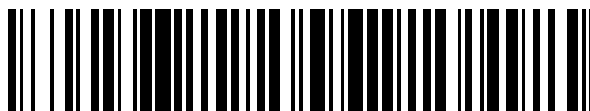


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 752 848**

51 Int. Cl.:

G01F 1/58 (2006.01)

G01F 15/06 (2006.01)

G01F 15/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.06.2010 PCT/EP2010/003502**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.12.2010 WO10142450**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.06.2010 E 10730067 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.07.2019 EP 2440885**

54 Título: **Caudalímetro de inducción magnética**

30 Prioridad:

12.06.2009 US 457483

19.12.2009 DE 202009017274 U

19.12.2009 DE 202009017275 U

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

06.04.2020

73 Titular/es:

SENSUS SPECTRUM, LLC (100.0%)
8601 Six Forks Road, Suite 700
Raleigh, NC 27615, US

72 Inventor/es:

GÖGGE, JÖRN;
ZIMMERMAN, MICHAEL y
PSTIR, RAYMOND

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 752 848 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 de inducción magnética

5 Campo técnico
La invención se refiere a caudalímetros de inducción magnética según el preámbulo de la reivindicación 1.

Estado de la técnica

10 Los caudalímetros de inducción magnética utilizan un método de medición basado en la ley de Faraday de inducción electromagnética. El primer fundamento para la medición por inducción magnética de la velocidad de corriente de fluidos se protocolizó en el año 1832 en una publicación de Michael Faraday. La técnica de conmutación electrónica moderna junto con campos magnéticos alternos permitió separar las señales útiles proporcionales a la velocidad de la corriente de las señales parásitas que se producen por procesos electroquímicos al generar el campo magnético en los electrodos utilizados para el desacoplamiento de señales. Por lo tanto, parecía que ya nada se interponía en el camino del uso industrial generalizado de caudalímetros de inducción magnética.

15 El principio de medición de los caudalímetros de inducción magnética aprovecha la separación de cargas en movimiento en un campo magnético. El líquido conductor que ha de ser medido fluye a través de un tubo de material no magnético, cuya parte interior es eléctricamente aislante. Desde fuera se aplica un campo magnético por medio de bobinas. Los portadores de carga presentes en el líquido conductor, iones y otras partículas cargadas, son desviados por el campo magnético: los portadores de carga positivos a un lado, los portadores de carga negativos al otro lado. Debido a la separación de la carga, en unos electrodos de medición dispuestos perpendiculares al campo magnético se produce una tensión, que se registra con un aparato de medición. La magnitud de la tensión medida es proporcional a la velocidad de corriente de los portadores de carga y, por lo tanto, proporcional a la velocidad de flujo del fluido de medición. Mediante integración en el tiempo se puede calcular el caudal.

20 En caso de campos magnéticos generados con tensión alterna pura se produce una inducción de tensiones parásitas en los electrodos, que han de ser suprimidas mediante filtros adecuados y costosos. Por ello, el campo magnético normalmente se genera mediante una corriente continua sincronizada de polaridad alternante. Esto asegura un punto cero estable y hace que la medición sea insensible a influencias por sustancias multifase y heterogeneidades en el fluido. De este modo se puede obtener una señal de medición útil también en caso de una baja conductividad.

25 Si un líquido de medición se mueve a través del tubo de medición, de acuerdo con la ley de inducción, en los dos electrodos de medición, que están dispuestos en el tubo de medición perpendiculares a la dirección de flujo y perpendiculares al campo magnético, se produce una tensión. En caso de un perfil de corriente simétrico y un campo magnético homogéneo, dicha tensión es directamente proporcional a la velocidad de corriente media. El procedimiento de medición de caudales por inducción puede generar, directamente a partir del caudal, una señal eléctricamente útil para su procesamiento posterior. Fundamentalmente es aplicable la siguiente ecuación:

$$40 \quad U = k * B * D * v$$

con U = tensión, k = factor de proporcionalidad, B = intensidad de campo magnético, D = diámetro de tubo, v = velocidad de corriente.

45 La elección del material de electrodo adecuado es determinante para el funcionamiento fiable y la exactitud de medición del caudalímetro de inducción magnética. Los electrodos de medición están en contacto directo con el medio y, por lo tanto, han de ser suficientemente resistentes a la corrosión y asegurar una buena transición eléctrica con respecto al fluido de medición. Como materiales de electrodo se utilizan: aceros inoxidable, aleaciones de Cr-Ni, platino, tantalio, titanio y circonio. En caso de transductores con tubos de medición de cerámica también se utilizan electrodos sinterizados.

50 Por el documento EP 1616152 B1 se conocen electrodos mejorados. Estos electrodos consisten en un metal y una sal de este metal que está dispuesta de tal modo que se encuentra entre el metal y el fluido, estando aplicada la capa de sal bien electroquímicamente, bien por sinterización. Como metal es preferible la plata, y como sal cloruro de plata o fluoruro de plata. Delante del electrodo de plata se puede montar un elemento protector poroso, por ejemplo una fritada de vidrio, como protección contra ensuciamiento.

55 En el documento US 6,626,048 se da a conocer una realización posible de un caudalímetro de inducción magnética.

60 Sin embargo, dicho documento solo muestra los fundamentos físicos y electrónicos, ninguna realización práctica. El preámbulo de la reivindicación 1 se conoce por el documento DE 10 2007 004826 A1.

65 Es evidente que en la realización práctica de un caudalímetro de inducción magnética se han de resolver problemas considerables.

- 5 Por un lado está la cuestión del material. El tubo de medición ha de ser antimagnético para no perturbar los campos magnéticos. Además, el tubo de medición ha de ser eléctricamente aislante para no perturbar la recepción de la tensión con ayuda de los electrodos. Por otro lado, si el fluido es un producto alimenticio, por ejemplo agua potable, el tubo ha de ser de un material apto para productos alimenticios.
- 10 El mejor método para satisfacer estos requisitos consiste en utilizar como material un plástico apto para productos alimenticios. Sin embargo, en comparación con el metal, los plásticos tienen la desventaja de una resistencia sustancialmente más baja. Pero la resistencia a la presión interna es un requisito obligatorio. El intento de lograr la resistencia a la presión interna mediante un aumento del espesor de la pared del tubo no es viable, ya que el campo magnético se debilitaría demasiado.
- 15 Otro problema de los plásticos consiste en la difusión de agua. Ésta produce un hinchamiento del plástico, con lo que se modifican las dimensiones en particular del canal de medición, lo que conduce a un deterioro de la exactitud de medición. La difusión de agua también reduce considerablemente la resistencia del plástico. En los plásticos reforzados con fibras también se pierde en parte la adherencia entre el plástico y las fibras.
- 20 Cuando se miden fluidos templados y calientes, el plástico se ablanda, lo que también reduce la resistencia. Algunos productos químicos, por ejemplo el cloro, en el fluido de medición también pueden atacar el plástico. Lo mismo es aplicable a la radiación UV.
- 25 Además, la carcasa de contador ha de ser resistente a la tracción, ya que al atornillar un contador en tuberías existentes se pueden producir tensiones de tracción considerables, por ejemplo en las roscas. Sin embargo, las tensiones de tracción, en particular las tensiones de tracción permanentes, son perjudiciales para los plásticos, sobre todo cuanto más delgado sea el material de plástico.
- 30 En el montaje *in situ*, sobre el plástico pueden actuar otras fuerzas que conducen a deterioros si los constructores y fabricantes no han tomado las precauciones necesarias.
- 35 Descripción de la invención
La presente invención tiene por objetivo indicar un caudalímetro de inducción magnética que supere los problemas anteriormente mencionados y cuya carcasa de plástico sea resistente tanto a la presión interna procedente del fluido de medición como a tensiones de tracción y otras cargas térmicas y mecánicas.
- 40 Este objetivo se resuelve mediante caudalímetros de inducción magnética con las características indicadas en la reivindicación 1. Gracias a las características según la invención se pueden satisfacer óptimamente las condiciones opuestas descritas. La pared del canal de medición es óptimamente delgada en el área de las líneas del campo magnético, de modo que se logra un campo magnético homogéneo con una intensidad óptima. La presión interna del fluido de medición se amortigua mediante la jaula de refuerzo interior, que consiste en dos tabiques transversales interiores y dos nervios longitudinales interiores.
- 45 La jaula de refuerzo interior está apoyada adicionalmente por una jaula de refuerzo exterior, que consiste en al menos dos primeros nervios longitudinales exteriores. No obstante, la función principal de la jaula de refuerzo exterior consiste en proteger la sección de medición de la carcasa, y en particular el área con el espesor de pared mínimo, contra tensiones de tracción procedentes de las tubuladuras.
- 50 Otra ventaja de esta forma consiste en que la carcasa se puede fabricar mediante el procedimiento de moldeo por inyección. Ventajosamente, el canal de medición tiene una sección transversal rectangular. De este modo se puede realizar óptimamente un campo magnético homogéneo.
- 55 De acuerdo con una configuración de la invención, los nervios longitudinales interiores tienen entrantes para el montaje de los polos magnéticos en el área de la pared de canal reducida. Adicionalmente, los nervios longitudinales interiores pueden tener más entrantes en otras áreas para el montaje de otros componentes o para el anclaje de materiales para proteger la electrónica de medición.
- 60 Preferiblemente, los tabiques transversales interiores se posicionan directamente delante y detrás de la pared de canal reducida para lograr una alta resistencia a la presión.

De acuerdo con un perfeccionamiento de la invención y para reforzar la carcasa, la jaula de refuerzo exterior incluye adicionalmente al menos dos segundos nervios longitudinales exteriores orientados perpendicularmente con respecto a los primeros nervios longitudinales exteriores.

5 También pueden estar previstos al menos dos tabiques transversales exteriores para un mayor refuerzo en dirección transversal.

10 Para una transmisión óptima de las fuerzas de tracción desde la jaula de refuerzo exterior a las tubuladuras es recomendable utilizar nervios de refuerzo en forma de cuña, que conducen el flujo de fuerza a la tubuladura de entrada y la tubuladura de salida.

15 Una construcción óptima se logra cuando la dilatación longitudinal relativa de la sección de medición reforzada mediante las jaulas de refuerzo interior y exterior, producida por tracción en la tubuladura de entrada y la tubuladura de salida, no es mayor que la dilatación longitudinal relativa de las propias tubuladuras. De este modo se evita una dilatación excesiva de componentes individuales de la carcasa.

20 De acuerdo con un perfeccionamiento de la invención, la sección de medición, incluyendo los polos magnéticos y los electrodos, está envuelta en una capa aislante. Esto puede tener lugar por ejemplo mediante colada, introduciéndose el material también en los entrantes arriba mencionados.

Ventajosamente, un blindaje eléctrico y/o magnético rodea toda la sección de medición. En este contexto, el blindaje puede estar unido mecánicamente con las tubuladuras o con los tabiques transversales exteriores. De este modo, el blindaje puede complementar la función de la jaula de refuerzo exterior.

25 Ventajosamente, la carcasa consiste en un plástico adecuadamente reforzado, en particular un material termoplástico reforzado con fibras.

30 De acuerdo con una variante de la invención, la carcasa consiste en dos piezas individuales fabricadas por separado, la carcasa resistente a la presión propiamente dicha y un módulo de medición exterior. La carcasa dispone de un entrante para el módulo independiente, que preferiblemente se puede insertar hacia arriba/hacia abajo. El módulo incluye al menos los tabiques transversales interiores, el canal de medición, los electrodos y los polos magnéticos.

35 De acuerdo con otra variante de la invención, la carcasa consiste en tres piezas individuales fabricadas por separado y unidas entre sí de forma resistente a la tracción. La tubuladura de entrada y la tubuladura de salida presentan una conformación idéntica. De este modo se puede racionalizar la fabricación de las piezas de plástico. Los extremos de la unidad de medición están hermetizados de forma impermeable a los fluidos por medio de juntas en entrantes de la tubuladuras.

40 Los polos magnéticos no solo pueden estar apoyados por fuera en la pared del canal, sino que también pueden estar integrados en la pared del canal.

Breve descripción de los dibujos

45 La invención se explica en forma de un ejemplo de realización por medio de los dibujos. Se muestran, en cada caso no a escala,

Figura 1 una vista superior de una carcasa de plástico de una sola pieza resistente a la presión, con una mitad en sección, para un caudalímetro de inducción magnética,

Figura 2 una sección transversal a través de la carcasa de la Figura 1 a lo largo de la línea II - II,

Figura 3 una carcasa de dos piezas en una vista en despiece ordenado y

50 Figura 4 una sección parcial de una carcasa de tres piezas, también en una vista en despiece ordenado.

Modos de realización de la invención y aplicabilidad industrial

55 La Figura 1 muestra, de forma puramente esquemática y no a escala, una vista superior de una carcasa de plástico de una sola pieza resistente a la presión, con una mitad en sección longitudinal, para un caudalímetro de inducción magnética. Se distinguen tres unidades funcionales: una tubuladura 10 de entrada, una tubuladura 20 de salida y, entre ellas, una sección 30 de medición con un canal 31 de medición con una pared 32 de canal atravesado por una corriente de fluido de medición, dos polos magnéticos 2 enfrentados en la parte exterior de la pared 32 de canal, y dos electrodos 1 de medición enfrentados en la pared 32 de canal y orientados en dirección perpendicular con respecto a los polos magnéticos 2. El espesor de la pared 32 de canal está reducido en el área de los polos magnéticos 2 hasta una medida admisible teniendo en cuenta la presión interna máxima del fluido de medición en el canal 31 de medición, de modo que un campo magnético homogéneo generado por los polos magnéticos 2 es suficientemente fuerte en el área del canal 31 de medición.

65 Para amortiguar la presión interna del fluido está prevista una jaula de refuerzo interior que consiste en al menos dos tabiques transversales 37 interiores y al menos dos nervios longitudinales 38 interiores. Los tabiques transversales

- 37 interiores están situados directamente delante y detrás de la pared 32 de canal de espesor mínimo, para amortiguar deformaciones de la pared 32 de canal. Los nervios longitudinales 38 interiores, que refuerzan las paredes 32 de canal largas, tienen la misma función, pero han de estar recortados al menos en el área de los polos magnéticos 2.
- 5 Los nervios longitudinales 38 interiores pueden tener más entrantes 39 en otras áreas para el montaje de otros posibles componentes o para el anclaje de masas de sellado aislantes.
- 10 Además de la jaula de refuerzo interior está prevista una jaula de refuerzo exterior, que consiste en dos primeros nervios longitudinales 40 exteriores, dos segundos nervios longitudinales 41 exteriores y dos tabiques transversales 42 exteriores. La jaula de refuerzo exterior y en particular los primeros nervios longitudinales 40 exteriores apoyan adicionalmente la jaula de refuerzo interior contra la presión interna del fluido.
- 15 No obstante, la función principal de la jaula de refuerzo exterior consiste en amortiguar las tensiones de tracción que se producen cuando se ejercen fuerzas de tracción sobre las tubuladuras 10, 20 de entrada y de salida. Sin las jaulas de refuerzo interior y exterior, estas tensiones de tracción destruirían la carcasa en el área de la pared 32 de canal reducida. Esto se evita mediante la jaula de refuerzo exterior.
- 20 Mediante nervios 14, 24 de refuerzo en forma de cuña se logra una transmisión óptima de las fuerzas de tracción desde la jaula exterior, y en particular desde sus tabiques transversales 42, a las tubuladuras 10, 20 de entrada y de salida.
- 25 La Figura 2 muestra una sección transversal a lo largo de la línea II - II a través de la carcasa de la Figura 1. Se distingue el canal 31 de medición rectangular, limitado a derecha e izquierda por la pared 32 de canal reducida sobre cuya parte exterior se apoyan los polos magnéticos 2. De la jaula de refuerzo interior se puede ver un tabique transversal 37, de la jaula de refuerzo exterior se distinguen los primeros y segundos nervios longitudinales 40, 41 exteriores en sección y un tabique transversal 42 exterior.
- 30 Por último, en la Figura 2 también se distinguen los electrodos 1 de medición, que están orientados en dirección perpendicular con respecto a los polos magnéticos 2. Los electrodos 1 de medición están sujetos y protegidos por un cuello 33 de carcasa.
- La realización en una sola pieza representada en las Figuras 1 y 2 no es la única posible.
- 35 La Figura 3 muestra una realización en dos piezas. La tubuladura de entrada 10, la tubuladura de salida 20, la jaula de refuerzo 40, 41, 42 exterior y los primeros nervios longitudinales 38 interiores de la jaula de refuerzo interior constituyen una unidad. El centro de la carcasa presenta un entrante 50'. En éste se inserta hacia arriba/hacia abajo y se hermetiza la cámara de medición configurada como un módulo 50 independiente con los electrodos 1, los polos magnéticos 2 y los tabiques transversales 37 interiores.
- 40 La Figura 4 muestra una sección parcial de una realización en tres piezas. La tubuladura 10 de entrada y la tubuladura 20 de salida presentan una conformación idéntica. Cada una de sus bridas 15, 25 reforzadas tiene un entrante 16, 26 en el que se introduce la sección 30 de medición con ayuda de juntas 3. Unos taladros 17, 27 posibilitan el uso de tornillos de tracción para la unión resistente a la tracción de las tres partes 10, 20, 30 de carcasa.
- 45 En el ejemplo de la Figura 4, de forma no correspondiente a la invención, los polos magnéticos 2 están empotrados en la pared del canal de medición.
- 50 De este modo, los polos magnéticos 2 se pueden acercar extremadamente al canal de medición. Los nervios longitudinales interiores y exteriores están conformados en la unidad 30 de medición, las bridas 15, 25 reforzadas también asumen la función de los tabiques transversales exteriores.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Caudalímetro de inducción magnética con una carcasa de plástico resistente a la presión, que incluye
- una tubuladura (10) de entrada,
 - una tubuladura (20) de salida,
 - y entre ellas una sección (30) de medición con
 - un canal (31) de medición con una pared (32) de canal atravesado por una corriente del fluido de medición,
 - dos polos magnéticos (2) enfrentados en el canal (31) de medición,
 - y dos electrodos (1) de medición enfrentados en la pared (32) de canal y orientados en dirección perpendicular con respecto a los polos magnéticos (2)
 - estando reducida la pared (32) de canal en el área de los polos magnéticos (2) hasta una medida todavía admisible teniendo en cuenta la presión interna máxima admisible para el plástico elegido,
- 10 **caracterizado por que**
- una jaula de refuerzo interior, que consiste en al menos dos tabiques transversales (37) interiores y al menos dos nervios longitudinales (38) interiores, estabiliza la pared (32) de canal,
 - una jaula de refuerzo exterior, que consiste en al menos dos primeros nervios longitudinales (40) exteriores, sujeta y estabiliza la jaula de refuerzo interior y une la unidad (30) de medición de forma resistente a la tracción con la tubuladura (10) de entrada y la tubuladura (20) de salida.
- 15 2. Caudalímetro según la reivindicación 1, **caracterizado por que**
- el canal (31) de medición tiene una sección transversal rectangular.
- 20 3. Caudalímetro según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que**
- los nervios longitudinales (38) interiores tienen entrantes para el montaje de los polos magnéticos (2) en el área de la pared (32) de canal reducida.
- 25 4. Caudalímetro según la reivindicación 1, 2 o 3, **caracterizado por que**
- los nervios longitudinales (38) interiores tienen más entrantes (39) en otras áreas para el montaje de otros componentes y/o para el anclaje de masas de sellado aislantes.
- 30 5. Caudalímetro según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que**
- los tabiques transversales (37) interiores están posicionados directamente delante y detrás de la pared (32) de canal reducida.
- 35 6. Caudalímetro según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que**
- la jaula de refuerzo exterior también incluye al menos dos tabiques transversales (42) exteriores.
- 40 7. Caudalímetro según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que**
- la jaula de refuerzo exterior también incluye al menos dos segundos nervios longitudinales (41) exteriores orientados en dirección perpendicular con respecto a los primeros nervios longitudinales (40) exteriores.
- 45 8. Caudalímetro según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que**
- unos nervios (14, 24) de refuerzo en forma de cuña conducen el flujo de fuerza de los primeros y/o segundos nervios longitudinales (40, 41) exteriores a la tubuladura (10) de entrada y a la tubuladura (20) de salida.
- 50 9. Caudalímetro según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que**
- la dilatación longitudinal relativa de la unidad (30) de medición reforzada mediante las jaulas de refuerzo interior y exterior, producida por tracción en la tubuladura (10) de entrada y la tubuladura (20) de salida, no es mayor que la dilatación longitudinal relativa de las propias tubuladuras (10, 20).
- 55 10. Caudalímetro según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado por que**
- la unidad (30) de medición está envuelta con un revestimiento por la parte exterior.
- 60 11. Caudalímetro según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado por que**
- un blindaje eléctrico y/o magnético rodea la unidad (30) de medición,
 - el blindaje está unido mecánicamente con las tubuladuras (10, 20) o con los tabiques transversales (42) exteriores.
- 65 12. Caudalímetro según una de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado por que**
- los polos magnéticos (2) están integrados en la pared (32) de canal.
13. Caudalímetro según una de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado por que**

- la carcasa está hecha de plástico reforzado, preferiblemente de material termoplástico reforzado con fibras.

5 **14. Caudalímetro según una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado por que**

- la carcasa consiste en dos piezas (10, 20, 30, 50) individuales fabricadas por separado,
- la unidad (30) de medición presenta un entrante (50') para un módulo (50) independiente, que preferiblemente se puede insertar hacia arriba/hacia abajo,
- el módulo (50) incluye al menos los tabiques transversales (37) interiores, el canal de medición, los electrodos (1) y los polos magnéticos (2).

10 **15. Caudalímetro según una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado por que**

- la carcasa consiste en tres piezas (10, 20, 30) individuales fabricadas por separado y unidas entre sí de forma resistente a la tracción,
- los extremos de la unidad (30) de medición están hermetizados de forma impermeable a los fluidos por medio de juntas (3) en entrantes (16, 26) de la tubuladuras (10, 20).

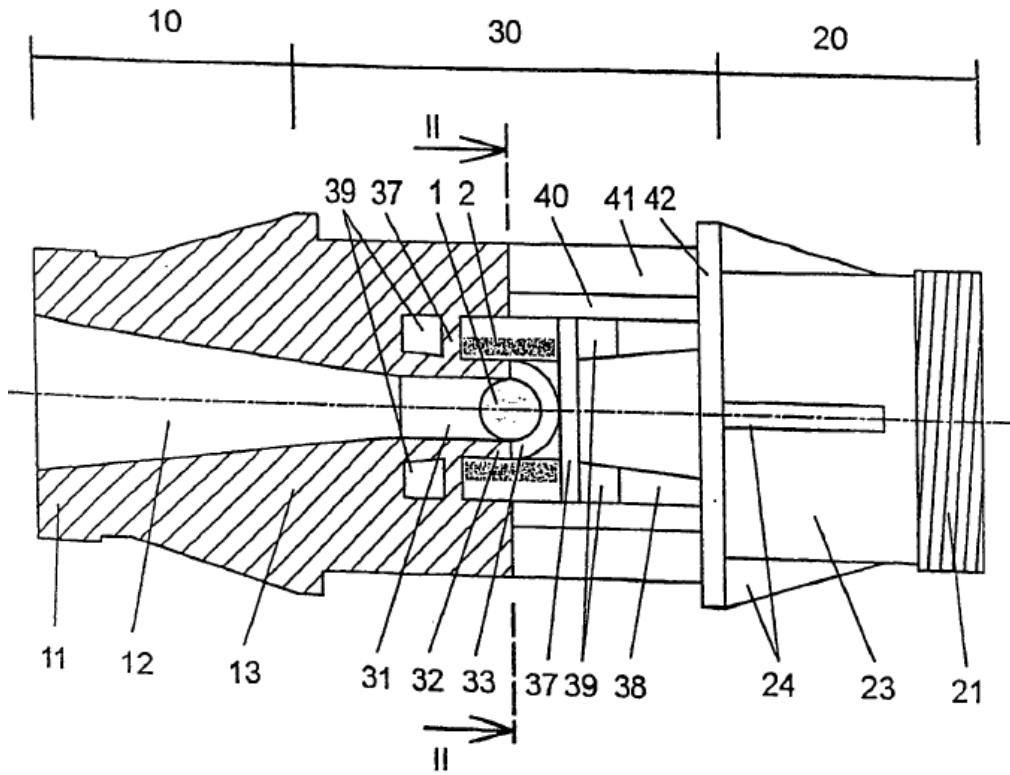


Fig. 1

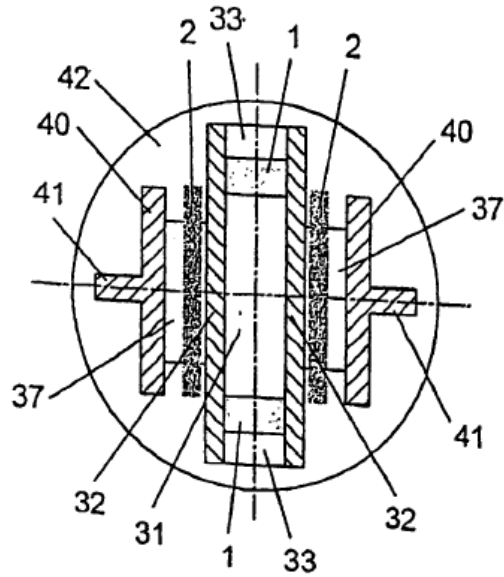


Fig. 2

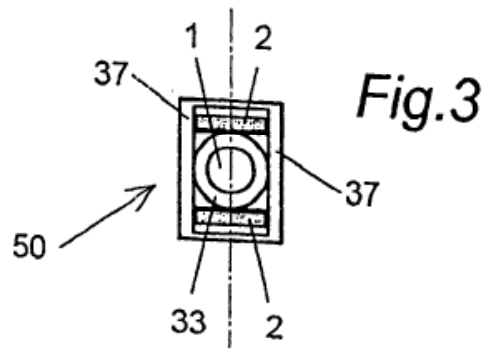
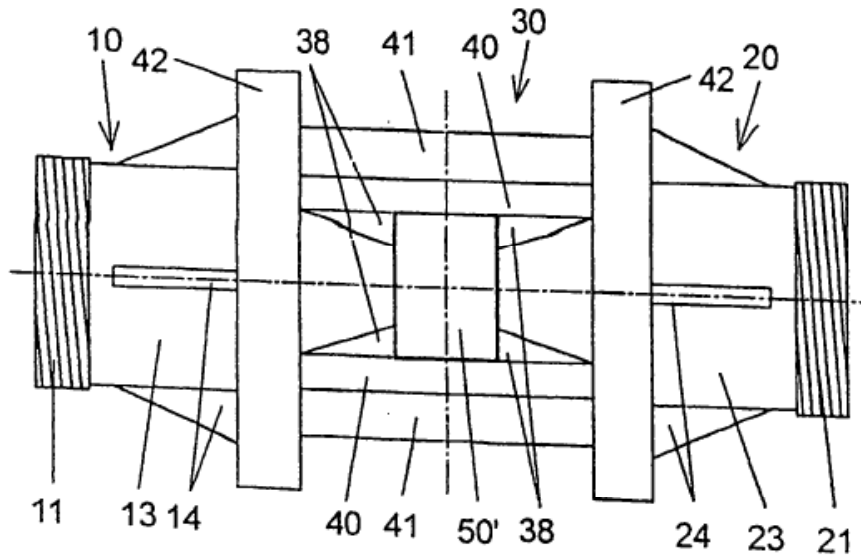


Fig.3

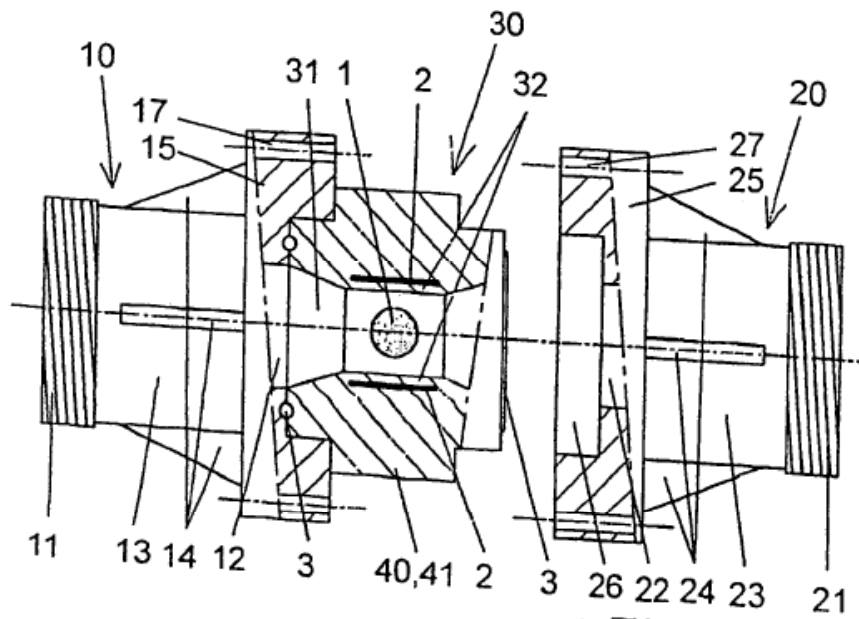


Fig.4