad mejorada debido a que los tubos de entrada y salida se han dimensionado libremente con longitudes elásticas que son tan grandes como sea posible, y siendo la rigidez de suspensión del bucle un mínimo para un determinado de diámetro tubo, especialmente cuando dichos tubos se extienden en paralelo y mutuamente próximos. Una ventaja adicional de una fijación al bastidor de los tubos de entrada y de salida cercanos de uno de otro, es que la sensibilidad a la temperatura del caudalímetro es menor que en el caso en el que los puntos de fijación están muy alejados entre sí.
- 40 [0008] Como se explicará con más detalle más adelante, son posibles diversas versiones de los tubos de entrada y de salida, cada una con sus propias ventajas. Una realización práctica que resulta preferible por motivos mecánicos es, por ejemplo, una en la que el bucle se conforma como una sola pieza integral con el tubo de entrada y el tubo de salida.
- 45 [0009] Independientemente del diseño adicional, es importante que los tubos de entrada y de salida deban estar fijados al bastidor, con la ayuda de medios de fijación, a una distancia predeterminada de la posición en la que están conectados al bucle, cuya distancia predeterminada define su longitud de trayectoria libre.
- 50 [0010] Los tubos de entrada y de salida se encuentran en el plano del bucle, dentro del bucle.
- [0011] Una realización preferida se caracteriza porque los tubos de entrada y salida se extienden mutuamente paralelos sobre sus longitudes de trayectoria libre y ajustadamente próximos uno a otro, debido a que su rigidez a torsión es entonces inferior, y tienen preferiblemente una longitud máxima de trayectoria libre hasta los medios de sujeción, porque esto reduce su resistencia a la flexión. Una longitud máxima de trayectoria libre se puede realizar porque los tubos de entrada y de salida están fijados al bastidor a través de medios de

sujeción fuera del bucle.

**[0012]** Producir el giro del tubo de detección en un modo oscilatorio alrededor de su eje principal de simetría se denomina modo de torsión o rotación.

5 **[0013]** A partir de la patente de EE.UU. 5.535.737 (Lew) se conoce un caudalímetro de fuerza de Coriolis que tiene un conducto con un bucle de 360 grados, que comprende dos secciones de extremo paralelas, mecánicamente unidas entre sí, extendiéndose desde dos extremidades del conducto en voladizo hacia una estructura de soporte ("bastidor"). Medios de vibración hacen vibrar la sección central del bucle con respecto a las secciones de extremo. Esta vibración es diferente de la rotación de la configuración de bucle en un modo oscilante ("torsión") alrededor de su eje de simetría.

10 **[0014]** Además, el bucle del caudalímetro de Coriolis de la invención, está elásticamente suspendido del bastidor por los tubos de entrada y de de salida flexibles (las secciones de extremo), permitiendo la suspensión resultante un movimiento alrededor de dos ejes perpendiculares en el plano de bucle, uno para el movimiento de excitación alrededor el eje principal de simetría y otro para el movimiento de respuesta de Coriolis.

15 **[0015]** Una forma de realización que es ventajosa a causa de su sensibilidad se caracteriza porque el bucle configura un rectángulo con dos tubos laterales paralelos, un primer tubo transversal conectado a primeros extremos de los tubos laterales, y dos segundos tubos transversales conectados en uno sus extremos a segundos extremos de los tubos laterales y en otro de sus extremos al tubo de entrada y el tubo de salida, respectivamente.

20 **[0016]** Una realización muy compacta del diseño anterior se caracteriza porque los tubos de entrada y de salida se extienden ajustadamente próximos uno a otro, a cada lado de un eje de simetría del bucle y se fijan al bastidor en una posición más cercana al primer tubo transversal que a los segundos tubos transversales. Más particularmente, la longitud de la trayectoria libre de los tubos de entrada y de salida ascienden a, al menos, el 50% de la altura del bucle visto en una dirección paralela a los tubos de entrada y salida. Esto significa para un tubo en bucle que tiene una forma rectangular que la longitud de la trayectoria libre de los tubos de entrada y de salida es de, al menos, el 50% de la longitud de cada uno de los tubos laterales.

25 **[0017]** El bucle debe estar mecánicamente cerrado. Para este propósito una primera forma de realización se caracterizado porque los segundos tubos transversales están interconectados mecánicamente adyacentes en sus conexiones a los tubos de entrada y de salida. Una segunda forma de realización se caracteriza porque los tubos de entrada y de salida se extienden paralelos entre sí y muy cerca sobre sus longitudes de trayectoria libres y están interconectados mecánicamente sobre al menos parte de sus longitudes de trayectoria libre.

30 **[0018]** La excitación (es decir, hacer vibrar) del tubo en bucle del caudalímetro másico de acuerdo con la invención puede efectuarse de diversas maneras, por ejemplo por medio de un disco magnético adherido al tubo y un electroimán con una bobina de espiras espaciadas. El presente bucle, sin embargo, es un objeto intrínsecamente muy ligero, y si los medios de excitación se sujetan al mismo supondrá una cantidad adicional de energía para poner el bucle en resonancia. En consecuencia se prefiere utilizar una técnica de excitación que no requiera la adición de componentes adicionales al bucle.

35 **[0019]** A este respecto, una realización se caracteriza porque los medios de excitación comprenden medios para generar una corriente eléctrica en la pared del tubo y medios magnéticos que generan un campo magnético transversal a la dirección de la corriente en la pared del tubo a fin de ejercer, mediante la interacción con la corriente a través del tubo, las fuerzas electromagnéticas (fuerzas así denominadas de Lorentz) en el tubo con el objeto de provocar que el tubo gire alrededor de uno de los ejes perpendiculares. Las fuerzas de Lorentz, son fuerzas que se generan cuando una corriente eléctrica circula a través de un campo magnético.

40 **[0020]** A este respecto, una primera forma de realización se caracteriza porque los medios magnéticos comprenden una armadura magnética de imán permanente con un entrehierro a través del cual se extiende una porción de tubo. De esta manera puede ser generado un, así llamado, modo de excitación paralelo o de oscilación.

45 **[0021]** Una forma de realización para la llevar a cabo un así llamado modo de excitación de torsión o rotación se caracteriza porque los medios magnéticos comprenden una armadura de imán permanente con dos entrehierros a través del cual se extienden respectivas porciones de tubo, opuestamente dirigidos a los campos obtenidos en dichos entrehierros.

50 **[0022]** Para medir el efecto de las fuerzas de Coriolis, dos sensores, adaptados para medir desplazamientos de dos puntos del tubo como función de tiempo, están dispuestos preferentemente a ambos lados del eje de rotación principal (el eje de excitación). Si hay poco espacio, por ejemplo en el caso de un tubo que tiene una forma delta, es ventajoso que la armadura magnética tenga una abertura central entre los entrehierros, y estando dispuesto los sensores en dicha abertura.

**[0023]** Dado un tubo que forma un bucle rectangular, hay más espacio para la colocación de los sensores y la armadura resulta tan favorable como sea posible. En una realización, la armadura magnética para un tubo que forma un bucle rectangular, está dispuesta en un lado del bucle, con los sensores en el lado opuesto al mismo.

5 **[0024]** La invención se explicará ahora con mayor detalle con referencia a dibujos que muestran varias formas de realización de la invención.

- la figura 1 es un alzado frontal de un caudalímetro de Coriolis de acuerdo con la invención;

- la figura 2 es una vista en perspectiva del caudalímetro de la figura. 1;

- la figura 3 es una vista en perspectiva del tubo en bucle, utilizado en el caudalímetro de las figuras 1 y 2;

10 - las figuras 4A y B son alzados frontales de realizaciones alternativas de la suspensión de un tubo en bucle y

- las figuras 5 y 6 son vistas en alzado frontal de formas alternativas de un tubo en bucle.

#### Descripción de las figuras

15 **[0025]** La figura 1 muestra un caudalímetro 1 de tipo Coriolis con un tubo formando bucle 2 que se dobla en una forma rectangular con el fin de seguir una trayectoria esencialmente circunferencial (sustancialmente una vuelta completa), y que comprende un tubo flexible de entrada 3 y un tubo de salida flexible 4 para un medio fluido. Preferiblemente, el bucle 2 y los tubos de entrada y de salida 3, 4 son partes de un mismo tubo. El tubo 2 en su totalidad se dobla en una forma rectangular, pero las esquinas están redondeadas para así poder doblarse en esta forma. El tubo de entrada 3 está conectado a una línea de alimentación 6 y el tubo de salida 4 a una línea de descarga 7 a través de un bloque de alimentación / descarga 20. Los tubos de entrada y de salida 3, 4 de esta realización se extienden dentro del bucle 2 y se sujetan (es decir, embridan) a un bastidor 13 con la ayuda de medios de fijación 12. La fijación se proporciona en una posición tal que la longitud de trayectoria libre de los tubos de entrada y de salida 3, 4 (es decir, la parte de los tubos de entrada / salida 3, 4 entre la conexión de las segundas porciones de tubo transversal 2a, 2b y la posición de la sujeción a los medios de sujeción 12) es al menos el 50%, preferiblemente el 60% de la longitud de cada una de las porciones de tubo lateral 2c, 2d. Los tubos flexibles de entrada y de salida 3, 4 flexible no forman parte del bucle 2, pero proporcionan una fijación flexible del bucle 2 en el bastidor 13. El bucle 2 puede por tanto ser considerado como que está flexiblemente suspendido por medio de los tubos de entrada y salida. El bucle 2 y los tubos de entrada y salida 3, 4 pueden estar ventajosamente fabricados en una sola pieza de tubo. Esto puede ser, por ejemplo, un tubo de acero inoxidable con un diámetro exterior de aproximadamente 0,7 mm y un espesor de pared de aproximadamente 0,1 mm. Dependiendo de las dimensiones exteriores del bucle 2 y la presión, el tubo debe ser capaz de soportar (por ejemplo 100 bar), el diámetro exterior del tubo será normalmente menor de 1 mm y el espesor de pared de 0,2 mm o menor.

35 **[0026]** El tubo en bucle 2 se muestra con más detalle en la figura 3, donde los componentes conocidos de la figura 1 se muestran con los mismos números de referencia. El tubo 2 se compone de un bastidor sustancialmente rectangular que comprende dos tubos laterales paralelos 2d y 2e, un primer tubo transversal 2c conectado a los primeros (inferiores) extremos de los tubos laterales 2d y 2e, y dos segundos tubos transversales 2a y 2b conectados por un lado a segundos (superiores) extremos de los tubos laterales y por el otro lado a los tubos de salida 3 y 4 de entrada centralmente de retorno, respectivamente. El bucle rectangular 2 preferentemente tiene las esquinas redondeadas. Los tubos 3 y 4, que discurren estrechamente próximos entre sí sobre uno u otro lado, y de manera simétrica con respecto al eje principal de simetría S del bucle 2, se sujetan a los medios de fijación 12, por ejemplo por fijación o por soldeo o soldadura, estando a su vez dichos medios 12 fijados a la placa de base 13. La figura 3 muestra, a modo de ejemplo una cavidad 14 en los medios de fijación (bloque) 12, en la cual están retenidos los tubos 3, 4. Los tubos de entrada y de salida 3, 4 son flexibles y actúan como si fueran un resorte de suspensión para el bucle 2. Esta suspensión permite un movimiento del bucle 2 tanto alrededor del eje principal de simetría S como alrededor de un segundo eje S' situado en el plano del bucle 2 y perpendicular al eje principal de simetría S.

**[0027]** Para cerrar mecánicamente el bucle 2 (es decir, para interconectar el principio y el final del bucle mecánicamente, directa o indirectamente), los tubos 3, 4 están preferiblemente conectados entre sí a lo largo de la extensión de sus longitudes de trayectoria libre, en donde, por ejemplo, son soldeadas o soldadas entre sí. La figura muestra algunos puntos de conexión con el número de referencia 15 a modo de ejemplo.

50 **[0028]** Una alternativa es que los tubos transversal 2a y 2b se conecten entre sí y, posiblemente, a los tubos de entrada y de salida 3 y 4, por ejemplo, por fijación a un elemento de soporte 16 en una posición en la que discurren próximamente juntos. La conexión entre los segundos tubos transversales 2a, 2b y / o entre los tubos de entrada y de salida 3, 4 es importante para crear un bucle cerrado mecánicamente a fin de obtener durante el funcionamiento modos de vibración correctos.

- [0029] Para obtener una buena acción de resorte, los tubos 3, 4 tienen preferiblemente una longitud de trayectoria libre tan grande como sea posible. Más en particular,  $d$  es preferiblemente mayor que 0,5 veces la longitud  $D$  de los tubos laterales 2d y 2e. Los medios de fijación 12 están en consecuencia posicionados más cerca del primer tubo transversal 2c que de los segundos tubos transversal 2a, 2b.
- 5 [0030] En la realización de la figura 3, el tubo de entrada 3 y el tubo de salida 4 se doblan fuera del plano del bucle 2 más allá de los medios de sujeción 12, es decir, se curvan alrededor del primer tubo transversal 2c con el fin de conectarse a líneas de alimentación y descarga. Se desplazan preferiblemente alejados uno de otro en esa dirección para facilitar esta conexión. Esto se ve más claramente en la figura 2.
- 10 [0031] La figura 4 muestra una serie de alternativas para la disposición y sujeción de los tubos de entrada y de salida, todas cuyas alternativas utilizan el principio de suspensión mostrado con referencia a la figura 3. En las alternativas de la figura 4, se añade una holgura adicional a la fijación del bucle en la que los puntos de fijación se encuentran más separados.
- 15 [0032] La figura 4A muestra un tubo en bucle sustancialmente rectangular 21 con tubos de entrada y salida 20, 21 que se extienden dentro y en el plano del bucle, dichos tubos se separan lateralmente en diferentes direcciones a partir de un punto dado. Los tubos 20, 21 se sujetan en (fijamente retenidos) en puntos de fijación 22, 23 que se encuentran dentro del bucle. El hecho de que los puntos de fijación se sitúan más alejados que en la situación de la figura 3, proporciona la suspensión elástica con una holgura adicional. Los tubos 20, 21 pueden prolongarse más allá de los puntos de sujeción 22, 23, pasando con ligeras curvas sobre los tubos laterales 24, 25 del tubo en bucle 21, o bien puede estar curvados perpendicularmente hacia atrás.
- 20 [0033] La figura 4B muestra un tubo en bucle sustancialmente rectangular 26 con los tubos de entrada y de salida 27, 28 paralelos, extendiéndose en el plano del tubo en bucle y a partir de un punto dado continuar con una curva adicional hacia sus respectivos puntos de fijación. Los tubos 27, 28 se sujetan en posiciones 29 y 30. Los puntos de fijación se encuentran mucho más separados de esta manera que en la figura 4A.
- 25 [0034] Puede ser deseable aumentar las longitudes de trayectoria libre de los tubos de entrada y salida hasta más allá del tubo transversal más inferior (Véase la figura 2) flexionándolo fuera del plano del bucle (sobre el tubo transversal más inferior), pero esto iría en detrimento de la característica de resorte.
- 30 [0035] Las formas de realización descritas anteriormente muestran un bucle rectangular. Alternativamente, es posible, sin embargo, utilizar formas distintas de la rectangular, siempre y cuando el bucle forme una vuelta cerrada (esencialmente). Algunas de estas alternativas, todas ellas elásticamente suspendidas por medio de tubos de entrada y de salida situados dentro del bucle, se muestran en alzado frontal en la figura 5.
- [0036] La figura 5A es un alzado frontal de un bucle poligonal 50 (octogonal en este caso, pero seis lados o más de ocho lados también son posibles).
- [0037] La figura 5B muestra un bucle elíptico 51.
- [0038] La figura 5C muestra un bucle en forma de diamante 52.
- 35 [0039] La figura 5D muestra un bucle trapezoidal 53.
- [0040] Las formas de bucle mostradas en la figura 5 tienen las porciones elásticas de sus tubos de entrada y salida completamente dentro del bucle. Las sensibilidades de los caudalímetros máxicos que tienen las formas de bucle mostradas en la figura. 5 difieren ligeramente. La forma rectangular de la figura 3, sin embargo, proporciona la mayor sensibilidad para dimensiones externas dadas.
- 40 [0041] La figura 6 muestra un tubo en bucle 54 según la invención, dispuesto en una forma de delta que puede ser considerado como una modificación del tubo rectangular de la figura 3. El tubo en bucle 54 tiene un tubo de entrada 55 que está conectado al bucle 54 adyacente a un punto de inicio 56 de dicho bucle 54. El flujo entrante atraviesa un primer lado oblicuo de la forma en delta a partir de este punto de inicio 56, a continuación, la base 60, y, finalmente, un segundo lado oblicuo de la forma en delta. En el punto final 58, el tubo en forma de delta 54 está conectado a un tubo de salida 57. Los tubos de entrada y salida 55, 57 se extienden en paralelo, ajustadamente próximos en el plano del bucle 54 y dentro de dicho bucle 54 y se sujetan a un bastidor (no mostrado) mediante medios de fijación 59. Una suspensión elástica del bucle 54 así realizada es por tanto comparable a la del bucle 2 de la figura 3. El tubo 54 puede estar provisto de proyecciones u "orejas" en las transiciones entre la base 60 y cada uno de los lados oblicuos.
- 45 [0042] Para obtener un cierre mecánico del tubo en bucle 54 mostrado en la figura 6, puede realizarse una conexión mecánica entre el punto 56 de inicio y el punto final 58 del bucle 54. Una alternativa es conectar los respectivos tubos de entrada y salida 55, 57 y 62, 64 mecánicamente sobre al menos parte de sus longitudes de trayectoria libre, por ejemplo por medio de soldeo o soldadura. La interconexión mecánica suprime la aparición
- 50

de las frecuencias naturales que podrían interferir con la medición.

**[0043]** El tubo en forma de delta cerrada de acuerdo con la invención, alternativamente, puede ser construido con un bucle doble en lugar de un solo bucle. Dependiendo del diseño, es posible utilizar los mismos sentidos de flujo así como sentidos de flujo mutuamente opuestos en las dos partes de bucle.

5 **[0044]** La excitación (en oscilación) del tubo en bucle del caudalímetro másico de acuerdo con la invención puede tener lugar de diversas maneras, por ejemplo por medio de un disco magnético adherido al tubo y un electroimán con una bobina de espiras separadas. El presente bucle, no obstante, es en sí mismo un objeto muy ligero, y si los medios de excitación se sujetan al mismo, se requerirá una cantidad adicional de energía para poner el bucle en resonancia. Por lo tanto, las figuras 1 y 2 muestran medios de excitación especiales que hacen innecesario añadir al bucle otros componentes.

10 **[0045]** En la construcción de las figuras 1 y 2, en ambos se utilizan los mismos números de referencia, los medios de excitación para provocar que el bucle de 2 oscile alrededor del eje principal de simetría S (el eje principal de rotación o eje de excitación) comprenden una armadura de imán permanente 8 fijada al bastidor 13, teniendo dicha armadura dos entrehierros 9 y 10 a través de los que pasan porciones 2a y 2b (indicando los segundos tubos transversales de arriba) del tubo de bucle 2, así como los medios para introducir una corriente eléctrica en el tubo 2. En el presente caso, estos son medios para inducir una corriente en el tubo 2.

15 **[0046]** La corriente es inducida en el tubo por medio de dos núcleos de transformador 17, 17a provistos de respectivas bobinas 18a, 18b, a través de cuyos núcleos se hacen pasar las respectivas porciones de tubo 2c y 2d. La combinación de los campos magnéticos generados en los entrehierros 9 y 10 de la armadura de imán permanente 8, cuyos campos son transversales a la dirección de la corriente y están dirigidos opuestamente, y una corriente (alterna) inducida en el tubo 2, ejerce un par sobre el tubo debido al cual, dicho tubo comienza a oscilar o girar alrededor del eje S (en el así denominado modo de torsión). Cuando un medio fluye a través del tubo, el tubo comienza a girar alrededor de un eje S' transversal al eje S (en el así llamado modo de oscilación) bajo la influencia de fuerzas de Coriolis. Durante el funcionamiento los desplazamientos (sinusoidales) de puntos de la porción de tubo 2c, que son representativos del flujo, son detectados mediante un primer sensor 11a y un segundo sensor 11b, y, opcionalmente, por un tercer sensor 11c. El primer y segundo sensores están dispuestos a uno u otro lado del primer eje de rotación S. Un tercer sensor 11c puede servir para fines de corrección. Los sensores pueden ser, por ejemplo, de tipo electromagnético, inductivo, capacitivo, o ultrasónico. En el presente caso, sin embargo, se eligieron sensores ópticos. Cada uno de los sensores 11a, 11b y 11c (figuras 1 y 2) comprenden una carcasa en forma de U que se sujeta al bastidor 13, con una fuente de luz (por ejemplo un LED) colocado en una de las patas y disponiéndose una célula fotosensible (por ejemplo, un fototransistor) enfrente de la fuente de luz en la otra pata. El tubo transversal 2c es capaz de desplazarse entre las patas de la carcasa de sensor en forma de U 11a y 11b (y 11c, cuando está presente).

20 **[0047]** En resumen, la invención se refiere a un caudalímetro másico de tipo Coriolis con un tubo que forma un bucle cerrado a través del cual, durante el funcionamiento, fluye un medio y que tiene medios de excitación para hacer que, durante el funcionamiento, el bucle gire en un modo oscilatorio alrededor de un eje de rotación. El bucle tiene un punto de inicio y un punto final. Los puntos de inicio y final están situados muy juntos y están respectivamente conectados a un tubo flexible de entrada y a un tubo flexible de salida que se extienden en paralelo y próximos entre sí. El bucle está elásticamente suspendido del bastidor del caudalímetro por medio de los tubos flexibles de entrada y de salida que forman preferentemente una sola pieza integralmente con el tubo del bucle.

25 **[0047]** En resumen, la invención se refiere a un caudalímetro másico de tipo Coriolis con un tubo que forma un bucle cerrado a través del cual, durante el funcionamiento, fluye un medio y que tiene medios de excitación para hacer que, durante el funcionamiento, el bucle gire en un modo oscilatorio alrededor de un eje de rotación. El bucle tiene un punto de inicio y un punto final. Los puntos de inicio y final están situados muy juntos y están respectivamente conectados a un tubo flexible de entrada y a un tubo flexible de salida que se extienden en paralelo y próximos entre sí. El bucle está elásticamente suspendido del bastidor del caudalímetro por medio de los tubos flexibles de entrada y de salida que forman preferentemente una sola pieza integralmente con el tubo del bucle.

30 **[0047]** En resumen, la invención se refiere a un caudalímetro másico de tipo Coriolis con un tubo que forma un bucle cerrado a través del cual, durante el funcionamiento, fluye un medio y que tiene medios de excitación para hacer que, durante el funcionamiento, el bucle gire en un modo oscilatorio alrededor de un eje de rotación. El bucle tiene un punto de inicio y un punto final. Los puntos de inicio y final están situados muy juntos y están respectivamente conectados a un tubo flexible de entrada y a un tubo flexible de salida que se extienden en paralelo y próximos entre sí. El bucle está elásticamente suspendido del bastidor del caudalímetro por medio de los tubos flexibles de entrada y de salida que forman preferentemente una sola pieza integralmente con el tubo del bucle.

35 **[0047]** En resumen, la invención se refiere a un caudalímetro másico de tipo Coriolis con un tubo que forma un bucle cerrado a través del cual, durante el funcionamiento, fluye un medio y que tiene medios de excitación para hacer que, durante el funcionamiento, el bucle gire en un modo oscilatorio alrededor de un eje de rotación. El bucle tiene un punto de inicio y un punto final. Los puntos de inicio y final están situados muy juntos y están respectivamente conectados a un tubo flexible de entrada y a un tubo flexible de salida que se extienden en paralelo y próximos entre sí. El bucle está elásticamente suspendido del bastidor del caudalímetro por medio de los tubos flexibles de entrada y de salida que forman preferentemente una sola pieza integralmente con el tubo del bucle.

40 **[0047]** En resumen, la invención se refiere a un caudalímetro másico de tipo Coriolis con un tubo que forma un bucle cerrado a través del cual, durante el funcionamiento, fluye un medio y que tiene medios de excitación para hacer que, durante el funcionamiento, el bucle gire en un modo oscilatorio alrededor de un eje de rotación. El bucle tiene un punto de inicio y un punto final. Los puntos de inicio y final están situados muy juntos y están respectivamente conectados a un tubo flexible de entrada y a un tubo flexible de salida que se extienden en paralelo y próximos entre sí. El bucle está elásticamente suspendido del bastidor del caudalímetro por medio de los tubos flexibles de entrada y de salida que forman preferentemente una sola pieza integralmente con el tubo del bucle.

**REIVINDICACIONES**

1. Caudalímetro másico (1) de tipo Coriolis que comprende: un tubo detector que forma un bucle (2) a través del cual, durante el funcionamiento, circula un medio y que tiene medios de excitación para excitar dicho bucle (2) y que comprende adicionalmente un tubo de entrada (3) y un tubo de salida (4), en el que dicho tubo forma un bucle mecánicamente cerrado, esencialmente en forma de vuelta completa, teniendo dicho bucle (2) un eje principal de simetría (S), teniendo el bucle (2) un punto de inicio y un punto final, cuyos puntos de inicio y final están situados próximos entre sí y conectados a las primeras entradas del tubo de entrada (3) y del tubo de salida (4), caracterizado porque los medios de excitación están previstos para hacer girar el bucle (2) en un modo oscilatorio alrededor del eje principal de simetría (S) de dicho bucle (2) y porque los tubos de entrada y salida (3, 4) son flexibles y se extienden en el plano y dentro del bucle (2), simétricamente respecto del eje principal de simetría, entre dichas primeras extremidades y los medios de fijación (12) asociados a un bastidor (13) que permiten fijarlos, y estando mutuamente conectados los tubos de entrada y de salida (3, 4) entre dichas primeras extremidades y los medios de fijación (12), mediante soldadura o soldeo, por medio de lo cual el bucle (2) se encuentra suspendido del bastidor (13) de manera elástica por medio de los tubos flexibles de entrada y de salida, permitiendo la suspensión resultante un movimiento alrededor de dos ejes perpendiculares en el plano del bucle (2), uno para el movimiento de excitación alrededor del eje principal de simetría (S) y otro para el movimiento de respuesta de Coriolis.
2. Caudalímetro másico según la reivindicación 1, caracterizado porque el bucle (2) está conformado como una sola pieza incorporando el tubo de entrada (3) y el tubo de salida (4).
3. Caudalímetro másico según la reivindicación 1, caracterizado porque el tubo de entrada (3) y el tubo de salida (4) se fijan al bastidor (13) a través de medios de fijación (12) a una distancia predeterminada desde la posición en la que los mismos se conectan a las extremidades del bucle (2), cuya distancia predeterminada define su longitud de trayectoria libre.
4. Caudalímetro másico según la reivindicación 3, caracterizado porque el tubo de entrada (3) y el tubo de salida (4) se extienden con sus longitudes de trayectoria libre mutuamente paralelas y ajustadamente próximos y estando fijados mutuamente próximos a través de medios de fijación (12).
5. Caudalímetro másico según la reivindicación 1 o 3, en el que el bucle (2) tiene forma de rectángulo con dos tubos laterales paralelos (2d, 2e), un primer tubo transversal (2c) conectado a las primeras extremidades de los tubos laterales (2d, 2e), y dos segundos tubos transversales (2a, 2b) conectados por uno de sus extremos a las segundas extremidades de los tubos laterales (2d, 2e) y por sus otros extremos al tubo de entrada (3) y al tubo de salida (4) respectivamente.
6. Caudalímetro másico según la reivindicación 5, caracterizado porque el tubo de entrada (3) y el tubo de salida (4) se extienden ajustadamente próximos entre sí a cualquier lado del eje principal de simetría (S) del bucle (2) y estando fijados al bastidor (13) en una posición más próxima al primer tubo transversal (2c) que a los segundos tubos transversales (2a, 2b).
7. Caudalímetro másico según la reivindicación 1, caracterizado porque los medios de excitación excitan al bucle (2) en un modo de excitación por torsión.
8. Caudalímetro másico según la reivindicación 3, caracterizado porque la longitud de trayectoria libre de los tubos de entrada y de salida (3, 4) asciende a, al menos, el 50% de la altura (d) del bucle (2) visto en una dirección paralela a los tubos de entrada y de salida (3, 4).
9. Caudalímetro másico según la reivindicación 5, caracterizado porque los tubos de entrada y de salida (3, 4), tienen una longitud de trayectoria libre de, al menos, el 50% de la longitud (D) de cada uno de los tubos laterales (2d, 2e).
10. Caudalímetro másico según la reivindicación 5, caracterizado porque los segundos tubos transversales (2d, 2b) se encuentran mecánicamente interconectados cerca de sus conexiones a los tubos de entrada y de salida (3, 4).
11. Caudalímetro másico según las reivindicación 1 o 2, caracterizado porque los tubos de entrada y de salida (3, 4) se extienden mutuamente paralelos y ajustadamente juntos sobre sus longitudes de trayectoria libre y se encuentran interconectados mecánicamente sobre, al menos parte, de sus longitudes de trayectoria libre.
12. Caudalímetro másico según la reivindicación 1, caracterizado porque los medios de excitación incluyen medios (17, 17a; 18, 18a) adaptados para generar una corriente eléctrica en la pared del tubo y medios magnéticos para generar un campo magnético transversal a la dirección de la corriente en la pared del tubo para así ejercer fuerzas de Lorentz sobre el tubo, mediante interacción con la corriente a través del tubo.
13. Caudalímetro másico según la reivindicación 12, caracterizado porque los medios magnéticos incluyen una armadura de imán permanente con un entrehierro a través del cual se extiende una porción de tubo.

14. Caudalímetro másico según la reivindicación 12, caracterizado porque los medios magnéticos incluyen una armadura magnética de imán permanente (8) con dos entrehierros (9, 10) a través de los que se extienden respectivas porciones de tubo (2 a, 2b), opuestamente dirigidas a los campos magnéticos obtenidos en dichos entrehierros (9, 10).
- 5 15. Caudalímetro según la reivindicación 1 o 13, caracterizado porque a uno u otro lado del eje de excitación (S) están dispuestos dos sensores (11a, 11b) para medir desplazamientos de dos puntos del tubo como una función del tiempo.
16. Caudalímetro según la reivindicación 14, caracterizada porque la armadura magnética (8) tiene una abertura central entre los entrehierros (9, 10), y porque los sensores (11a, 11b) están dispuestos en dicha abertura.
- 10 17. Caudalímetro según la reivindicación 12, caracterizado porque el tubo forma un bucle rectangular, la armadura magnética (8) está dispuesta en un lado del bucle rectangular, y los sensores (11a, 11b) están dispuestos en el lado opuesto a aquel.
- 15 18. Caudalímetro másico de tipo Coriolis según la reivindicación 5, caracterizado porque el primer sensor (11a) y el segundo sensor (11b) están dispuestos sobre uno u otro lado del eje principal de simetría (S) del bucle rectangular (2) para detectar desplazamientos de puntos del primer tubo transversal (2c) del bucle rectangular (2), con un tercer sensor (11c) previsto con fines de corrección.
- 20 19. Caudalímetro másico de tipo Coriolis según la reivindicación 18, caracterizado porque los sensores primero, segundo y tercero (11a, 11b, 11c) son sensores ópticos comprendiendo cada sensor una carcasa en forma de U con dos patas que se fijan al bastidor (13), con una fuente luminosa situada en una de las patas y una célula fotosensible opuesta a la fuente luminosa en la otra pata, siendo el primer tubo transversal (2c) del bucle rectangular (2), capaz de desplazarse entre las patas de las carcasas de sensor en forma de U.



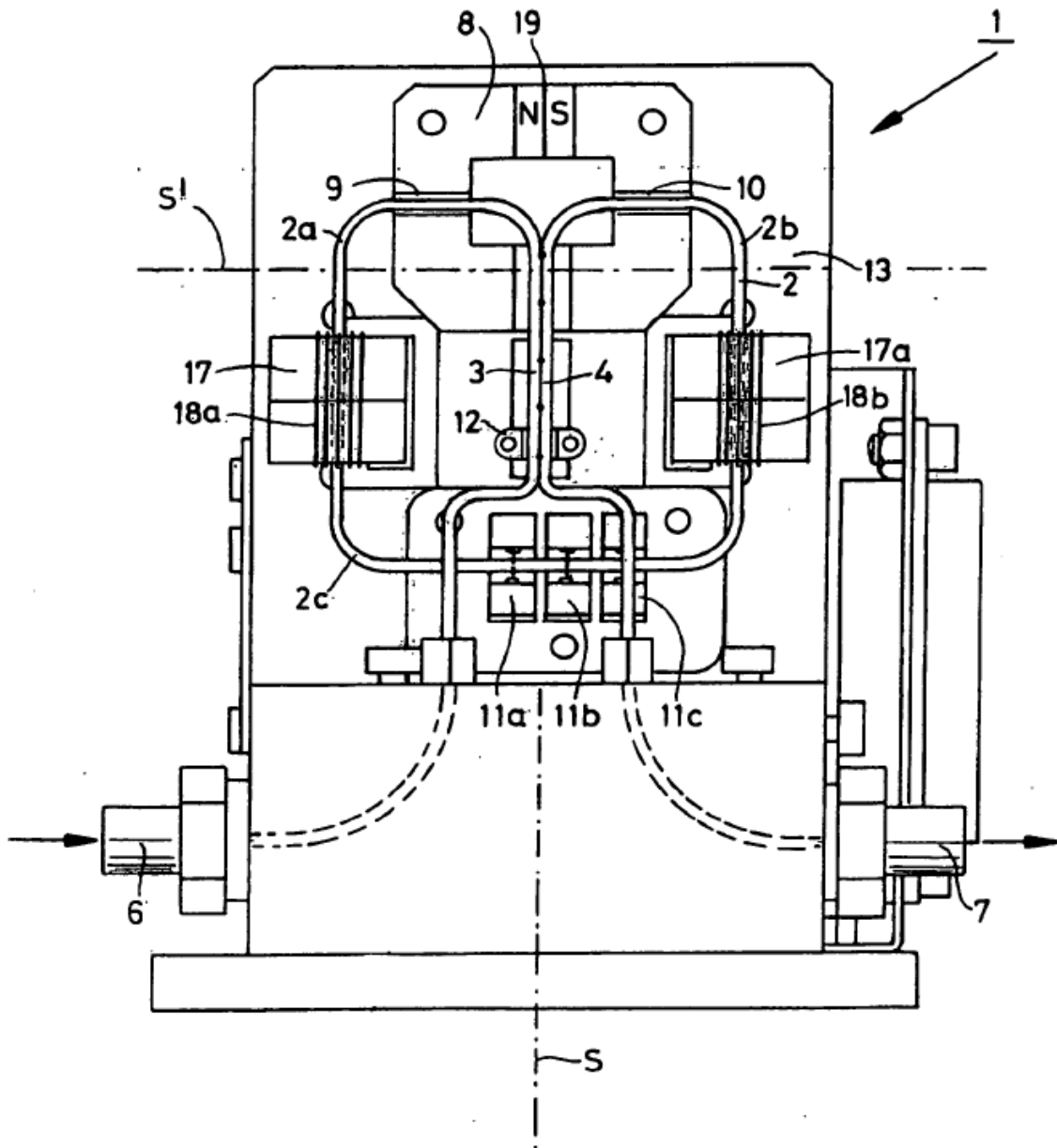


FIG.1

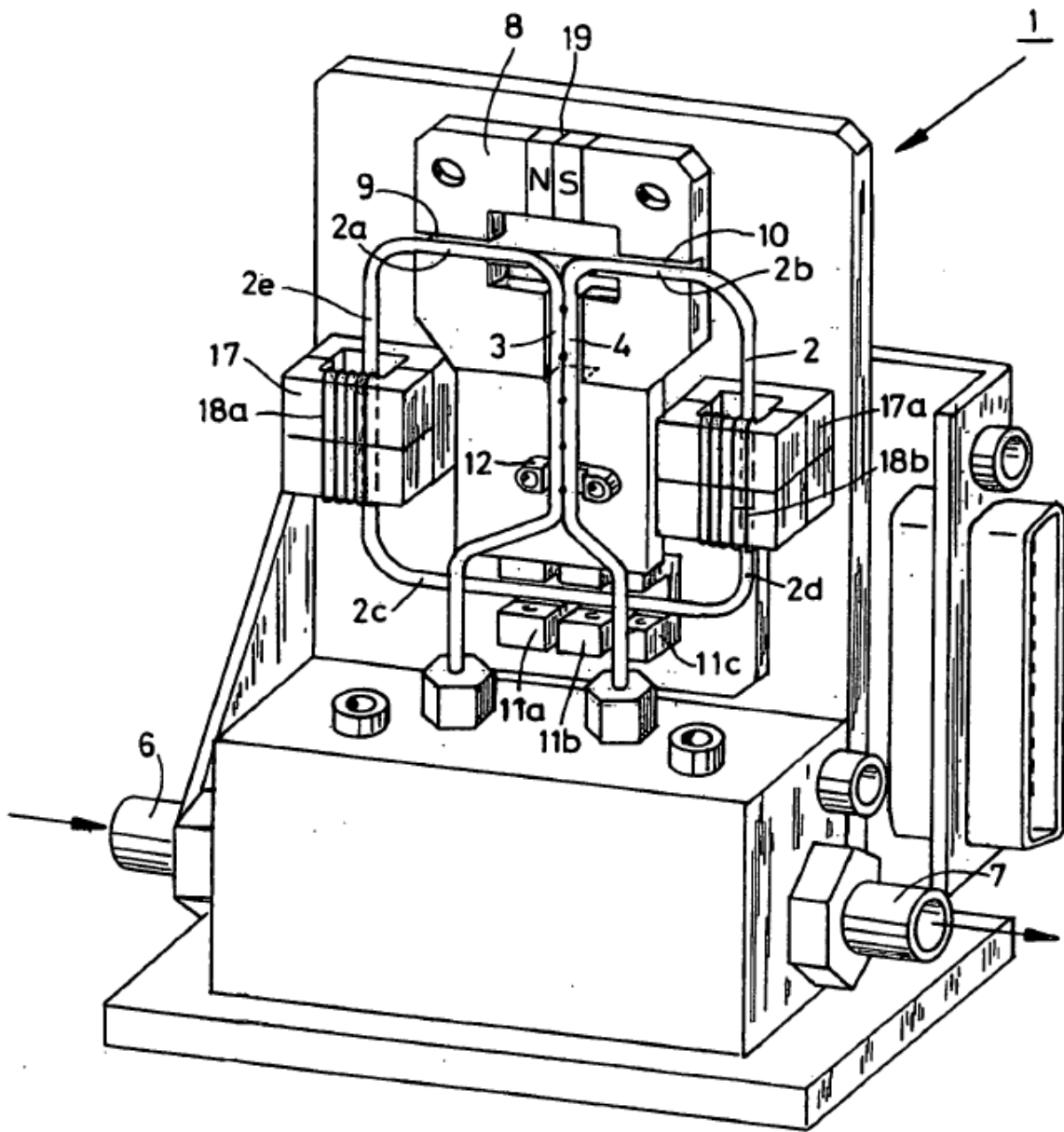


FIG. 2

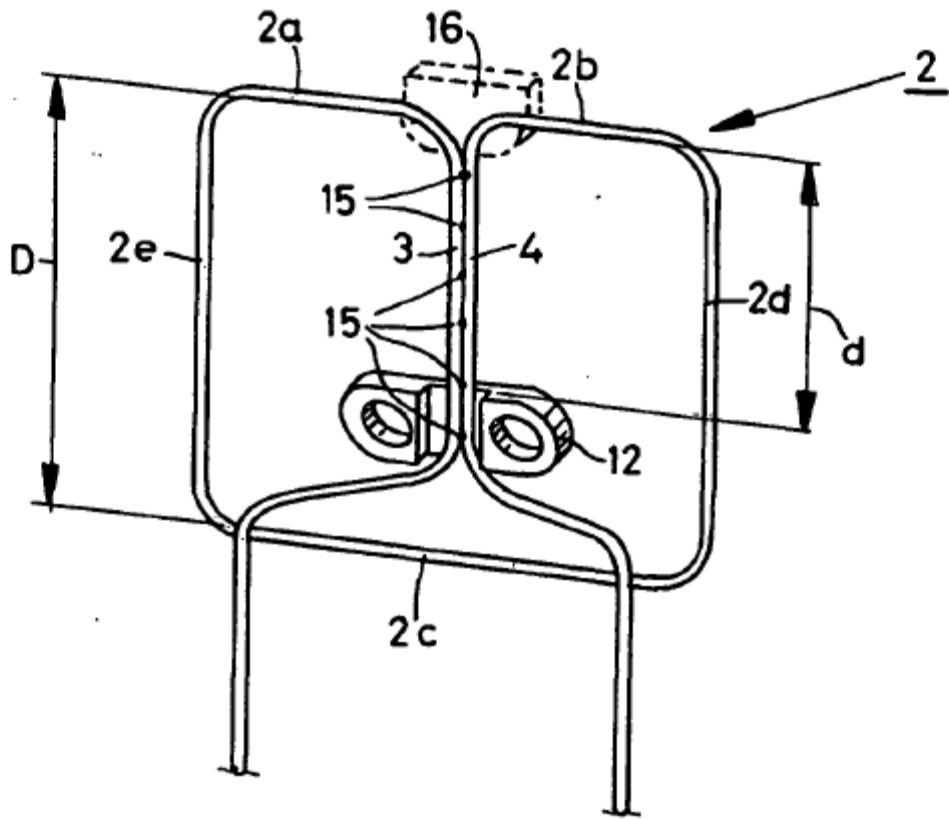
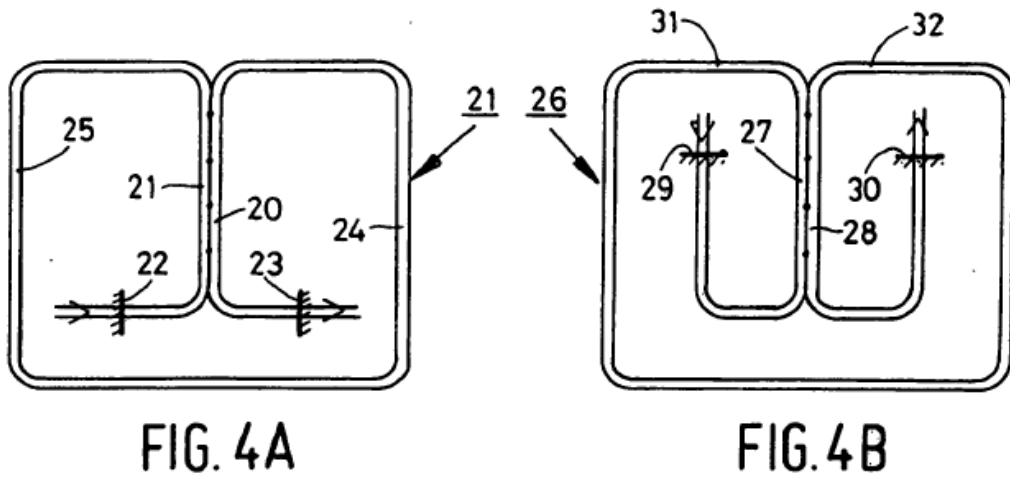


FIG. 3



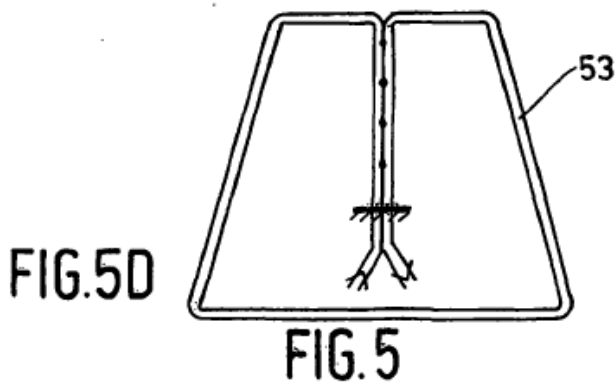
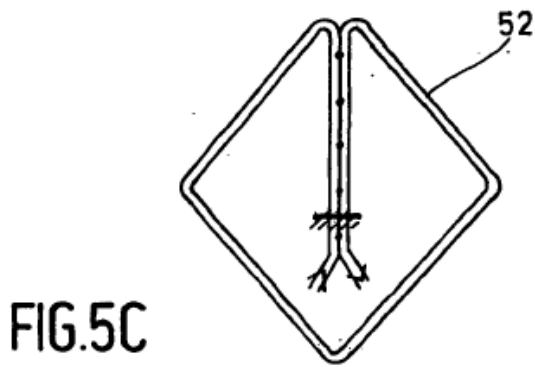
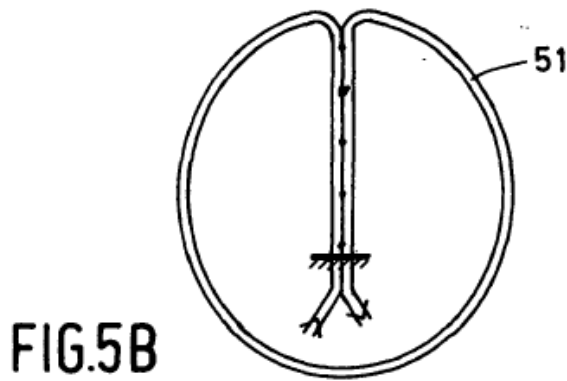
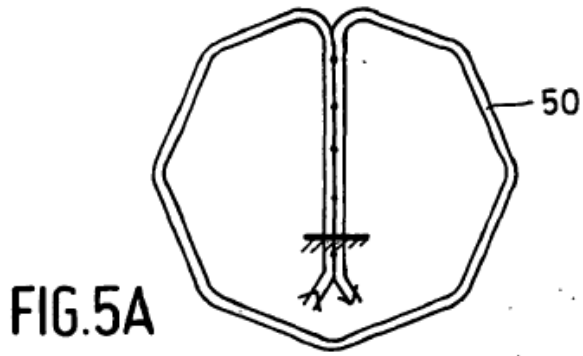
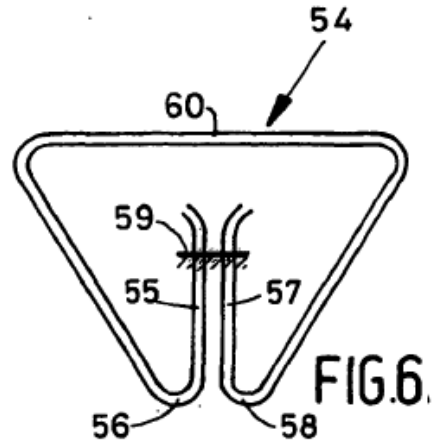


FIG. 5



**REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN**

La lista de referencias citada por el solicitante lo es solamente para utilidad del lector, no formando parte de los documentos de patente europeos. Aún cuando las referencias han sido cuidadosamente recopiladas, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP rechaza toda responsabilidad a este respecto.

**5 Documentos de patente citados en la descripción**

• US P4658657 A [0002]

• US 5535737 A, Lew [0013]