



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 302 376**

51 Int. Cl.:
G01F 1/84 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **99922551 .9**

86 Fecha de presentación : **28.05.1999**

87 Número de publicación de la solicitud: **1001254**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **17.05.2000**

54 Título: **Caudalímetro másico Coriolis.**

30 Prioridad: **29.05.1998 JP 10-148492**
05.06.1998 JP 10-156951

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.07.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.07.2008

73 Titular/es: **OVAL CORPORATION**
10-8, Kamiochiai 3-chome
Shinjuku-ku, Tokyo 161-8508, JP

72 Inventor/es: **Nakao, Yuichi;**
Shiraishi, Yasuichi;
Nihei, Satoru;
Kobayashi, Seiji y
Ito, Yasushi

74 Agente: **Morgades Manonelles, Juan Antonio**

ES 2 302 376 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 Coriolis.

5 **Campo de la invención**

Esta invención se refiere en general a un medidor de flujo másico tipo Coriolis, y más detalladamente a un caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis de un tipo que utiliza dos tubos de flujo paralelo y una estructura de bobinas e imanes de los mismos.

10 **Antecedentes de la técnica**

Es bien conocida una fuerza de Coriolis que actúa sobre un tubo de flujo de un medidor de flujo másico (caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis) basado en el principio de funcionamiento de que un tubo de flujo a través del cual fluye un fluido que está siendo medido está soportado por un extremo o por sus dos extremos, y al que se hace vibrar en los fulcros en una dirección vertical respecto a la dirección de flujo del fluido del tubo de flujo. El caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis puede dividirse a grandes rasgos en dos tipos; un tipo de tubo curvado y un tipo de tubo rectilíneo.

El caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis de tubo rectilíneo, cuando se le hace vibrar en una dirección vertical respecto al eje del tubo rectilíneo en la parte central del tubo rectilíneo soportado por sus dos extremos, se detecta el flujo másico como una diferencia de desplazamiento del tubo rectilíneo provocado por una fuerza de Coriolis entre las piezas que lo soportan y una parte central del tubo rectilíneo, es decir, como una señal de diferencia de fase. A pesar de su construcción sencilla, compacta y robusta, el caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis de tubo rectilíneo no consigue una sensibilidad de detección elevada.

Por otro lado, el caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis de tubo curvado puede detectar flujo másico con una elevada sensibilidad puesto que puede seleccionar la forma óptima para hacer efectivo el uso de fuerzas de Coriolis. Además, también es bien conocida una construcción de caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis de tubo curvado en el que se incorporan dos tubos curvados paralelos a través de los cuales fluye un fluido que está siendo medido para accionar efectivamente los tubos curvados.

La Fig. 10 es un diagrama esquemático de un tipo convencional de un caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis con dos tubos curvados paralelos, tal y como se ha descrito anteriormente. Tal y como se muestra en la figura, los tubos de flujo 1 y 2 comprenden dos tubos curvados paralelos (tubos en forma de U), y que se hacen resonar entre sí en una fase opuesta por una unidad de accionamiento 15 que comprende una bobina y un imán, dispuestos en la parte central de los tubos de flujo 1 y 2. Se colocan un par de sensores de vibración 16 y 17, comprendiendo cada uno de ellos una bobina y un imán, en lugares simétricos en relación con la posición de montaje de la unidad de accionamiento 15 para detectar una diferencia de fase proporcional a fuerzas de Coriolis. Un fluido que está siendo medido fluye desde un tubo de flujo externo conectado a través de una entrada de fluido 18 en el lado de entrada hacia un elemento del medidor tubular 34, y se desvía 90 grados mediante una placa de deflector 35, y se divide de igual forma en los dos tubos de flujo 1 y 2. Los flujos divididos se unen en el lado de salida de los tubos de flujo 1 y 2, se desvían 90 grados mediante una placa de deflector 36, y se descargan en un tubo de flujo externo conectado a través de una brida 19 del lado de salida. Al hacer que el flujo que está siendo medido fluya de igual forma en los dos tubos de flujo 1 y 2, descritos anteriormente, las frecuencias naturales de los dos tubos de flujo 1 y 2 pueden mantenerse igual a pesar de las diferencias en el tipo de fluido o en la temperatura, esto permite que los tubos de flujo se accionen de forma eficiente y estable. Así, puede conseguirse un caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis al que no le afectan las vibraciones externas.

Sin embargo, este tipo convencional de caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis usando dos tubos de flujo curvados paralelos no ha sido perfecto a la hora de aislar la vibración externa.

Tal y como se muestra en las figuras, se proporcionan placas de base 27 y 28 sobre los dos tubos de flujo 1 y 2, que sirven como el primer fulcro de vibración, mientras que las piezas unidas entre los dos tubos de flujo 1 y 2 y el cuerpo del caudalímetro 34 actúa como el segundo fulcro de vibración de los tubos de flujo; ambas constituyen una base importante de la vibración de los tubos. Sin embargo, en el tipo convencional de caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis, el segundo fulcro no se ha aislado perfectamente de la vibración transmitida desde el exterior. Como resultado de ello, la vibración externa transmitida desde las estructuras del caudalímetro, carcasa, etc., posee efectos adversos en el rendimiento del caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis.

Además, puesto que este tipo de caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis que utiliza tubos de flujo que comprenden dos tubos curvados paralelos, posee en su construcción una pieza ramificada en el lado de entrada del fluido que está siendo medido y una pieza confluyente en el lado de salida, puede producirse pérdida de presión u obstrucción del fluido. Esto resulta especialmente cierto cuando se utiliza un fluido altamente viscoso o un fluido perecedero y de fácil obstrucción, tal como comida.

Además, este tipo de caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis debe ser de una construcción económica y robusta para que sea lo suficientemente fiable incluso en caso de daños en los tubos de flujo. El tipo convencional de caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis, no satisface totalmente el requisito.

ES 2 302 376 T3

El tipo convencional de caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis no ha sido diseñado teniendo en cuenta los efectos de modos de vibración de un orden más elevado que son intrínsecos a la vibración de los tubos de flujo.

Una unidad de accionamiento 15 para accionar los tubos 1 y 2 que comprenden dos tubos curvados paralelos en la parte central, comprende normalmente una bobina y un imán. La bobina de la unidad de accionamiento está instalada en cualquiera de los dos tubos de flujo 1 y 2, y el imán está en el otro tubo de flujo de modo que se hace que los tubos de flujo 1 y 2 resuenen entre sí en una fase opuesta. Un par de sensores de vibración 16 y 17, que comprenden cada uno de ellos una bobina y un imán, están dispuestos en posiciones simétricas en relación con la posición de montaje de la unidad de accionamiento 15 para detectar una diferencia de fase proporcional a una fuerza de Coriolis. Las bobinas e imanes de dichos sensores también se proporcionan de forma que la bobina está dispuesta sobre cualquiera de los tubos de flujo y el imán sobre el otro tubo de flujo mediante elementos de fijación.

De esta la unidad de accionamiento 15 y sensores de vibración 16 y 17, solo las bobinas requieren cableado, y los imanes no requieren cableado. Como resultado de ello, se ha proporcionado el cableado solo sobre la superficie del tubo de flujo con la bobina en el tipo convencional de caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis. La patente alemana DE3824351 (25-01-1990) describe dicho caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis convencional, usando dos tubos de flujo curvados paralelos y una carcasa de caudalímetro en forma de caja. Sin embargo, el tipo convencional de caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis no ha tenido en cuenta los efectos del cableado sobre la vibración del tubo de flujo: las bobinas y la unidad de accionamiento 15 y los sensores de vibración 16 y 17 se han concentrado en cualquiera de los tubos de flujo. Como resultado de ello, los efectos de la masa y la tensión del cableado se concentran solo en el tubo de flujo sobre el que está instalada la bobina, y se altera el equilibrio de los dos tubos de flujo, lo cual tiene como resultado efectos adversos sobre el rendimiento del caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis.

Esta invención pretende superar los problemas del caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis del tipo que utiliza dos tubos curvados paralelos. Es un objeto de la presente invención proporcionar un caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis de gran precisión que garantice una elevada estabilidad a las vibraciones, aislando las vibraciones transmitidas desde el exterior a los fulcros de vibración.

Es otro objeto de la invención reducir los efectos de los modos de vibración de orden más elevado de los tubos de flujo.

Es otro objeto más de la presente invención proporcionar un caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis con una construcción tal que sea difícil transmitir las vibraciones a través de un conducto de entrada, y que reduzca sustancialmente la pérdida de presión en la pieza ramificada en la entrada del fluido y en la pieza confluyente situada en la salida del fluido.

Es otro objeto más de la presente invención proporcionar un caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis con una construcción de bajo coste, mecánicamente fuerte y fiable, y conseguir una precisión elevada mejorando el equilibrio de vibración entre los dos tubos de flujo.

Es otro objeto más de la presente invención proporcionar una caja de paredes delgadas y resistente a la presión que pueda superar presiones muy elevadas al conformar la caja resistente a la presión de forma integral con el cuerpo del caudalímetro y redondeando todas las esquinas de la caja.

Es aun otro objeto de la presente invención reducir los efectos adversos en el rendimiento del caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis dispersando las bobinas de la unidad de accionamiento y un par de sensores en los dos tubos de flujo, distribuyendo al mismo tiempo los efectos del cableado para mantener el equilibrio entre los dos tubos de flujo.

50 Descripción de la invención

El caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis de la presente invención posee dos tubos de flujo 1 y 2 que comprenden dos tubos curvados paralelos. Una unidad de accionamiento 15 acciona los tubos de flujo para hacer que uno de los tubos de flujo resuene con el otro en una fase opuesta el uno respecto al otro, mientras que un par de sensores de vibración 16 y 17 están dispuestos en posiciones simétricas en relación con la posición de montaje de la unidad de accionamiento 15 para detectar una diferencia de fase proporcional a una fuerza de Coriolis. Un colector 24 del lado de entrada divide un fluido que está siendo medido en los dos tubos de flujo 1 y 2, mientras que un colector en el lado de salida 25 une los flujos de fluido en los dos tubos de flujo 1 y 2 para efectuar la descarga por la salida de fluido. En este tipo de caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis, los colectores del lado de entrada y del lado de salida se conectan mecánicamente a un cuerpo de medidor 30 solo en el lado de entrada del colector del lado de entrada 24 y en el lado de salida del colector del lado de salida 25, respectivamente. El caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis de alta precisión tiene una construcción tal que puede soportar el doblado y retorcido y mantener la vibración de los tubos de que resulten afectados por las tensiones externas, proporcionando un cuerpo de caudalímetro 30 con una sección transversal en forma de U para alojar puertos de conexión en ambos extremos y todo el cuerpo del caudalímetro, y construyendo el cuerpo del medidor en una construcción de caja colocando una placa de base sobre el cuerpo del medidor sin interferir en los fulcros de vibración. Con esta disposición, los efectos de la vibración transmitida desde el cuerpo del medidor 30 y todas las estructuras a él conectadas pueden reducirse en los extremos de

ES 2 302 376 T3

conexión entre los colectores del lado de entrada y del lado de salida 24 y 25 y los tubos de flujo 1 y 2. De esta forma, la presente invención puede proporcionar un caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis de alta precisión con una elevada estabilidad a las vibraciones aislando las piezas de conexión entre los tubos de flujo y el cuerpo del medidor que actúan como fulcros de vibración de las vibraciones transmitidas desde el exterior.

Según esta invención, el fluido pasa por los colectores del lado de entrada y de salida 24 y 25 se desvían suavemente describiendo arcos circulares desde la entrada y la salida, respectivamente, y las áreas transversales totales de los pasos de fluido cambian constantemente. De este modo se evita efectivamente la pérdida de presión u obstrucción de fluido en la ramificación del fluido o en las piezas de confluencia.

Esta invención puede proporcionar colectores en el lado de entrada y en el de salida 24, 25 que no tienen frecuencias naturales particulares, de modo que se evita que la vibración molesta se amplifique o que la vibración se transmita al conformar los colectores en bloques curvados, mientras se aumenta de forma continua su forma.

La presente invención puede proporcionar un depósito resistente a la presión que es fiable incluso en el caso que un tubo resulte dañado impartiendo una resistencia a la presión muy elevada incluso con paredes finas incorporando de forma integral una caja en forma de U invertida 31 en el cuerpo del medidor 30 con una sección transversal en forma de U y posee una periferia exterior de arco circular, con esquinas redondeadas.

La presente invención puede evitar que se genere el movimiento inercial provocado por la fuerza inercial de la vibración por la unidad de accionamiento 15 y un par de sensores de vibración 16, 17 entre los dos tubos de flujo y alineándolos con los ejes centrales de los tubos.

La presente invención puede mantener perfectamente la simetría de las barras de vibración sin que resulten afectadas por el modo de vibración secundario, y aislar la vibración externa casi completamente al disponer un par de sensores de vibración 16, 17 en los nodos del modo de vibración secundario en las piezas proximales en los lados de entrada y de salida.

La presente invención puede obtener una vibración muy estable y una precisión muy elevada sin resultar afectada por la vibración externa, proporcionando el cableado para la unidad de accionamiento 15 y un par de sensores de vibración 16, 17 mediante tarjetas de circuitos impresos flexibles 12, 13 dobladas simétricamente desde ambos lados de los tubos de flujo y haciendo simétrica la masa adicional y la tensión adicional.

Una bobina de unidad de accionamiento 3 está instalada en un tubo de flujo 1 y un imán de la unidad de accionamiento 6 en el otro tubo de flujo 2, mientras que imanes del sensor de vibración 7 y 8 están instalados en un tubo de flujo 1 sobre el que está instalada la bobina de la unidad de accionamiento 3, y las bobinas del sensor de vibración 4 y 5 están instaladas en el otro tubo de flujo 2. De esta forma, las bobinas de la unidad de accionamiento y los sensores de vibración están dispersos en los dos tubos de flujo, distribuyendo los efectos del cableado para mantener el equilibrio entre los dos tubos de flujo y reducir los efectos adversos en el rendimiento del caudalímetro másico de efecto Coriolis.

El caudalímetro másico de efecto Coriolis de esta invención posee un montante de soporte 10 orientado hacia el extremo de la unidad de accionamiento 15 colocado en la parte central de los tubos de flujo y posee cables para la conexión eléctrica. La superficie final del montante de soporte 10 está conectada a la bobina de la unidad de accionamiento 3 a través de una primera tarjeta de circuitos impresos flexibles 12, mientras que las bobinas del sensor de vibraciones 4 y 5 están conectadas al cableado (cable de Teflón 14) colocado en las superficies de los tubos de flujo a través de una segunda tarjeta de circuitos impresos 13, de modo que el cableado se desvía en la parte central de los tubos de flujo en una posición casi simétrica en relación con el centro de vibración de cada tubo de flujo. De esta forma, los efectos de las tarjetas de circuitos impresos flexibles en los tubos de flujo pueden minimizarse e igualarse haciendo que la rigidez y forma de las tarjetas de circuitos impresos flexibles del cableado que se extienden desde los tubos de flujo hacia el montante de soporte casi igual y dividiendo las tarjetas de circuitos impresos flexibles en los dos tubos de flujo para dispersar los efectos de las tarjetas de circuitos impresos flexibles en los tubos de flujo y hacen que la anchura de las tarjetas de circuitos impresos flexibles sea más estrecha.

55 Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es un diagrama que ilustra un primer ejemplo de caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis al que se aplica la presente invención. Es una vista frontal de un caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis que posee dos tubos curvados paralelos instalados en un plano vertical.

La Fig. 2 es una vista transversal del caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis mostrado en la Fig. 1.

La Fig. 3 es una vista transversal del caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis mostrado en la Fig. 1.

La Fig. 4 es un diagrama que ilustra un segundo ejemplo del caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis al que se aplica la presente invención, visto desde la parte delantera, con los tubos de flujo que constan de dos tubos curvados paralelos montados en un plano vertical.

ES 2 302 376 T3

La Fig. 5 es un diagrama visto desde la parte superior del caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis mostrado en la Fig. 4.

La Fig. 6 es una vista transversal del caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis mostrado en la Fig. 4.

La Fig. 7 es un diagrama que ilustra los detalles de las piezas A y B de la Fig. 5.

La Fig. 8 es un diagrama que ilustra los detalles de la pieza C de la Fig. 6.

La Fig. 9 es un diagrama realizado en la dirección de las flechas sustancialmente a lo largo de la línea D-D de la Fig. 8.

La Fig. 10 es un diagrama esquemático de un caudalímetro másico de efecto Coriolis de tipo de dos tubos curvados paralelos de la técnica anterior.

La Fig. 11 es un diagrama de ayuda para explicar los efectos reducidos del modo de vibración secundaria utilizando una barra de vibración de tubo rectilíneo como modelo.

Mejor modo de llevar a cabo la invención

A pesar de que la presente invención puede aplicarse igualmente a caudalímetros másicos de efecto Coriolis de todos los tipos que utilizan dos tubos de flujo paralelos, a continuación se describirá un caudalímetro másico de efecto Coriolis de compuerta como ejemplo típico del tipo de dos tubos curvados paralelos.

Las Fig. 1 a 3 son diagramas que ilustran un primer ejemplo de caudalímetro másico de efecto Coriolis al cual se aplica la presente invención, en donde los tubos de flujo que comprenden los dos tubos curvados paralelos están instalados en un plano vertical.

La Fig. 1 es una vista frontal parcialmente transversal de un caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis. La Fig. 2 es una vista en alzado parcialmente transversal del caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis instalado en un plano vertical (mostrado en la Fig. 1). La Fig. 3 es una vista lateral transversal del caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis mostrado en la Fig. 1.

Los tubos de flujo 1 y 2 del caudalímetro másico de efecto Coriolis mostrado en las figuras son dos tubos en forma de U invertida formados sustancialmente en la misma forma, estando sus extremos conectados a colectores 24 y 25, que se describirán posteriormente con mayor detalle como una de las características de esta invención. Se asume que un fluido que está siendo medido entra en los tubos por el lado izquierdo de la Fig. 1 y fluye hacia fuera de los tubos por el lado derecho. Es decir, el fluido entra por un tubo de flujo externo conectado a través de una brida 18 se divide de igual modo en el colector del lado de entrada 24 de los dos tubos de flujo 1 y 2. Los flujos divididos se unen en el colector 25 del lado de salida de los tubos de flujo 1 y 2, y se descarga en un tubo de flujo externo conectado a través de una brida 19.

Un cuerpo de medidor 30 que posee puertos de conexión en ambos extremos y el caudalímetro posee una sección transversal en forma de U, como se muestra en la Fig. 1 o en la Fig. 3, que es una vista transversal lateral, y se coloca una placa de base 26 de forma que cubre la apertura superior del cuerpo del medidor 30, excluyendo las áreas ocupadas por los colectores 24 y 25. Es decir, el cuerpo del medidor 30 con una sección transversal en forma de U se forma con la forma de una caja, junto con la placa de base 26.

Cerca de los dos extremos de los tubos de flujo 1 y 2 proporcionados se encuentran las placas de base 27 y 28 que sirven como nodos cuando los tubos de flujo se accionan como un diapasón. Las placas de base 27 y 28 están colocadas de forma fija en los tubos de flujo 1 y 2 para mantener los tubos de flujo 1 y 2 en paralelo los unos respecto a los otros.

Tal y como se ha descrito anteriormente en relación con la técnica anterior, los puntos en los que las placas de base 27 y 28 están colocadas de forma fija en los tubos de flujo 1 y 2 sirven como los primeros fulcros de vibración, mientras que los extremos de conexión de los colectores 24 y 25 sirven como los segundos fulcros. En esta realización de la presente invención, los segundos fulcros de vibración están aislados del cuerpo del medidor 30, de la placa de base 26, de la caja resistente a la presión 31 y del resto de estructuras conectadas al cuerpo del medidor 30. El cuerpo del medidor 30 está mecánicamente conectado a los colectores 24 y 25 solo en el lado de entrada y en el lado de salida, respectivamente. Para formar los segundos fulcros de vibración, es necesario conectar los dos tubos de flujo entre sí. Esto puede conseguirse no solo usando placas de base como en el caso de los primeros fulcros de vibración, sino usando bloques monolíticos de colectores, como en esta realización.

Según se ha descrito anteriormente, esta invención, que posee una construcción tal que la existencia de los segundos fulcros de vibración reduce los efectos de vibración transmitida desde el exterior, puede conseguir una elevada estabilidad de la vibración y un caudalímetro másico de efecto Coriolis de alta precisión. Además, la construcción de caja formada por el cuerpo del medidor con una sección trasversal en forma de U y la placa de base 26 puede soportar doblado y retorcido.

ES 2 302 376 T3

Puesto que la caja resistente a la presión 31 de una sección transversal en forma de U invertida se incorpora de forma integral al cuerpo del medidor 30 con una sección transversal en forma de U, la periferia exterior del conjunto forma una forma de arco circular, estando todas sus esquinas redondeadas, manteniendo una resistencia a la presión muy elevada incluso con unas paredes finas. En el caso de que un tubo de flujo resultara dañado, el fluido del interior del tubo nunca fluye fuera de la caja resistente a la presión.

Tal y como se ha descrito anteriormente, el fluido que está siendo medido pasa a través de la brida 18 en el paso de entrada y se divide igualmente en los dos tubos de flujo 1 y 2 a través del colector del lado de entrada 24. Los flujos de fluido divididos se unen en el colector 25. Llegados a este punto, el trayecto del fluido del colector 24 mostrado como realización de esta invención se desvía suavemente 90 grados, describiendo un arco circular, desde la entrada (la pieza conectada a la brida 18) (véase la Fig. 1), y conducidos a la pieza conectada a los tubos de flujo 1 y 2. El fluido que entra por un conducto de entrada se divide en dos trayectorias de flujo en los tubos de flujo 1 y 2 (véase la Fig. 3). El área transversal total de las trayectorias de flujo se reduce de forma continuada hasta el área transversal de los tubos de flujo. De este modo se reduce sustancialmente la pérdida de presión. El área transversal total de los tubos de flujo está normalmente diseñado para tener aproximadamente 0,7 ~ 0,8 del área transversal del tubo de flujo externo debido a que el fluido tiende a fluir en los tubos de flujo a una velocidad superior que en el tubo de flujo, lo cual tiene como resultado unas fuerzas de Coriolis mayores.

El colector 24 con tal trayecto de flujo puede diseñarse de tal modo que no tenga ninguna frecuencia natural en particular aumentando de forma continua su forma y dándole la forma de un bloque curvado. Cuando se diseña según tal construcción, el colector 24 puede evitar que se transmitan las vibraciones molestas.

Aunque se omite la descripción detallada sobre el colector 25 del lado de salida, debido a que el colector 25 se encuentra en una posición simétrica en relación con el colector 24 y tiene sustancialmente el mismo tamaño y forma que el colector 24, las trayectorias de flujo desde los dos tubos de flujo 1 y 2 se unen en el colector 25 mientras que su área transversal total aumenta de forma continuada, conduciendo al conducto de salida.

La unidad de accionamiento 15 comprende normalmente un imán y una bobina, y acciona los tubos de flujo que comprenden dos tubos curvados paralelos en su centro para hacerlos resonar entre sí en una fase opuesta. Un par de sensores de vibración 16 y 17 comprenden cada uno de ellos un imán y una bobina, y están dispuestos en posiciones simétricas en relación con la posición de montaje de la unidad de accionamiento 15 para detectar una diferencia de fase proporcional a una fuerza de Coriolis. La unidad de accionamiento 15 y los sensores de vibración 16 y 17 mostrados en la figura están dispuestos entre los ejes de los tubos de flujo 1 y 2. Es decir, la unidad de accionamiento 15 y un par de los sensores de vibración 16 y 17, cuando se visualizan los dos tubos de flujo en una dirección tal como para sobrepone uno a otro, están dispuestos entre los dos tubos de flujo y alineados entre sí en una línea que conecta los ejes centrales de los tubos de flujo. Esta disposición permite que la fuerza de accionamiento actúe en una línea que conecta los ejes centrales de los dos tubos de flujo, y permite que una fuerza de Coriolis sea detectada como resultado de la fuerza de accionamiento, libre del momento de inercia provocado por una fuerza de vibración inercial.

En la realización mostrada en las figuras, un par de sensores de vibración 16 y 17 están dispuestos en los nodos del modo de vibración secundario en las piezas proximales de los lados de entrada y de salida que actúan como barras de vibración. La Fig. 11 es un diagrama esquemático de ayuda para explicar el efecto reducido del modo de vibración secundaria, utilizando una barra de vibración de tubo rectilíneo como modelo. Es decir, cada una de las piezas proximales en el lado de entrada y de salida de los tubos de flujo mencionados 1 y 2 se expresa mediante un barra de vibración de tubo rectilíneo (cuatro haces en total), como se muestra en la Fig. 11 (A). En la figura, el primer fulcro de vibración representa los puntos en los que las placas de base 27 y 28 están colocados de forma fija en los tubos de flujo 1 y 2, mientras que el segundo fulcro de vibración representa los extremos de conexión superiores entre los tubos de flujo 1 y 2 y los colectores 24 y 25. Se asume que un peso predeterminado está conectado a la punta de la barra de vibración de tubo rectilíneo.

Este peso corresponde a la masa de los vértices que conectan las piezas proximales de los dos tubos de flujo (lo cual incluye la masa de fluido que fluye en los tubos) y la masa de la unidad de accionamiento (Dr).

En la barra de vibración de tubo rectilíneo, siempre existen modos de vibración de orden más elevado, además del modo de vibración fundamental primario usado en la medición con el caudalímetro másico de efecto de Coriolis mostrado en la Fig. 11 (B). De modos de vibración de orden elevado, el modo de vibración secundario con una frecuencia natural próxima a la del modo de vibración primario podría tener el mayor efecto, tal y como se muestra en la Fig. 11 (C). Cuando un sensor (mostrado por P/O en la Fig. 11 (A)) está colocado en el nodo del modo de vibración secundario, el sensor no resulta afectado por el modo de vibración secundario.

La posición correspondiente al nodo del modo de vibración secundario se determina por los pesos del vértice, la unidad de accionamiento, y el sensor; cuando la distancia desde el primer fulcro al vértice se asume como L , la posición correspondiente al nodo se encuentra dentro del intervalo de $0,65L \sim 0,85L$ desde el primer fulcro.

Puesto que el cableado de la unidad de accionamiento 15 y un par de los sensores de vibración 16 y 17 al exterior se proporciona mediante tarjetas de circuitos impresos flexibles 12 y 13 dobladas simétricamente desde ambos tubos de flujo 1 y 2 orientados el uno hacia el otro a lo largo de los ejes centrales de los tubos de flujo (líneas del lado derecho y del lado izquierdo de la Fig. 3), la masa añadida a los tubos de flujo vibrantes 1 y 2, y la tensión (tensión

ES 2 302 376 T3

añadida) que actúa desde el exterior de los tubos de flujo vibrantes 1 y 2 son perfectamente simétricas. Esto ayuda a conseguir una elevada estabilidad a la vibración y hace que el caudalímetro másico sea menos susceptible a los efectos de la vibración desde el exterior. Como resultado de ello, puede obtenerse un caudalímetro másico con una precisión extremadamente elevada.

5

En la figura, el número 10 se refiere a un montante de soporte para el cableado a la unidad de accionamiento 15 y un par de los sensores de vibración 16 y 17 y el cableado al sensor de temperatura. El montante de apoyo 10 está soportado por la placa de base 26 y pasa a través del cuerpo del medidor 30.

10

El cableado a la unidad de accionamiento 15 y un par de los sensores de vibración 16 y 17 se pasa sobre las superficies de los tubos de flujo 1 y 2 al extremo superior del montante de soporte 10 a través de las tarjetas de circuitos impresos flexibles 12 y 13, pasan a través del interior del montante de soporte 10, y conectados a una caja de terminales 9 proporcionada en el exterior del caudalímetro másico de efecto de Coriolis, o directamente a un circuito de control eléctrico. El cableado a los sensores de temperatura que normalmente se proporcionan en multitud se pasa al exterior a través del montante de soporte 10. Al pasar el cableado por fuera del medidor, un casquillo resistente a la presión fabricado por moldeo de plásticos y colocado en el interior del montante de soporte 10, cierra herméticamente la salida del cable para proteger el espacio interior del exterior, junto con la caja resistente a la presión 31 mencionada anteriormente.

15

20

Las Figs. 4 hasta 9 son diagramas que ilustran un ejemplo de un caudalímetro másico de efecto de Coriolis al que se aplica la presente invención. La Fig. 4 es una vista frontal de un caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis, con dos tubos curvados paralelos instalado en el plano vertical. La Fig. 5 es una vista en alzado del caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis mostrado en la Fig. 4; los detalles de las piezas A y B del mismo se muestran en la Fig. 7. La Fig. 6 es una vista transversal del caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis mostrado en la Fig. 4 mediante un corte por el centro del mismo; la pieza C del mismo se muestra en la Fig. 8.

25

La Fig. 9 es una vista fragmentaria tomada en la dirección de las flechas sustancialmente a lo largo de la línea D-D de la Fig. 8.

30

El caudalímetro de flujo másico de efecto Coriolis mostrado en las figuras tiene una construcción normal, salvo la disposición y cableado de las bobinas e imanes de la unidad de accionamiento 15 y un par de sensores de vibración 16 y 17, que son características de la invención. Los tubos de flujo 1 y 2 son tubos curvados con la misma forma de compuerta; estando sus dos extremos conectados a un colector (no mostrado) para formar conductos de fluidos. En las proximidades de ambos extremos de los tubos de flujo 1 y 2 proporcionados se encuentran placas de base 27, 28 para formar nodos cuando se hace que los tubos de flujo 1 y 2 resuenan el uno con el otro como un diapason, y los tubos de flujo 1 y 2 están colocados de forma fija para mantenerse en paralelo el uno respecto al otro.

35

El fluido que está siendo medido pasa a través de la brida de entrada de fluido 18, dividida de igual forma en los dos tubos de flujo 1 y 2 en el lado de entrada, y unidos en el lado de salida de los tubos de flujo 1 y 2. La unidad de accionamiento 15 acciona los tubos de flujo 1 y 2 que comprenden dos tubos curvados paralelos en su parte central para hacer que los tubos 1 y 2 resuenen el uno con el otro en una fase opuesta. Un par de sensores de vibración 16 y 17 están dispuestos en posiciones simétricas en relación con la posición de montaje de la unidad de accionamiento 15 para detectar una diferencia de fase proporcional a una fuerza de Coriolis.

40

45

Aunque la presente invención no es diferente de la técnica anterior en que la unidad de accionamiento 15 y los sensores de vibración 16 y 17 comprende bobinas e imanes, el caudalímetro másico de efecto Coriolis mostrado en las Fig. 4 a 9 se caracteriza por su distribución y cableado. En las figuras, el número 10 se refiere a un montante de soporte para el cableado que conduce a la unidad de accionamiento 15 y sensores de vibración 16 y 17, y el cableado a un sensor de temperatura 20 al cableado del sensor de temperatura. El montante de soporte 10 se sustenta por una base 38 de modo que está encarado hacia la unidad de accionamiento 15 y pasa a través del cuerpo del caudalímetro 37. Por supuesto, pueden distribuirse bobinas de la unidad de accionamiento 15 y un par de los sensores de vibración 16 y 17 en los dos tubos de flujo, y al mismo tiempo, pueden dispersarse los efectos del cableado sin utilizar el montante de soporte 10 pasando el cableado sobre las superficies de los tubos de flujo hacia los lados de entrada y de salida de los tubos de flujo. Sin embargo, el uso del montante de soporte 10 puede dispersar los efectos del cableado de forma más positiva.

50

55

Tal y como se muestra en la Fig. 7, que ilustra los detalles de la pieza A de la Fig. 5, o bien en la Fig. 8 que ilustra los detalles de la pieza C de la Fig. 6, la bobina 3 de la unidad de accionamiento 15 está colocada en un tubo de flujo 1, mientras que el imán 6 del mismo está colocado en el otro tubo de flujo 2 mediante elementos de fijación. El cableado a la bobina de la unidad de accionamiento 3 se conecta al exterior del caudalímetro másico de efecto Coriolis a través de una tarjeta de circuitos impresos flexible 12 soldada a una pieza de soldadura 22 y el cableado por dentro del montante de soporte 10. La tarjeta de circuitos impresos flexible usada en esta invención es conocida públicamente, tal como una tarjeta de circuitos impresos flexible fabricada de lámina de cobre colocada entre películas de poliimida, con una anchura predeterminada, como se muestra en la Fig. 9.

60

65

Un par de sensores de vibración 16 y 17 son de tal forma que se coloca un imán de sensor de vibración 7 en un tubo de flujo 1 y una bobina del sensor de vibración 4 al otro tubo de flujo 2 a través de elementos de sujeción, tal y como se muestra en la Fig. 7 ilustrando los detalles de la pieza B de la Fig. 5. Es decir, el imán del sensor de vibración

ES 2 302 376 T3

7 está colocado en un tubo de flujo 1 en la cual está colocada la mencionada bobina de la unidad de accionamiento 3, y la bobina del sensor de vibración 4 está colocada en el otro tubo de flujo 2 en el cual está colocado el imán de la unidad de accionamiento 6.

5 El cableado a las bobinas del sensor de vibración 4 y 5 se consigue proporcionando un cable de Teflón (un cable de cobre o lámina recubierta de Teflón) soldado en la pieza de soldadura 21 y colocado sobre la superficie del tubo de flujo 2, como se muestra en la Fig. 7 que ilustra los detalles de la pieza B de la Fig. 5.

10 El alambre de Teflón 14 se extiende sobre la superficie del tubo de flujo 2 desde las bobinas del sensor de vibración 4 y 5 colocadas sobre los tubos de flujo en posiciones simétricas en relación con la posición de montaje de la unidad de accionamiento 15 hacia el montante de soporte 10, y los alambres de Teflón derecho e izquierdo 14 están conectados a la tarjeta de circuitos impresos flexible 13 en la parte central (Fig. 8) y a la parte exterior del caudalímetro másico de efecto Coriolis a través del cableado dentro del montante de soporte 10. Tal y como se muestra en las Fig. 8 y 9, la tarjeta de circuitos impresos flexible 13 tiene la misma rigidez y forma que la tarjeta de circuitos impresos flexible 12 para el cableado a la bobina de la unidad de accionamiento 3 para formar un par, y está formada casi simétricamente para minimizar e igualar los efectos de la masa, etc., sobre los tubos de flujo 1 y 2. En la Fig. 9 en la que se muestra el extremo superior del montante de soporte 10, la tarjeta de circuitos impresos flexible 13 del lado izquierdo es para el cableado a la bobina de la unidad de accionamiento 3, y la tarjeta de circuitos impresos flexible 13 del lado derecho es para el cableado a las bobinas del sensor de vibración 4 y 5. Además, también se observan en la figura terminales para el cableado hacia el sensor de temperatura a través del montante de soporte 10.

Aplicación industrial

25 Según se ha descrito anteriormente, la presente invención puede proporcionar un caudalímetro másico de efecto Coriolis de alta precisión de un tipo que usa dos tubos de flujo paralelos con una elevada estabilidad a la vibración.

Referencias bibliográficas mencionadas en la descripción

30 *Esta Lista de referencias bibliográficas mencionadas por el solicitante se ha incorporado exclusivamente para información del lector. Pero no forma parte integrante de la documentación de la patente europea. Aún habiéndose recopilado estas referencias bibliográficas con sumo cuidado, no pueden excluirse errores u omisiones, por lo que la EPO declina toda responsabilidad a este respecto.*

35 Documentación de la patente mencionada en la descripción

- DE 3824351.

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un caudalímetro másico de efecto Coriolis que comprende dos tubos de flujo paralelos (1, 2), un colector en el lado de entrada (24) que ramifica desde una entrada un fluido que está siendo medido en dichos dos tubos de flujo (1, 2), un colector en el lado de salida (25) para unir los flujos de fluido que fluyen por dichos dos tubos de flujo (1, 2) para descargar desde una salida de fluido (15) para hacer que cualquiera de dichos tubos de flujo (1, 2) resuenen con el otro tubo de flujo (1, 2) en una fase opuesta entre sí, un par de sensores de vibración (16, 17), dispuestos en posiciones simétricas en relación con la posición de montaje de dicha unidad de accionamiento (15), para detectar una diferencia de fase proporcional a una fuerza de Coriolis, y un cuerpo de medidor (30) que sujeta los puertos de conexión de ambos extremos y el caudalímetro, en donde dicho cuerpo de medidor (30) está conectado de forma mecánica a dicho colector del lado de entrada (24) y del lado de salida (25), respectivamente, de modo que las piezas unidas (27, 28) entre dichos colectores del lado de entrada (24) y del lado de salida (25) y dichos tubos de flujo (1, 2) que sirven como fulcros de vibración, están aislados de dicho cuerpo del caudalímetro (20) así como todas las estructuras conectadas a él, **caracterizado** por el hecho de que dicho cuerpo del caudalímetro (30) posee una sección transversal en forma de U y una construcción en caja con una placa de base en su parte superior (26, 38) para evitar que dicho cuerpo del caudalímetro (30) interfiera con dichos fulcros de vibración.
2. Un caudalímetro másico de efecto Coriolis según se establece en la Reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que dicha trayectoria de flujo de dicho con dicho colector del lado de entrada (24) está ligeramente curvado desde su entrada, ramificando en dos tubos de flujo (1, 2) reduciendo continuamente el área transversal total de las trayectorias de flujo de dichos dos tubos de flujo (1, 2), y que las trayectorias de flujo de dicho colector del lado de salida (25) está ligeramente curvado desde las piezas unidas (27, 28) con dichos tubos de flujo (1, 2), uniendo dichas trayectorias de flujo, y conduciendo a una salida de fluido.
3. Un caudalímetro másico de efecto Coriolis según se establece en la Reivindicación 2, **caracterizado** por el hecho de que dichos colectores del lado de entrada (24) y del lado de salida (25) están formados en bloques curvados cuyas áreas transversales aumentan de forma continua hacia dichas piezas unidas (27, 28) con dichos tubos de flujo (1, 2) de dicha entrada de fluido (18) y dicha salida de fluido (19).
4. Un caudalímetro másico de efecto Coriolis según se establece en la Reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que dicho cuerpo del caudalímetro (30) posee una caja en forma de U con una forma circunferencial exterior en forma de arco circular y conectada a él integralmente.
5. Un caudalímetro másico de efecto Coriolis según se establece en la Reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que dicha unidad de accionamiento (15) y dichos sensores de vibración (16, 17) están dispuestos entre dichos dos tubos de flujo (1, 2) de modo que están alineados con los ejes centrales de dichos dos tubos de flujo (1, 2).
6. Un caudalímetro másico de efecto Coriolis según se establece en la Reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que dicha unidad de accionamiento (15) está conectada eléctricamente a dichos sensores de vibración (16, 17) en el eje central en los lados de entrada y de salida de dichos tubos de flujo (1, 2), utilizando tarjetas de circuitos impresos flexibles (12, 13) dobladas simétricamente desde ambos lados de dichos dos tubos de flujo (1, 2) de forma que las masas y tensiones añadidas a dichos dos tubos de flujo (1, 2) sean simétricas.
7. Un caudalímetro másico de efecto Coriolis según se establece en la Reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que dichos sensores de vibración (16, 17) están dispuestos en nodos del modo de vibración secundario en las piezas proximales de los lados de entrada y salida que sirven como barras de vibración.
8. Un caudalímetro másico de efecto Coriolis según se establece en la Reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que dicha unidad de accionamiento (15) y dicho par de sensores de vibración (16, 17) están formados por una bobina (4, 5) y un imán (7, 8), y el hecho de que dicha bobina de la unidad de accionamiento (4, 5) está colocada en cualquiera de dichos tubos de flujo (1, 2) y dicho imán de la unidad de accionamiento (7, 8) está colocado en el otro tubo de flujo (1, 2), y los imanes (7, 8) de dichos sensores de vibración (16, 17) están colocados en cualquiera de dichos tubos de flujo (1, 2) y las bobinas (4, 5) de dichos sensores de vibración (16, 17) están colocados en el otro tubo de flujo (1, 2).
9. Un caudalímetro másico de efecto Coriolis según se establece en la Reivindicación 8, **caracterizado** por el hecho de que se proporcionan un montante de soporte (10) orientado hacia el extremo de dicha unidad de accionamiento (15) colocado en la parte central de dichos tubos de flujo (1, 2) y los cables para la conexión eléctrica que se hacen pasar a través del mismo, el hecho de que una primera tarjeta de circuitos impresos flexible (12) extendiéndose desde la superficie final de dicho montante de soporte (10) hacia uno de dichos tubos de flujo (1) está conectada a dicha bobina de la unidad de accionamiento (4), y una segunda tarjeta de circuitos impresos flexible (13) que se extiende desde la superficie final de dicho montante de soporte (10) al otro tubo de flujo (2) está conectada a cables que se extienden desde las bobinas (4, 5) de dichos sensores de vibración (16, 17) a lo largo de la superficie de dichos tubos de flujo (1, 2) de forma que dichas tarjetas de circuitos impresos (12, 13) están dobladas en la parte central de dichos tubos de flujo (1, 2) casi de forma simétrica en relación con el centro de vibración de cada tubo de flujo (1, 2).

Fig. 1

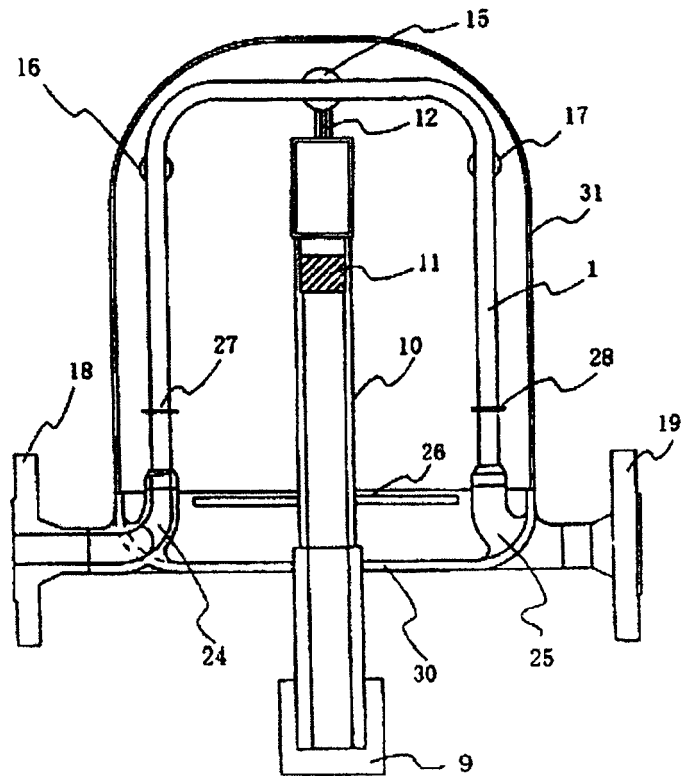


Fig. 2

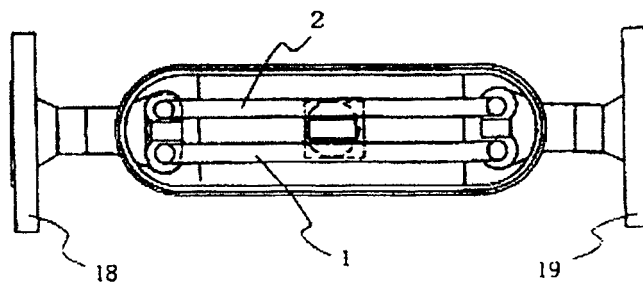


Fig. 3

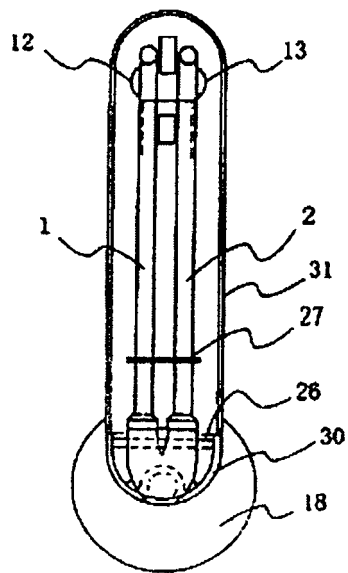


Fig. 4

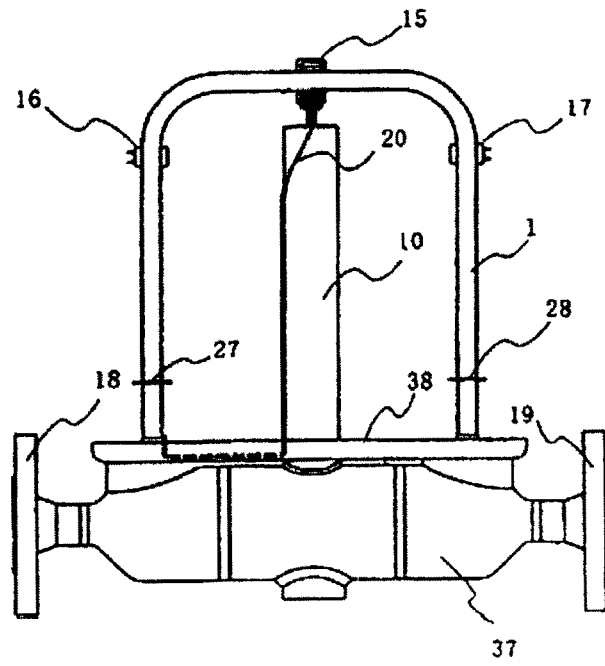


Fig. 5

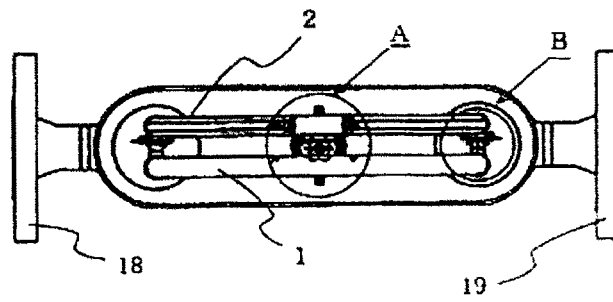


Fig. 6

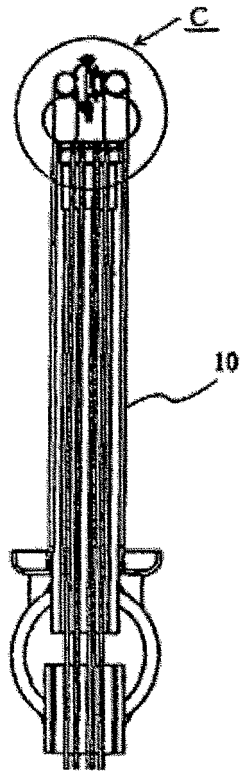


Fig. 7

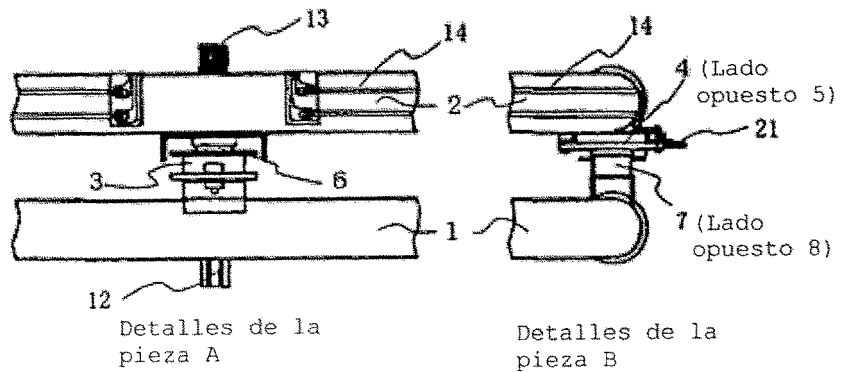
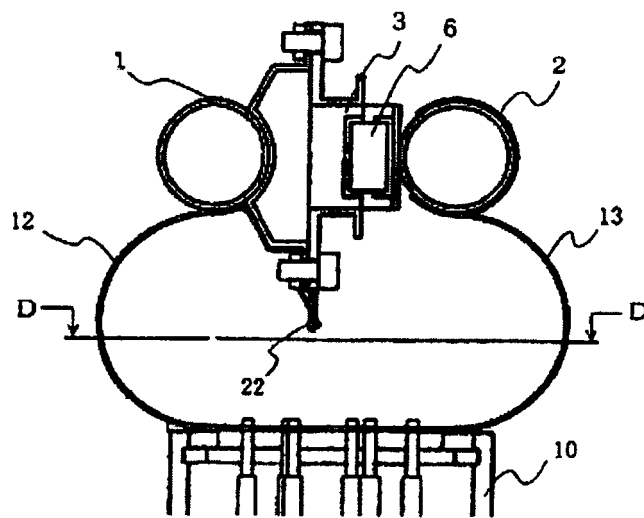


Fig.8



Detalles de la
pieza C

Fig.9

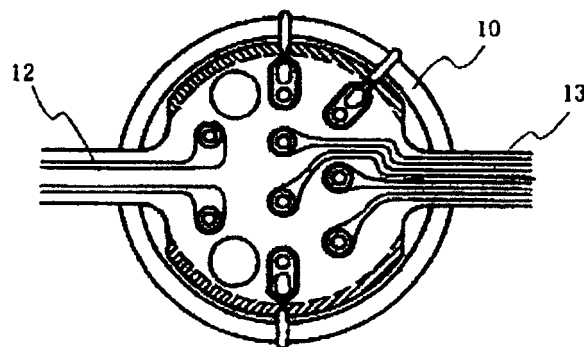


Fig. 10

Técnica anterior

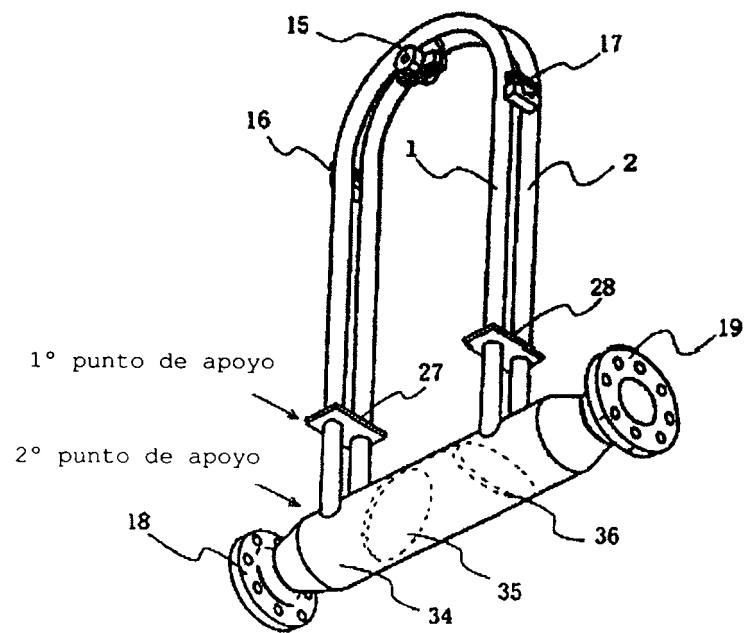
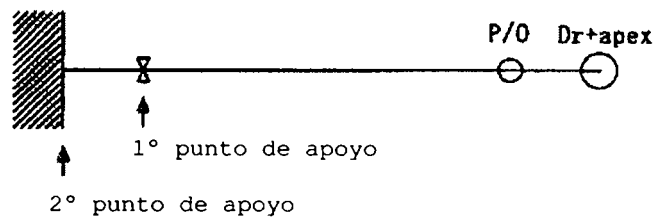
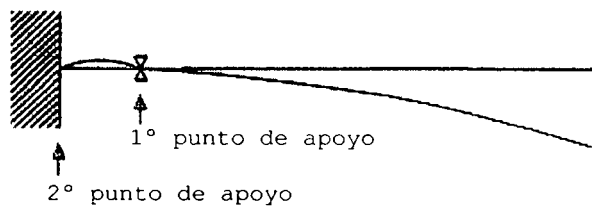


Fig. 11

(A)



(B) Modo de vibración principal



(C) Modo de vibración secundario

