

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 974 508**

(51) Int. Cl.:

G01N 24/08 (2006.01)
G01R 33/30 (2006.01)
G01R 33/44 (2006.01)
G01F 1/716 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.10.2020 PCT/FI2020/050691**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **29.04.2021 WO21079027**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.10.2020 E 20812396 (8)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.11.2023 EP 4049013**

(54) Título: **Unidad de medida NMR fijable dentro de un canal de proceso**

(30) Prioridad:

24.10.2019 FI 20195912

(73) Titular/es:

**KAAKKOIS-SUOMEN AMMATTIKORKEAKOULU OY (100.0%)
Patteristonkatu 3 D
50100 Mikkeli, FI**

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

27.06.2024

(72) Inventor/es:

**HILTUNEN, YRJÖ y
NIKOLSKAYA, EKATERINA**

(74) Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 974 508 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

Unidad de medida NMR fijable dentro de un canal de proceso

5 DESCRIPCIÓN

[0001] La invención está relacionada con una unidad de medida de NMR, que incluye:

- un canal de flujo que comprende un primer extremo y un segundo extremo para separar una muestra de una corriente de fluido presente en un canal de proceso a través del primer extremo y para devolver la muestra a la corriente de fluido a través del segundo extremo,
- un imán dispuesto en relación con el canal de flujo para crear un campo magnético (E) al menos en parte del canal de flujo,
- una bobina dispuesta en relación con el canal de flujo para excitar núcleos activos de NMR de la muestra que se mueven en el canal de flujo y para recibir el impulso de frecuencia que retorna a la bobina desde los núcleos activos de NMR,
- un marco instalable de forma que el canal de flujo se sitúe dentro del canal de proceso, el marco que comprende una cámara y una brida de fijación,
- la cámara está conectada a la brida de fijación y dispuesta para ser instalada, al menos en su mayor parte, en el interior del canal del proceso, cuya cámara está cerrada al menos en relación con la corriente de fluido y dentro de la cual están dispuestos el imán y la bobina y a través de la cual pasa el canal de flujo y en la que la bobina rodea el canal de flujo, caracterizado porque el imán rodea el canal de flujo y el marco comprende la brida de fijación para sellar y fijar la unidad de medición de NMR a una trampilla de inspección o abertura de servicio en la pared del canal de proceso, y la unidad de medición de NMR está adaptada para ser instalada en dicha trampilla de inspección o abertura de servicio, respectivamente, de dicha pared del canal de proceso por medio de dicha brida de fijación.

25 FONDO

[0002] La invención también está relacionada con un sistema de medición de NMR.

[0003] La medición por NMR (Resonancia Magnética Nuclear) puede utilizarse para determinar las propiedades de los materiales con diversos fines. En la industria de procesos, la medición por NMR puede utilizarse en el análisis estructural de moléculas y, por tanto, en la medición de materiales contenidos en procesos.

[0004] La publicación WO 2017/220859 A1, que representa el estado de la técnica, propone un método y un equipo para determinar la velocidad de batido de una suspensión de fibras basándose en una medición de NMR en línea. En el método, una muestra se separa de un flujo de proceso en un canal de muestreo separado que pasa a través de una bobina de excitación y un imán. Basándose en la Espectroscopía de NMR en el Dominio del Tiempo, se excitan los protones contenidos en la muestra y se mide la magnitud del pulso de frecuencia que regresa de los protones para determinar las características de la muestra.

[0005] Sin embargo, un problema relacionado con un método y equipo similar al de la publicación es que el equipo requiere espacio fuera de la tubería de proceso y es difícil de mover de un lugar a otro.

[0006] Además, recoger una muestra representativa de la corriente de proceso puede ser un reto.

[0007] El documento US 8,860,412 B2 divulga un método y un sistema para medir las características de resonancia magnética nuclear del fluido de formación utilizando sensores micro-NMR. Los sensores micro-NMR pueden utilizarse para analizar el fluido que fluye a través del pozo de forma periódica, continua y/o por lotes. Los sensores micro-NMR permiten realizar muestreos y análisis más eficaces. También permite el análisis in situ y el registro de lapsos de tiempo.

[0008] El documento US 3.528.000 A describe una herramienta de registro que se utiliza para examinar el lodo en un pozo. Un tubo de muestreo de lodo se extiende a través de las paredes laterales opuestas de la carcasa del aparato de registro de NMR. Una carcasa estanca rodea el imán, las bobinas de RF y el tubo.

[0009] El documento US 2016/305239 A1 divulga una herramienta de registro de fondo de pozo que incluye un sistema de medición de NMR con microbobinas de NMR de superficie situadas en una superficie exterior de la herramienta de registro de fondo de pozo. Cada microbobina de NMR de superficie tiene un eje central y está distribuida alrededor de la superficie exterior de la herramienta de registro con el eje central de la microbobina de NMR de superficie perpendicular al eje longitudinal de la herramienta de registro. El sistema de medición de NMR puede tener una línea de flujo central en comunicación fluida con el fluido de perforación. Pueden disponerse microbobinas de NMR de superficie adicionales o una microbobina de línea de flujo circunferencialmente alrededor de la línea de flujo central con el eje central de la microbobina de NMR de superficie y el eje central de la microbobina de NMR de línea de flujo, respectivamente, perpendicular y paralelo al eje longitudinal de la línea de flujo central. El sistema de medición de NMR puede incluir una línea de flujo de derivación en comunicación fluida con el fluido en el anillo del pozo y/o la tubería de perforación.

[0010] El documento US 9,720,128 B2 divulga un método y aparato de NMR para analizar una muestra de interés aplica un campo magnético estático junto con pulsos de RF de campo magnético oscilante a través de un volumen de muestra

- que abarca la muestra de interés. Los pulsos de RF están definidos por una secuencia de pulsos que incluye una pluralidad de segmentos de medida configurados para caracterizar una pluralidad de parámetros de relajación relacionados con la relajación de la magnetización nuclear de la muestra de interés.
- 5 Las señales inducidas por los impulsos de radiofrecuencia se detectan para obtener los parámetros de relajación. Los segmentos de medida de la secuencia de pulsos incluyen al menos un segmento de medida de primer tipo configurado para caracterizar la relajación de la interacción espín-red entre núcleos de la muestra de interés en un marco rotatorio (T1p) a una frecuencia predefinida. El parámetro T1p puede medirse junto con la medición de otros parámetros de relajación y/o difusión como parte de experimentos multidimensionales de NMR.
- 10 [0011] El objeto de la invención es proporcionar una unidad de medición de NMR, que pueda colocarse en el proceso de la misma manera que un sensor de medición, de modo que no sea necesario sacar la muestra del canal de proceso. Los rasgos característicos de esta invención se exponen en la reivindicación 1 adjunta. Otro objeto de la invención es proporcionar un sistema de medición NMR, en el que la unidad de medición puede instalarse en el proceso del mismo modo que un sensor de medición. Los rasgos característicos de esta invención se exponen en la reivindicación 14 adjunta.
- 15 [0012] El objeto de la invención puede lograrse con una unidad de medición de NMR según la reivindicación 1. Dicha unidad de medida de NMR incluye un marco que comprende una brida de fijación para sellar la unidad de medida al canal de proceso y una cámara cerrada al menos con respecto a la corriente de fluido y dispuesta para ser instalada al menos en su mayor parte dentro del canal de proceso. Además, la unidad de medición incluye un canal de flujo que comprende un primer extremo y un segundo extremo para separar una muestra de una corriente de fluido presente en el canal de proceso a través del primer extremo y para devolver la muestra a la corriente de fluido a través del segundo extremo. El canal de flujo pasa a través de la cámara y el marco puede instalarse de forma que el canal de flujo se sitúe dentro del canal de proceso. La unidad de medida incluye además un imán dispuesto en relación con el canal de flujo para crear un campo magnético al menos en una parte del canal de flujo y una bobina dispuesta en relación con el canal de flujo para excitar los núcleos activos de NMR de la muestra que se mueven en el canal de flujo y para recibir el impulso de frecuencia que vuelve a la bobina desde los núcleos activos de NMR. El imán y la bobina están dispuestos dentro de la cámara. Tanto el imán como la bobina rodean el canal de flujo. La cámara está conectada a la brida de fijación. El marco comprende la brida de fijación para sellar y fijar la unidad de medición de NMR a una trampilla de inspección o abertura de servicio en la pared del canal de proceso. La unidad de medición NMR está adaptada para ser instalada en dicha trampilla de inspección o abertura de servicio, respectivamente, de dicha pared del canal de proceso por medio de dicha brida de fijación.
- 20 [0013] Gracias al marco que comprende una brida de fijación y una cámara, la unidad de medición de NMR puede colocarse dentro del canal de proceso de tal manera que la corriente de fluido que fluye en el canal de proceso atraviesa la unidad de medición de NMR a través del canal de flujo y la medición puede realizarse sin separar la muestra en tuberías separadas fuera del canal de proceso.
- 25 Debido al marco, la unidad de medición de NMR es fácil de instalar y mover de la misma manera que cualquier sensor convencional diseñado para la medición de procesos, como un sensor de temperatura, por ejemplo.
- 30 [0014] En lo sucesivo, la unidad de medición de NMR se denominará con una designación simplificada "unidad de medición".
- 35 [0015] Según la invención, el imán rodea el canal de flujo. De este modo, se puede crear un campo magnético con un solo imán. Alternativamente, también es posible proporcionar dos o más imanes dispuestos alrededor del canal de flujo. En este caso, no es necesario que los imanes sean imanes especiales provistos de una abertura en el centro para el canal de flujo.
- 40 [0016] Según la invención, la bobina rodea el canal de flujo. Así, la excitación de los núcleos y la recepción del pulso de frecuencia pueden implementarse con una bobina.
- 45 [0017] Alternativamente, también es posible proporcionar dos o más bobinas dispuestas alrededor del canal de flujo. Entonces, no se necesita una bobina grande, por ejemplo, alrededor de un canal de proceso de gran diámetro, sino que las bobinas pueden ser de menor tamaño.
- 50 [0018] Según una primera realización, la unidad de medición incluye una primera válvula y una segunda válvula, ambas dispuestas en el canal de flujo dentro de la cámara, una antes del imán y la otra después del imán, para detener el flujo en la región del campo magnético. Con la primera válvula y la segunda, es posible detener y aislar una muestra en el canal de flujo y mantenerla uniforme y principalmente en su lugar durante la medición. De este modo, cada núcleo activo de NMR excitado permanece en la región del campo magnético y de la bobina, hasta que el impulso que refleja el núcleo activo de NMR puede ser recibido con la bobina y, por tanto, incluido en la medición. De esta manera, es posible evitar una situación en la que parte de los protones se excitan, pero pueden salir de la región de la bobina antes de la descarga de la excitación y la formación de un pulso reflectante en la bobina. En este contexto, la definición "precediendo al imán" significa la ubicación en la dirección de desplazamiento de la muestra en el canal de flujo aguas arriba del imán o, en otras palabras, la ubicación entre el primer extremo del canal de flujo y el imán.
- 55 [0019] Según una segunda realización, la unidad de medición incluye una primera válvula y una bomba, ambas dispuestas

en el canal de flujo dentro de la cámara, una precediendo al imán y la otra siguiendo al imán, para detener el flujo en la región del campo magnético, en la que la bomba está dispuesta para aspirar la muestra al canal de flujo y detener la muestra junto con la primera válvula. Con tal realización, se puede asegurar que la muestra se lleva al canal de flujo en el caso de que la corriente de fluido consista en un fluido de alta viscosidad u otra corriente espesa, por ejemplo.

5

[0020] Según una tercera realización, el diámetro del canal de flujo es continuo y uniforme en toda su longitud. En otras palabras, la unidad de medición no incluye válvulas dispuestas en el canal de flujo, sino que el canal de flujo es de tipo pasante y la medición se realiza a partir de un fluido en movimiento. Ventajosamente, esto es adecuado para fluidos que se mueven a una velocidad inferior a 1 m/s, en los que los núcleos no pueden escapar a través del campo magnético demasiado rápido y, por otro lado, tienen tiempo suficiente para excitarse lo suficiente como para que se pueda generar un pulso de frecuencia adecuadamente grande en la bobina.

10

[0021] Ventajosamente, en una situación según una tercera realización, en la que, además, la velocidad de flujo del fluido supera 1 m/s, se utiliza un preimán colocado en la corriente de proceso antes de la unidad de medición en relación con la unidad de medición, que permite la excitación parcial de los núcleos ya antes de la generación de un campo magnético por el imán de la unidad de medición, para proporcionar pulsos de frecuencia suficientemente grandes en la bobina independientemente de la alta velocidad de flujo del fluido.

15

[0022] Ventajosamente, el canal de flujo incluye un tubo provisto de un revestimiento que evita la suciedad, preferiblemente un tubo de teflón con dos extremos. De este modo, el canal de flujo se mantiene limpio de mejor manera en la región del campo magnético, la unidad de medición es más libre de mantenimiento y la suciedad no causa un error en la medición.

20

[0023] La tubería incluye preferiblemente medios de fijación para fijar la tubería de forma desmontable a la primera válvula y a la segunda válvula o a la primera válvula y a la bomba. Así, el tubo es fácil de mantener y limpiar en caso de suciedad, sin necesidad de desmontar toda la unidad de medición.

25

[0024] Alternativamente, la unidad de medición también puede incluir una boquilla colocada en relación con el primer extremo del canal de flujo para alimentar un medio presurizado, preferiblemente agua o aire, al canal de flujo a intervalos para mantenerlo limpio.

30

[0025] El canal de flujo se compone ventajosamente de una tubería y una primera válvula y una segunda válvula, o una bomba en lugar de la segunda válvula.

35

[0026] Ventajosamente, la cámara se extiende perpendicularmente desde la brida de fijación. Este tipo de construcción es fácil de fabricar.

40

[0027] La cámara puede tener forma de rueda o, preferiblemente, forma elíptica vista en la dirección perpendicular con respecto a la brida de fijación para reducir la resistencia al flujo causada por la unidad de medición. De este modo, la unidad de medición no aumenta notablemente los costes de bombeo relacionados con la corriente de fluido del canal de proceso.

45

[0028] La cámara puede incluir una cubierta que se puede cerrar para cerrar la unidad de medición. De este modo, el campo magnético generado por el imán de la unidad de medida no puede extenderse al entorno y, por otro lado, los componentes de la unidad de medida están protegidos dentro de una cámara cerrada.

50

[0029] Ventajosamente, la brida de fijación incluye un borde de perno para fijar la unidad de medición a una abertura incluida en el canal de proceso. De este modo, la unidad de medición es fácil de sujetar firmemente, por ejemplo, a una abertura de tipo trampilla de inspección en la tubería que funciona como canal de proceso, en lugar de una tapa de trampilla de inspección.

55

[0030] Ventajosamente, la unidad de medición es una unidad de medición de NMR en el dominio del tiempo. La medición en el dominio del tiempo es un método de medición sencillo y relativamente rápido, lo que permite una medición rápida de la muestra.

55

[0031] El diámetro de la cámara puede estar comprendido entre 200 y 450 mm, preferiblemente entre 300 y 350 mm. De este modo, la resistencia al flujo causada por la unidad de medición permanece moderada.

60

[0032] El núcleo activo de NMR es preferentemente un protón.

60

[0033] La corriente de fluido es preferiblemente una corriente líquida. Una corriente líquida tiene una cantidad suficientemente grande de núcleos activos de NMR, preferiblemente protones, de modo que la medición de NMR pueda completarse relativamente rápido sin un tiempo de muestreo largo.

65

[0034] El diámetro interior del canal de flujo puede estar comprendido entre 2 y 30 mm, preferiblemente entre 10 y 20 mm. Un canal de flujo con un diámetro interior de 10 - 20 mm es particularmente adecuado para analizar muestras líquidas, ya

que el canal de flujo es así suficientemente grande para evitar que la muestra se adhiera a las paredes del canal de flujo debido a la tensión superficial entre el canal de flujo y la muestra.

[0035] Ventajosamente, el marco incluye un pasamuros para conducir dicho cable de comunicación desde la unidad de medición hasta la unidad de cálculo. De este modo, los datos de medición y los comandos de control pueden tomarse de forma fiable en una cámara cerrada, ya que la unidad de cálculo se encuentra en otro lugar.

[0036] Alternativamente, si la muestra es gas, el canal de flujo tiene preferiblemente un diámetro de 2 - 10 mm para que los núcleos activos del NRM en el rango magnético puedan recogerse más cerca unos de otros para la medición. Cuando se analiza gas, en lugar de una segunda válvula, es particularmente ventajoso utilizar una bomba para presurizar y compactar más intensamente los núcleos activos de NMR en la región del campo magnético, siendo así más rápida la medición.

[0037] Según una realización, la unidad de medición puede incluir un equipo de limpieza dispuesto en relación con el primer extremo del canal de flujo, que comprende una boquilla, un canal de medio de presión conectado a la boquilla y una bomba conectada al canal de medio de presión para alimentar un medio de presión desde la boquilla al canal de flujo para limpiarlo. Por ejemplo, el medio de presión puede ser agua o aire comprimido. Con dicho equipo de limpieza, el canal de flujo puede limpiarse de la materia sólida sin retirar la unidad de medición de la corriente de proceso.

[0038] El objeto del sistema de medición de NMR según la invención puede lograrse con un sistema de medición de NMR según la reivindicación 14. Dicho sistema de medición de NMR incluye una unidad de medición de NMR según la reivindicación 1 para realizar una medición de NMR en una muestra separada de un canal de proceso para formar una señal de medición y una unidad de cálculo conectada a la unidad de medición para controlar el funcionamiento de la unidad de medición y calcular las propiedades seleccionadas basándose en la señal de medición.

[0039] La unidad de cálculo puede estar situada en una posición libremente seleccionable, alcanzable a través de una conexión. En lo sucesivo, el sistema de medición de NMR se denominará de forma simplificada "sistema de medición".

[0040] La unidad de medición incluye ventajosamente un cable de comunicación para transferir comandos de control desde la unidad de cálculo a la unidad de medición y para transferir datos de medición desde la unidad de medición a la unidad de cálculo, y el marco incluye un pasamuros para conducir a través de dicho cable de comunicación. De este modo, los datos de medición y los comandos de control pueden introducirse de forma fiable en una cámara cerrada, ya que la unidad de cálculo se encuentra en otro lugar.

[0041] Según una realización, el sistema de medición está preparado para determinar el contenido de sólidos del licor negro y la unidad de cálculo incluye medios de software preparados para calcular el contenido de sólidos del licor negro utilizando la forma de función de correlación general $SC = A * T2(R_{2TC}) + B$, donde SC es el contenido de sólidos del licor negro, $T2(R_{2TC})$ es el tiempo de relajación spin-spin con temperatura corregida, A es una constante y B es una constante. Lo más ventajoso es que el sólido del licor negro se determina utilizando la forma de la función de correlación $SC = 14,211n(R_{2TC}) + 3,05$, donde R_{2TC} es el tiempo de relajación corregido por la temperatura. Se ha descubierto que este tipo de cálculo tiene una buena precisión.

[0042] Con la unidad de medición y el sistema de medición según la invención, es posible reducir los costes relacionados con el uso de la medición por NMR en el entorno del proceso y facilitar su introducción en uso. Una unidad de medición que utiliza un marco se coloca dentro de un canal de proceso, con lo que la muestra obtenida de la corriente de fluido es más representativa y la unidad de medición no ocupa espacio fuera del canal de proceso. Por otra parte, una unidad de medición según la invención es fácil de instalar en escotillas de inspección o aberturas de servicio de un canal de proceso existente sin necesidad de formar aberturas o canales adicionales. Además, una unidad de medición según la invención es relativamente sencilla y no requiere mantenimiento y permite la medición de NMR del mismo modo que los sensores convencionales. Tradicionalmente, las mediciones de NMR se han realizado utilizando sistemas separados, incluso fuera de línea, que al menos guían la corriente de fluido fuera del canal de proceso. La unidad de medición de NMR y el sistema de medición de NMR según la invención son adecuados para su uso en el análisis de muestras tanto líquidas como gaseosas; sin embargo, las muestras son preferentemente líquidas, en cuyo caso hay más núcleos activos de NMR en la muestra y la determinación puede realizarse más rápidamente.

[0043] La invención se describe a continuación en detalle haciendo referencia a los dibujos adjuntos que ilustran algunas de las realizaciones de la invención, en los que:

La figura 1a es una vista básica de un sistema de medición según la invención, con la unidad de medición según la invención dividida,

La figura 1b es una vista ampliada, con la unidad de medida según la invención dividida;

La figura 2 es una vista básica lateral del imán de la unidad de medida;

La figura 3 es una vista axonométrica de una unidad de medida según la invención, separada y parcialmente cortada;

La figura 4 es una vista inferior de una unidad de medida según la invención sin la parte inferior;

La figura 5 es una vista superior de una unidad de medida según la invención;

Las figuras 6a y 6b ilustran el imán de una unidad de medida según la invención, separado, en diferentes direcciones;

Las figuras 7a y 7e ilustran el marco de una unidad de medición según la invención en diferentes direcciones;

La figura 8 es un diagrama de bloques que ilustra el funcionamiento de un sistema de medición según la invención.

[0044] En la realización de la invención ilustrada en las Figuras 1a - 7b, la muestra es líquida y los núcleos activos de NMR contenidos en ella son protones. En este contexto, es obvio para los expertos en la materia que la invención también puede aplicarse cuando la corriente de fluido es gas y los núcleos activos de NMR son núcleos activos de NMR generalmente conocidos distintos de los protones, como el oxígeno o el fósforo.

[0045] Según las figuras 1a y 1b, una unidad de medición 10 según la invención está dispuesta para ser utilizada instalada en un canal de proceso 18 como parte de un sistema de medición 100 según la invención del mismo modo que un sensor de medición. La unidad de medición 10 puede colocarse, como se muestra en la figura 1a, al menos parcialmente dentro del canal de proceso 18 de tal manera que al menos parte del flujo de proceso que fluye por el canal de proceso 18 se encuentre con la unidad de medición 10 y fluya a través de la unidad de medición 10. La unidad de medición 10 se conecta ventajosamente a un canal de proceso 18 existente, como un canal de proceso relacionado con el procesamiento de licor negro. En otras palabras, no se necesita un canal de flujo lateral separado del canal de proceso para la unidad de medición.

[0046] El sistema de medición 100 según la invención incluye, como componentes principales, una unidad de medición 10 y una unidad de cálculo 50, de la misma manera que en los sistemas de medición de la técnica anterior. La unidad de medición 10 y la unidad de cálculo 50 se colocan preferiblemente separadas entre sí, evitando así la necesidad de proteger la unidad de cálculo 50 de las condiciones circundantes. Resulta ventajoso colocar la unidad de cálculo en la sala de control de una planta de proceso, por ejemplo, o en otra sala similar donde las condiciones sean favorables en cuanto a la durabilidad de la electrónica, al contrario de lo que suele ocurrir con los canales de proceso.

De este modo, es posible aumentar el ciclo de vida de la unidad de cálculo y ampliar su intervalo de mantenimiento, ya que la unidad de cálculo no está expuesta al calor, las vibraciones o el polvo.

Según la invención, la unidad de medición 10 está integrada como parte del canal de proceso 18, permitiendo así la medición sin conducir el flujo de proceso fuera del canal de proceso para la medición. De este modo, el sistema de medición puede tener un tamaño relativamente pequeño e instalarse fácilmente en el canal de proceso.

[0047] La unidad de medición 10 incluye un marco 24 que comprende una brida de fijación 26 para sellar y fijar la unidad de medición 10 a un canal de proceso 18 y una cámara 28 que está cerrada al menos en relación con la corriente de fluido y conectada a la brida de fijación 26, dispuesta para ser instalada al menos principalmente dentro del canal de proceso 18. Además del marco 24, la unidad de medición 10 incluye un canal de flujo 12 que comprende un primer extremo 14 y un segundo extremo 16 para separar una muestra de una corriente de fluido presente en el canal de proceso 18 a través del primer extremo 14 y para devolver la muestra a la corriente de fluido a través del segundo extremo 16. Más concretamente, el canal de flujo atraviesa la cámara 28. Gracias a la brida de fijación 26, el marco 24 puede instalarse de forma que la cámara 28 y el canal de flujo 12 que la atraviesa queden situados en el interior del canal de proceso 18. Así, la corriente de fluido que fluye por el canal de proceso se encuentra con la cámara 28 de la unidad de medición 10 y puede llevarse al canal de flujo 12 a través del primer extremo 14 del canal de flujo 12 y descargarse desde el segundo extremo 16 del canal de flujo 12 de vuelta al canal de proceso 18 después de la medición. Además, la unidad de medición 10 incluye un imán 20, dispuesto en el interior de la cámara 28, que rodea el canal de flujo 12 para crear un campo magnético E al menos en parte del canal de flujo 12, y una bobina 22, que rodea el canal de flujo 12 para excitar los protones de la muestra que se mueve en el canal de flujo 12 y recibir el impulso de frecuencia que regresa de los protones de vuelta a la bobina 22. El imán 20 y la bobina 22 se pueden formar como un paquete fácilmente conectable y desmontable, que se ilustra en las figuras 4 y 6a y 6b. De este modo, el imán 20 y la bobina 22 pueden extraerse fácilmente de la unidad de medición para su mantenimiento y limpieza sin necesidad de desmontar toda la unidad de medición 10.

[0048] Alternativamente, según una realización, la unidad de medición 10 puede incluir el equipo de limpieza mostrado en la figura 1a, dispuesto en relación con el primer extremo 14 del canal de flujo 12, que comprende una boquilla 59, un canal de medio de presión 63 conectado a la boquilla 59, y una bomba 65 conectada al canal de medio de presión 63 para alimentar un medio de presión desde la boquilla al canal de flujo 14 para limpiarlo. Por ejemplo, el medio de presión puede ser agua o aire comprimido. Con dicho equipo de limpieza, el canal de flujo puede limpiarse de la materia sólida sin retirar la unidad de medición del flujo de proceso. En lugar de lo que se ilustra en la figura, la boquilla también puede conectarse a un punto diferente del canal de flujo.

[0049] El marco 24 puede estar hecho de acero resistente a los ácidos, por ejemplo, con un grosor de 4 - 8 mm, soportando así las condiciones que prevalecen en el canal de proceso, como un pH alto o, alternativamente, un pH bajo del líquido que sirve como corriente de fluido. Un armazón metálico 24 también impide que el campo magnético se extienda al entorno y, por otro lado, que perturbaciones externas a la unidad de medida entren en el campo magnético de la unidad de medida. De este modo, la unidad de medición según la invención puede proporcionar fácilmente un campo magnético cerrado y, por lo tanto, es fácilmente aplicable en condiciones de planta. La brida de fijación 26 tiene ventajosamente una forma circular y está dimensionada para corresponderse con las trampillas de inspección previstas en el canal de proceso de la aplicación. Esto permite fijar la unidad de medición directamente a una trampilla de inspección existente, evitando así la necesidad de dotar al canal de proceso de nuevas aberturas o pasamuros, susceptibles de sufrir fugas. La brida de fijación 26 incluye, en relación con ella, un reborde de perno 46 mostrado en la figura 3, con los pernos 58 instalados a través de él que permiten el bloqueo y sellado de la unidad de medición 10 a la abertura 48 del canal de proceso 18 y a la trampilla de inspección del anillo de contra perno 56. Ventajosamente, se proporciona una junta 61 entre el borde del perno 46 y el

anillo del contra perno 56 para sellar la conexión.

[0050] A su vez, la cámara 28 también tiene ventajosamente una sección transversal circular cortada en la dirección del plano de la brida de fijación 26, como en las figuras 5, 7a y 7b, o alternativamente, una forma elíptica u ovalada, de modo que la pérdida de presión causada por la unidad de medición en el canal de proceso sea lo más pequeña posible. Más ventajosamente, la forma de la sección transversal es elíptica, en cuyo caso la sección transversal más pequeña de la elipse se establece paralela a la dirección del flujo para minimizar las pérdidas de presión en la corriente de fluido. De acuerdo con las Figuras 1a y 1b, la cámara 28 está dimensionada de tal manera que la cámara 28 se extiende dentro de las paredes del canal de proceso 18 de forma que el canal de flujo 12 se posiciona directamente en la trayectoria de la corriente de fluido. En algunos casos, la cámara 28 también puede dimensionarse incluso de modo que el canal de flujo 12 se sitúe en la línea central del canal de proceso 18 desviándose de él un máximo del 10% del diámetro del canal de proceso. Gracias al canal de flujo situado en la línea central del canal de proceso o cerca de ella, el muestreo es fiable y se puede tomar una muestra representativa de la corriente de fluido, ya que la corriente de fluido es uniforme en el centro del canal de proceso.

[0051] En una realización ventajosa, el marco 24 está dimensionado de tal manera que la altura del marco 24 está en el rango de 250 - 330 mm, el diámetro de la brida de fijación en el rango de 400 - 600 mm y el diámetro de la cámara en el rango de 250 - 400 mm. El diámetro interior del canal de flujo puede estar comprendido entre 5 y 30 mm, preferiblemente entre 10 y 20 mm, y el diámetro del orificio central entre 30 y 50 mm. Dado que el peso de dicha unidad de medición es como máximo de 30 kg, es fácil de instalar y trasladar al lugar de aplicación.

[0052] En una realización ventajosa, la unidad de medición 10 incluye además al menos una primera válvula 32, con la que se detiene la muestra guiada al canal de flujo 12 durante la medición. Además de la primera válvula 32, la unidad de medición 10 incluye una segunda válvula 34 o, alternativamente, una bomba. En este caso, el propósito de la primera válvula 34 o de la bomba es detener la muestra, junto con la primera válvula 32, en el canal de flujo 12 cerrando momentáneamente el canal de flujo 12 tanto en el primer extremo 14 como en el segundo extremo 16. El propósito de detener la muestra es asegurar que los protones p de la muestra que son excitados gracias al pulso de frecuencia proporcionado por la bobina 22 también liberen su energía en la región del campo magnético E permitiendo así que la señal que regresa a la bobina desde los protones p sea recibida nuevamente en la bobina 22 para la medición, como se muestra en la Figura 2.

[0053] La bomba se utiliza para detener la muestra, especialmente en el caso de que la unidad de medición se utilice para tomar una muestra de una corriente de fluido que tenga una viscosidad elevada. De este modo, la bomba puede utilizarse para aspirar la muestra del canal de proceso al canal de flujo y garantizar así que la muestra pueda guiarse al canal de flujo que tiene un diámetro notablemente menor en comparación con el del canal de proceso. Esto también permite utilizar un diámetro relativamente pequeño para el canal de flujo, ya que, ayudada por el vacío parcial proporcionado por la bomba, la muestra puede ser conducida al canal de flujo a pesar de la tensión superficial entre el canal de flujo y la muestra. Si la viscosidad de la corriente de fluido es baja, puede utilizarse una segunda válvula. Por ejemplo, la bomba puede ser una bomba de manguera.

[0054] Ventajosamente, hay una tubería 36 que funciona como canal de flujo 12 entre la primera válvula 32 y la segunda válvula 34 o entre la primera válvula y la bomba. El tubo 36 incluye ventajosamente medios de fijación 42 en ambos extremos 40 que permiten la desconexión del tubo 36 de la unidad de medición 10 para su limpieza. El diámetro del canal de flujo puede estar comprendido entre 2 y 30 mm, preferiblemente entre 10 y 20 mm, lo que permite que la muestra líquida fluya por el canal de flujo sin problemas. Si la muestra es gas, el diámetro del canal de flujo puede ser del orden de 2 a 10 mm. El contenido en sólidos de la muestra puede oscilar generalmente entre el 0,5% y el 4,0% en peso permaneciendo así bombeable. El reducido diámetro del canal de flujo propuesto anteriormente también permite utilizar una bobina más pequeña. En este caso, el orificio central del imán colocado en la bobina, ventajosamente por encima del canal de flujo, puede tener un diámetro menor, aproximadamente tan pequeño como entre 30 mm y 40 mm. Los costes de fabricación del imán suelen ser más bajos cuanto menor es el agujero que hay que fabricar en el imán.

[0055] En lugar de la tubería recta mostrada en las Figuras 1a y 1b, el canal de flujo también puede ser una tubería que forma una curva y tiene secciones que corren hacia la tapa de la cámara. De este modo, el imán puede colocarse en las secciones que discurren hacia la tapa de la cámara, superior desde el fondo de la cámara, y la altura de la cámara puede hacerse más baja. La unidad de medida también puede incluir una tubería de derivación, que pasa por la primera y la segunda válvula y la tubería entre éstas permitiendo que la corriente de fluido que entra por el primer extremo del canal de flujo pase por el imán durante la detención de la muestra presente en el mismo. Esto reduce la resistencia al flujo causada por la unidad de medición en el canal de proceso.

[0056] El tamaño de la muestra transportada desde la corriente de fluido al canal de flujo de la unidad de medida puede ser tan pequeño como 1 - 10 cm³, en cuyo caso la unidad de medida es también relativamente a pequeña escala. Sin embargo, dicha muestra es suficiente para determinar una propiedad seleccionada de la corriente de fluido utilizando la técnica de medición de NMR.

[0057] La figura 2 es una vista básica ampliada de un diseño ventajoso del imán 20 y la bobina de la unidad de medición, colocados alrededor de la tubería 36 incluida en el canal de flujo 12. La bobina 22 está dispuesta alrededor del tubo 36

- para excitar los protones p contenidos en la muestra. El imán 2 también está dispuesto alrededor del tubo 36 para crear un campo magnético E en el canal de flujo 12. Ventajosamente, el imán 22 también está dispuesto alrededor de la bobina 22 en la dirección radial relativa al canal de flujo 12 por encima de la bobina 22. El campo magnético E generado por el imán 22 es ventajosamente un campo magnético lo más homogéneo y estático posible, a través del cual se desplaza la muestra dentro del canal de flujo 12. El campo magnético E se representa en la figura con líneas en dirección transversal respecto al canal de flujo. La dirección del campo magnético es ventajosamente transversal con respecto a la dirección longitudinal del canal de flujo. El imán es ventajosamente un imán permanente, que puede implementarse sin potencia motriz separada para funcionar. Un imán permanente genera un campo magnético permanente estático en sí mismo.
- 5 [0058] Alternativamente, el imán también puede ser un electroimán, cuyo campo magnético es proporcionado por la corriente eléctrica.
- 10 [0059] Además, según la figura 2, el sistema de medición 100 incluye una fuente de alimentación 62 conectada a la bobina 22 para generar pulsos de frecuencia y un equipo de medición 70 para medir la intensidad del voltaje generado por el pulso de frecuencia que vuelve a la bobina 22 desde los protones p, para formar una señal de retroceso. Además, el sistema de medición 100 incluye medios de software 64 para determinar una propiedad seleccionada de las muestras basándose en la señal de retroceso. Los medios de software 64 también están dispuestos para controlar la primera válvula y la segunda válvula o la primera válvula y la bomba para el muestreo y la detención de la muestra. Con la fuente de energía 62, se entrega un pulso de frecuencia a la bobina 22 para excitar protones p que viajan a través de la bobina 22 dentro del tubo 36 a un estado de mayor energía (spin) mientras los protones absorben el pulso de frecuencia. Este estado energético se descarga rápidamente (en milisegundos), el protón p libera o emite energía a su entorno. La energía emitida por el protón genera una tensión en la bobina 22, es decir, una señal de retroceso, cuya amplitud puede medirse con el equipo de medida 70.
- 15 [0060] Las propiedades de la muestra pueden determinarse basándose en la medición de NMR midiendo el tiempo de relajación entre la excitación y la descarga de protones. El tiempo de relajación se correlaciona con las propiedades físicas de la muestra. Al examinar el licor negro, por ejemplo, el tiempo de relajación se correlaciona con el contenido de sólidos disueltos del licor negro, de tal manera que un mayor contenido de sólidos modifica el tiempo de relajación, de modo que el tiempo de relajación T2 se acorta a medida que aumenta el contenido de sólidos. La denominada secuencia de pulsos CPMG (Carr-Parcell-Meiboom-Gill), que contiene un pulso de 90° y varios pulsos de 180°, puede utilizarse para determinar el tiempo de relajación spin-spin T2. Las amplitudes de los ecos de la secuencia de pulsos se atenúan según la siguiente ecuación:

$$A(t) = a_0 \exp(-t/T2),$$

35 donde a_0 es la amplitud en el tiempo $t = 0$ s y $T2$ = tiempo de relajación espín-espín. Los parámetros a_0 y $T2$ pueden definirse colocando la ecuación en una señal experimental.

[0061] La unidad de medición según la invención puede implementarse utilizando una bobina o con dos bobinas. Cuando 40 se utiliza una bobina, la misma bobina entrega y recibe el impulso de frecuencia. Cuando se utilizan dos bobinas, una puede emitir el impulso de frecuencia y la otra recibirla. Sin embargo, también es posible utilizar una sola bobina, cuando la muestra es detenida en el canal de flujo, por lo que los mismos protones que están expuestos al pulso de frecuencia también tienen tiempo de emitir la señal de retroceso en la región de la bobina. Cuando se implementa con una bobina, la unidad de medición tiene un diseño más sencillo en comparación con el uso de dos bobinas. La bobina, también llamada 45 bobina, utilizada en el dispositivo está dimensionada eléctricamente de tal manera que, con una fuente de alimentación seleccionada, puede producir el impulso de frecuencia deseado, o impulso de excitación, en un campo magnético seleccionado. Por ejemplo, cuando la intensidad del campo magnético E es de 0,5 T, el pulso de frecuencia aplicado está en la gama de frecuencias de 25 MHz - 26 MHz. Generalmente, el pulso de frecuencia utilizado está en el rango de 50 kHz - 150 MHz. Cuando se utiliza una bobina en la medición, la longitud de la bobina utilizada puede estar en el rango de 50 aproximadamente 10 - 20 cm, por lo que los protones de la muestra tienen tiempo para excitarse y liberar energía a lo largo de la longitud de la bobina. La bobina puede tener 100-200 vueltas.

[0062] La energía liberada por el protón p excitado según la Figura 2 proporciona una frecuencia de retroceso en la bobina 22, que puede medirse como una señal de retroceso. La señal de retroceso a medir puede medirse con un equipo de medición 70 extremadamente sensible, por ejemplo, con un receptor cuya precisión de medición puede ser de la clase de 1 mV. La señal de retroceso que se va a medir es sólo una señal media; es decir, se miden valores momentáneos para la señal de retroceso en un periodo determinado y, basándose en estos valores, se calcula una media para este periodo. En otras palabras, no se mide todo el espectro, como suele ocurrir en espectroscopía. Por ejemplo, la duración del periodo puede estar comprendida entre 0,5 s y 2,0 s. En función de la intensidad de la señal de retroceso, se pueden calcular los tiempos de relajación T1 y T2 del protón. Por ejemplo, el tiempo de relajación puede calcularse con la siguiente fórmula:

$$T2 = -t/\{\ln[a(t)/a_0]\}$$

[0063] Ventajosamente, los medios de software 64 pueden implementarse en una unidad de cálculo 50, que puede 65 utilizarse para mostrar resultados y controlar el dispositivo. La unidad de cálculo puede ser un PC normal o equivalente. El material del canal de flujo es preferiblemente vidrio, teflón u otro material no magnético equivalente, que no perturbe la

generación del campo magnético dentro del canal de flujo. A su vez, la fuente de alimentación es una fuente de corriente alterna, en relación con la cual puede utilizarse un convertidor de frecuencia para conseguir la frecuencia correcta.

[0064] Las funciones de la unidad de medición pueden controlarse con la misma unidad de cálculo, que dispone de medios de software para determinar las propiedades de la muestra basándose en los tiempos de relajación medidos. La unidad de medición puede controlarse con un software de control independiente, que proporciona controles eléctricos a lo largo de un bus de campo, por ejemplo, al accionador 30 de la segunda válvula 34, abriendo este accionador la segunda válvula 34 del canal de flujo 12 para tomar una muestra periódicamente. Según la figura 3, el bus de campo o el cable de comunicación 52 puede introducirse en la cámara a través de un pasamuros 54 previsto en la tapa 44 de la cámara 28.

De acuerdo con la figura 1a, se puede suministrar electricidad al imán y a la bobina a través de los pasamuros 55 mediante cables eléctricos y un medio de presión para accionar las válvulas a través del pasamuros 57.

[0065] La figura 8 muestra las etapas 110 - 126 de un sistema de medición según la invención en un diagrama de bloques. El funcionamiento del sistema de medición según la invención comienza con la toma de una muestra. Ventajosamente, se toma una muestra del canal de proceso 18 según la figura 1a conduciendo una corriente de fluido al canal de flujo 12 desde su primer extremo 14 según el paso 110. Al abrir la primera válvula 32 en el paso 112, parte de la corriente de fluido se transporta periódicamente al canal de flujo 12 como muestra. La muestra transportada al canal de flujo 12 hasta la región del campo magnético generado por el imán 20 se detiene en el paso 114 con la segunda válvula 34 y, en el paso 116, se cierra la primera válvula 32, permaneciendo así la muestra en el canal de flujo 12 entre la primera válvula 32 y la segunda válvula 34. Periódicamente repetido, el muestreo puede repetirse a intervalos de 1 a 2 minutos, por ejemplo.

[0066] La primera válvula 32 y la segunda válvula 34 se controlan ventajosamente con la unidad de cálculo 50 y los medios de software 64 utilizados en el ordenador de la unidad de cálculo 50, en los que se ha especificado el intervalo de muestreo o el caudal volumétrico por un periodo de tiempo para el flujo de muestra necesario. Basándose en el software de control, la unidad de cálculo envía una orden de control a lo largo de un bus de campo, por ejemplo, preferiblemente al relé 68 de la figura 1a, que controla el suministro de energía de desconexión a los actuadores de la primera válvula 32 y la segunda válvula 34. Ventajosamente, la primera válvula 32 y la segunda válvula 34 son electroválvulas, ya que las electroválvulas no son tan sensibles a las perturbaciones ambientales como otros tipos de válvulas. Cuando el suministro de energía a los actuadores de las válvulas 32 y 34 se apaga con el relé 68, las válvulas 32 y 34 se cierran, y cuando se energizan, las válvulas 32 y 34 se encuentran en su posición abierta permitiendo el flujo de la muestra en el canal de flujo 12.

[0067] Si, en lugar de una segunda válvula, se coloca una bomba en el canal de flujo, la alimentación de la bomba se realiza ventajosamente a través del mismo relé, de modo que todo el proceso de muestreo puede controlarse mediante un relé. De este modo, se aspira una muestra en el canal de flujo hasta que la muestra se transporta al imán, momento en el que se desconecta la alimentación de la primera válvula y de la bomba con el relé, momento en el que éstas se cierran. Al mismo tiempo, se desconecta la alimentación eléctrica de la bomba. El control del relé puede implementarse con control de tiempo, por ejemplo.

[0068] Al mismo tiempo, se ha creado un campo magnético en la unidad de medición 10 ventajosamente con un imán permanente utilizado como el imán 20 según el paso 116 de la figura 8. La finalidad del campo magnético es permitir la excitación de protones con impulsos de frecuencia generados por la bobina 22. Cuando lo genera un imán permanente, el campo magnético es permanente y no requiere ningún control específico. En relación con la unidad de cálculo, también puede haber una unidad de control electrónico, controlada por medios de control, que a su vez controla la fuente de alimentación de la unidad de medida para generar impulsos de frecuencia en la bobina, según el paso 118. Los impulsos de frecuencia se generan ventajosamente a la frecuencia indicada anteriormente mientras la muestra está en el campo magnético. Ventajosamente, el pulso de frecuencia utilizado es el denominado pulso de frecuencia CPMG, que incluye un pulso de 90° y varios pulsos de 180°. Los pulsos se emiten sucesivamente y excitan los protones en el campo magnético en el paso 120. La excitación se descarga muy rápidamente y la energía liberada por el protón llega a la bobina proporcionando una baja tensión en la bobina, que se mide con el equipo de medición en el paso 122. Desde el equipo de medición, la información de tensión puede transferirse en forma analógica a un convertidor A/D o como señal digital directamente a la unidad de cálculo 50, donde se almacena en una memoria 60 con los medios de software 64 para su posterior procesamiento.

[0069] La amplitud de la tensión se mide ventajosamente de forma continua y los resultados momentáneos de la medición de la tensión se almacenan en la memoria. Ventajosamente, la muestra en el campo magnético se expone a 1 - 20, preferiblemente 4- 8 pulsos de frecuencia diferentes generados con la bobina; así, se forman señales atenuantes en un número correspondiente al de los pulsos de frecuencia y sus amplitudes se miden con el equipo de medición. Cuanto mayor sea el número de moléculas en la muestra, menor puede ser el número de pulsos de frecuencia con los que se alcanza un valor suficiente de señal/ruido; puede ser superior a 30, preferiblemente superior a 50. Se puede calcular una media de las amplitudes medidas con los medios 64 del software de las figuras 1a y 2. Además, se puede calcular una media entre muestras sucesivas, ya que las variaciones entre muestras individuales son notablemente mayores que las variaciones entre las señales sucesivas de una misma muestra.

[0070] El tiempo de relajación T1 o T2 del protón calculado en base a la amplitud medida de la señal de retroceso se utiliza junto con la función de correlación definida empíricamente para determinar una propiedad seleccionada de la

muestra con los medios de software 64 en el paso 124. Ventajosamente, la función de correlación se define con pruebas empíricas. Basándose en una determinación, para determinar el contenido de sólidos (SC) del licor negro, se obtuvo la siguiente función de correlación: $SC = 14,211n(R_{2TC}) + 3,05$, donde R_{2TC} es el tiempo de relajación corregido por la temperatura. Más generalmente, la función de correlación tiene la forma $SC = A * T2(R_{2TC}) + B$, donde SC es el contenido sólido del licor negro, $T2(R_{2TC})$ es el tiempo de relajación spin-spin con temperatura corregida, A es una constante y B es una constante. En la medición real, el contenido sólido de una muestra de licor negro, por ejemplo, se determina colocando el tiempo de relajación definido en la función de correlación según el paso 126. El índice SC puede presentarse como una secuencia temporal a la que se puede aplicar un proceso de promediado (promediado móvil), por ejemplo, para poder eliminar las diferencias entre las muestras. Por último, el resultado del contenido de sólidos determinado puede transferirse al sistema de información de la planta, por ejemplo. Finalmente, la muestra puede ser transportada de vuelta al canal de proceso 18 desde el canal de flujo de la unidad de medición 12 según el paso 128.

[0071] En este contexto, la determinación del contenido de sólidos disueltos del licor negro se presenta como un ejemplo de las aplicaciones del sistema de medición y la unidad de medición según la invención. Sin embargo, debe entenderse que las aplicaciones adecuadas pueden ser, por ejemplo, determinaciones del contenido de agua del licor negro y cualquier determinación realizada en una muestra de base líquida, donde la muestra contiene agua y materia orgánica, por lo que el tiempo de relajación se correlaciona con la materia orgánica contenida en la muestra. Así, pueden encontrarse aplicaciones en estudios de aguas residuales mineras, que contienen iones paramagnéticos, o de biocombustibles, que no contienen agua sino compuestos orgánicos. En el caso de los biocombustibles, el tiempo de relajación se correlaciona, por ejemplo, con las propiedades del biocombustible, como el número de cetano o la longitud de la cadena de carbono.

[0072] El equipo según la invención, excluyendo la unidad de medida, puede consistir en un espectroscopio de NMR de dominio temporal del estado de la técnica disponible comercialmente. Uno de estos espectroscopios útiles es el dispositivo conocido con el nombre comercial de "TDNMR Analyzer Spin Track" fabricado por Resonance Systems Ltd. En lugar de la espectroscopia de NMR de dominio temporal, la unidad de medición y el sistema de medición según la invención también pueden utilizarse en espectroscopia de bajo campo.

REIVINDICACIONES

1. Una unidad de medida de NMR (10) que incluye:
 - un canal de flujo (12) que comprende un primer extremo (14) y un segundo extremo (16) para separar una muestra de una corriente de fluido presente en un canal de proceso (18) a través del primer extremo (14) y para devolver la muestra a la corriente de fluido a través del segundo extremo (16),
 - un imán (20) dispuesto en relación con el canal de flujo (12) para crear un campo magnético (E) al menos en parte del canal de flujo (12),
 - una bobina (22) dispuesta en relación con el canal de flujo (12) para excitar los núcleos activos de NMR de la muestra que se mueve en el canal de flujo (12) y para recibir el impulso de frecuencia que vuelve a la bobina (22) desde los núcleos activos de NMR,
 - un marco (24) instalable de manera que el canal de flujo (12) se sitúe dentro del canal de proceso (18), comprendiendo el marco (24) una brida de fijación (26) y una cámara (28),
 - la cámara (28) estando conectada a la brida de fijación (26) y dispuesta para ser instalada al menos en su mayor parte dentro del canal de proceso (18), cuya cámara (28) está cerrada al menos con respecto a la corriente de fluido y dentro de cuya cámara (28) están dispuestos el imán (20) y la bobina (22) y a través de cuya cámara (28) pasa el canal de flujo (12) y en la que la bobina (22) rodea el canal de flujo (12), **caracterizada porque**
 - el imán (20) rodea el canal de flujo (12);
 - el marco (24) comprende la brida de fijación (26) para sellar y fijar la unidad de medición de NMR (10) a una trampilla de inspección o abertura de servicio (48) de la pared del canal de proceso (18), y la unidad de medición de NMR (10) está adaptada para ser instalada en dicha trampilla de inspección o abertura de servicio (48), respectivamente, de dicha pared del canal de proceso (18) por medio de dicha brida de fijación.

2. La unidad de medición NMR según la reivindicación 1, **caracterizada porque** la unidad de medición NMR (10) incluye una primera válvula (32) y una segunda válvula (34), ambas dispuestas en el canal de flujo (12) dentro de la cámara (28), una precediendo al imán (20) y la otra siguiendo al imán (20), para detener la muestra en la región del campo magnético (E).

3. La unidad de medida de NMR según la reivindicación 1 o 2, **caracterizada porque** la unidad de medida de NMR (10) incluye una primera válvula (32) y una bomba, ambas dispuestas en el canal de flujo (12) dentro de la cámara (28), una precediendo al imán (20) y la otra siguiendo al imán (20), para detener la muestra en la región del campo magnético (E), donde la bomba (34) está dispuesta para aspirar la muestra en el canal de flujo (12) y detener la muestra junto con la primera válvula (32).

4. La unidad de medición de NMR según la reivindicación 2 ó 3, **caracterizada porque** el canal de flujo (12) incluye un tubo (36) equipado con un revestimiento que impide la suciedad, preferiblemente un tubo de teflón, que tiene dos extremos (40).

5. La unidad de medición de NMR según la reivindicación 4, **caracterizada porque** el tubo (36) comprende medios de fijación (42) para fijar el tubo (36) de forma desmontable por sus extremos (40) a la primera válvula (32) y a la segunda válvula (34) o a una bomba, en lugar de a la segunda válvula (34).

6. La unidad de medición de NMR según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada porque** la cámara (28) se extiende desde la brida de fijación (26) perpendicularmente.

7. La unidad de medición de NMR según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizada porque**, vista en la dirección perpendicular relativa a la brida de fijación (26), la cámara (28) tiene forma de rueda o, preferiblemente, forma elíptica para reducir la resistencia al flujo causada por la unidad de medición de NMR (10).

8. La unidad de medida de NMR según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada porque** la cámara (28) incluye una tapa que se puede cerrar (44) para cerrar la unidad de medida de NMR (10).

9. La unidad de medición de NMR según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizada porque** la brida de fijación (26) incluye un borde de perno (46) para fijar la unidad de medición de NMR (10) a la abertura de servicio (48) o escotilla de inspección incluida en la pared del canal de proceso (18).

10. La unidad de medición de NMR según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizada porque** la unidad de medición de NMR (10) es una unidad de medición de NMR (10) en el dominio del tiempo.

11. La unidad de medida de NMR según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizada porque** el núcleo activo de NMR es un protón.

12. La unidad de medición de NMR según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizada porque** la corriente de fluido es una corriente líquida.

13. La unidad de medición de NMR según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizada porque** el diámetro

interior del canal de flujo (12) es de 2 - 30 mm, preferentemente de 10 - 20 mm.

- 5 14. Un sistema de medición por NMR (100), que incluye una unidad de medición de NMR (10) para realizar una medición por NMR de una muestra en un canal de proceso (18) para formar una señal de medición y una unidad de cálculo (50) conectada a la unidad de medición de NMR (10) para controlar el funcionamiento de la unidad de medición de NMR (10) y calcular las propiedades seleccionadas basándose en la señal de medición, **caracterizado porque** la unidad de medición de NMR (10) es una unidad de medición de NMR según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 13.
- 10 15. El sistema de medición por NMR según la reivindicación 14, **caracterizado porque** la unidad de medición de NMR (10) incluye un cable de comunicación (52) para transferir órdenes de control desde la unidad de cálculo (50) a la unidad de medición de NMR (10) y para transferir datos de medición desde la unidad de medición de NMR (10) a la unidad de cálculo (50), y el marco (24) incluye un pasamuros (54) para conducir a través del cable de comunicación (52).

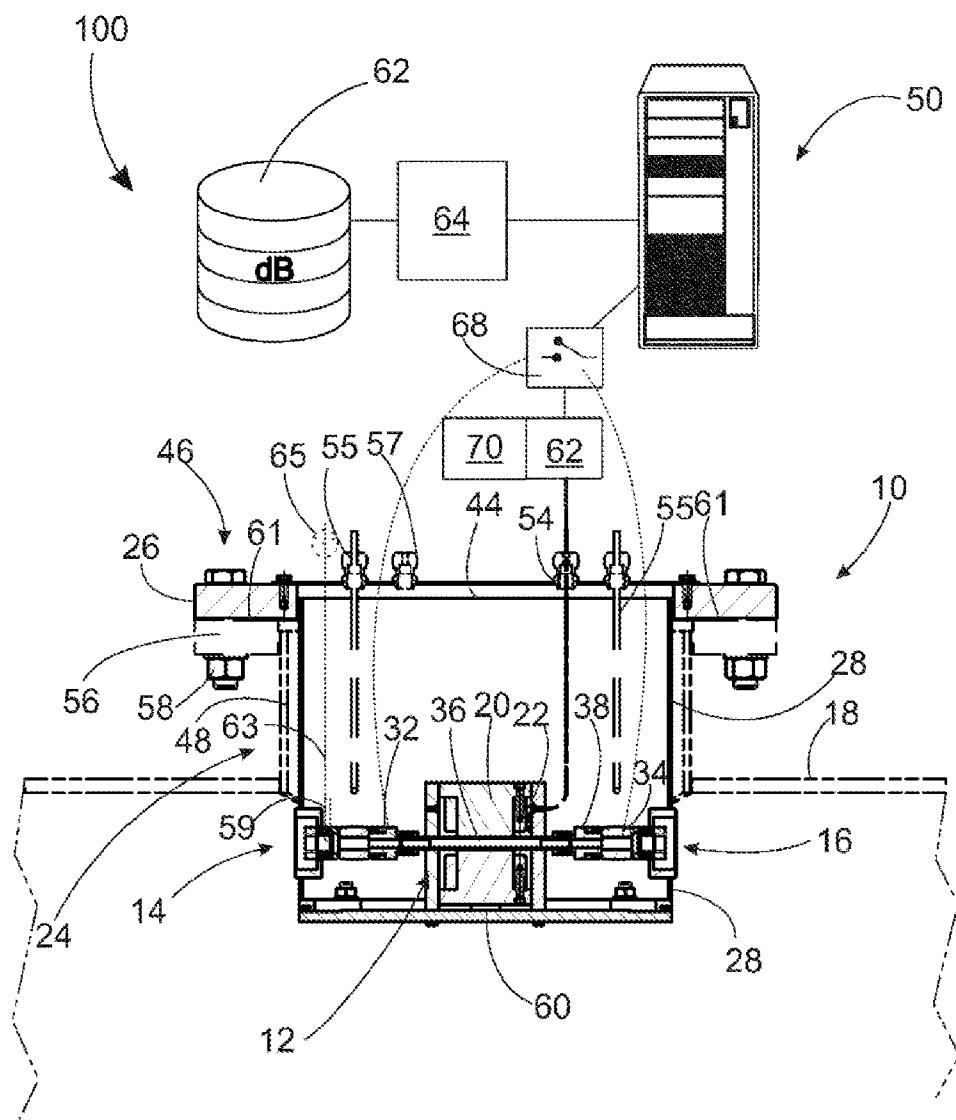


Fig. 1a

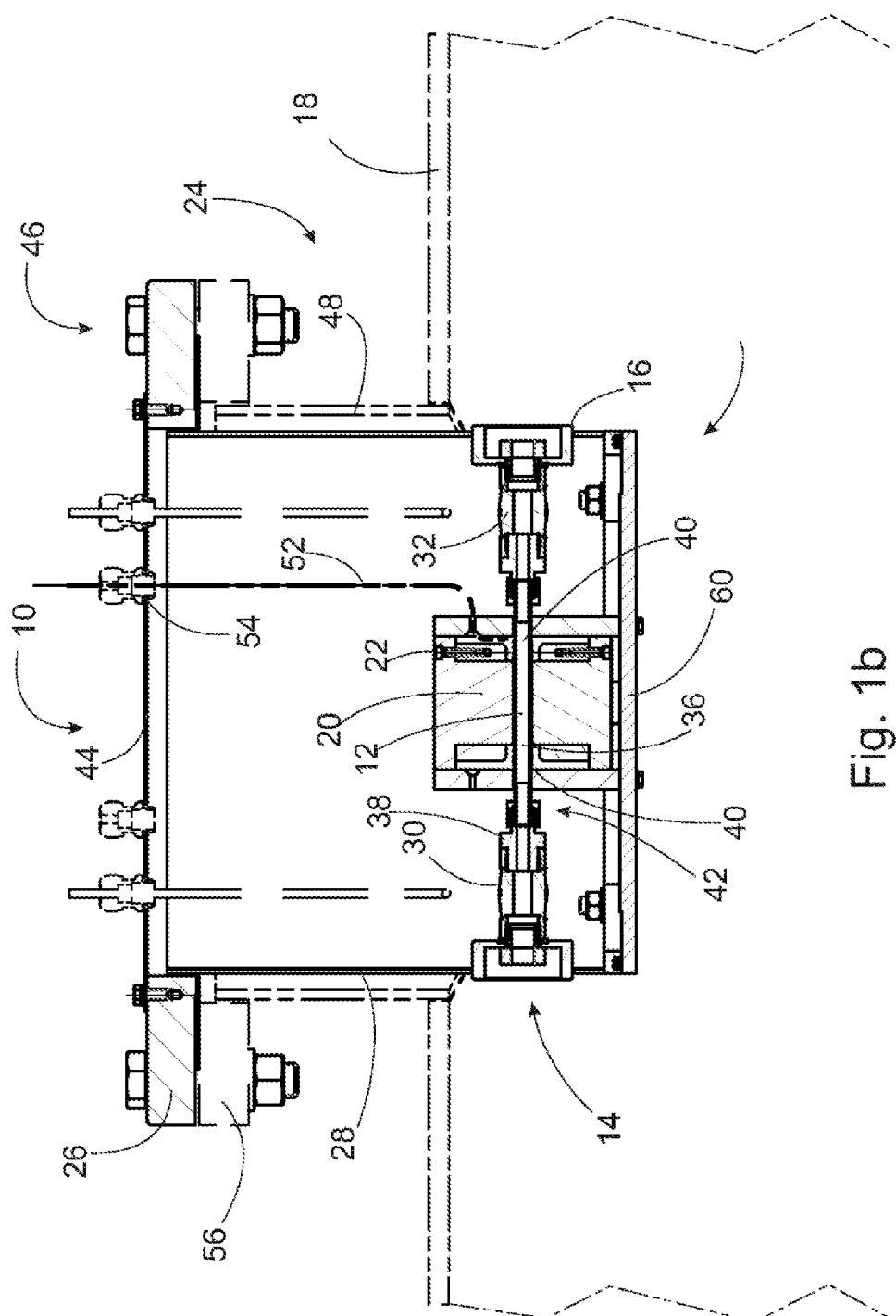


Fig. 1b

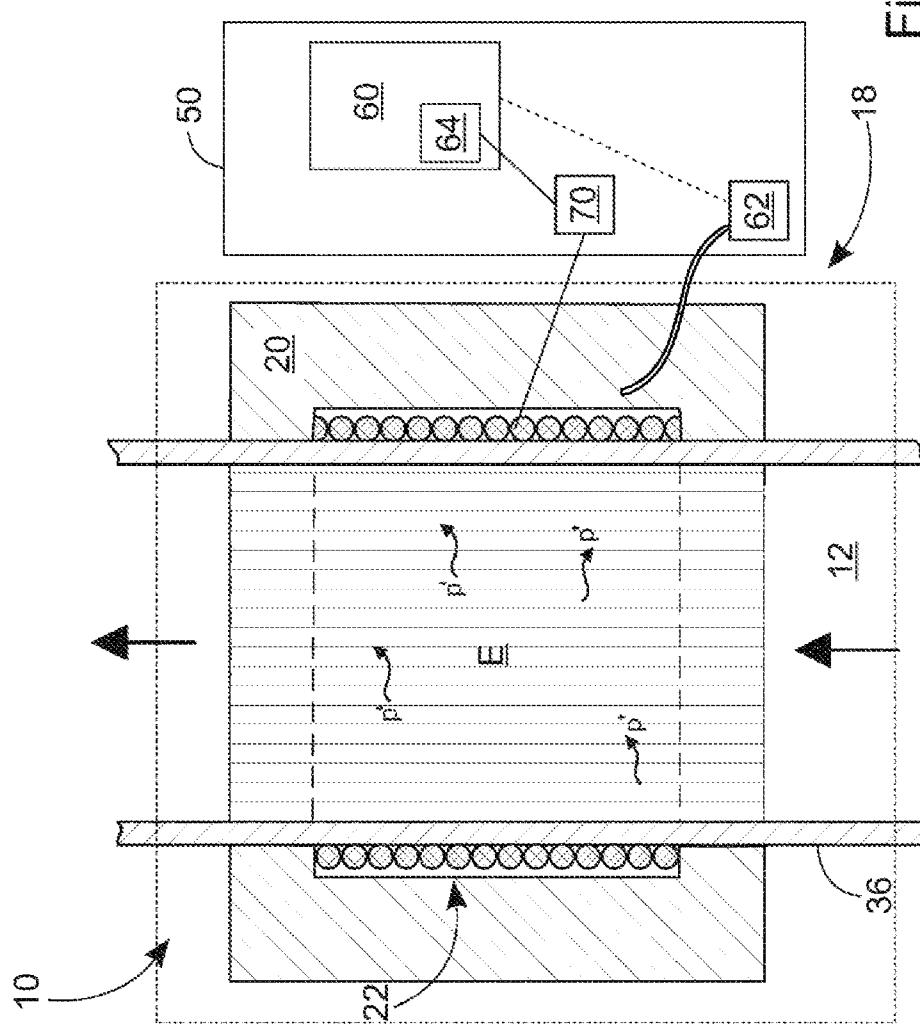


Fig. 2

VISTA 3D (1:5)

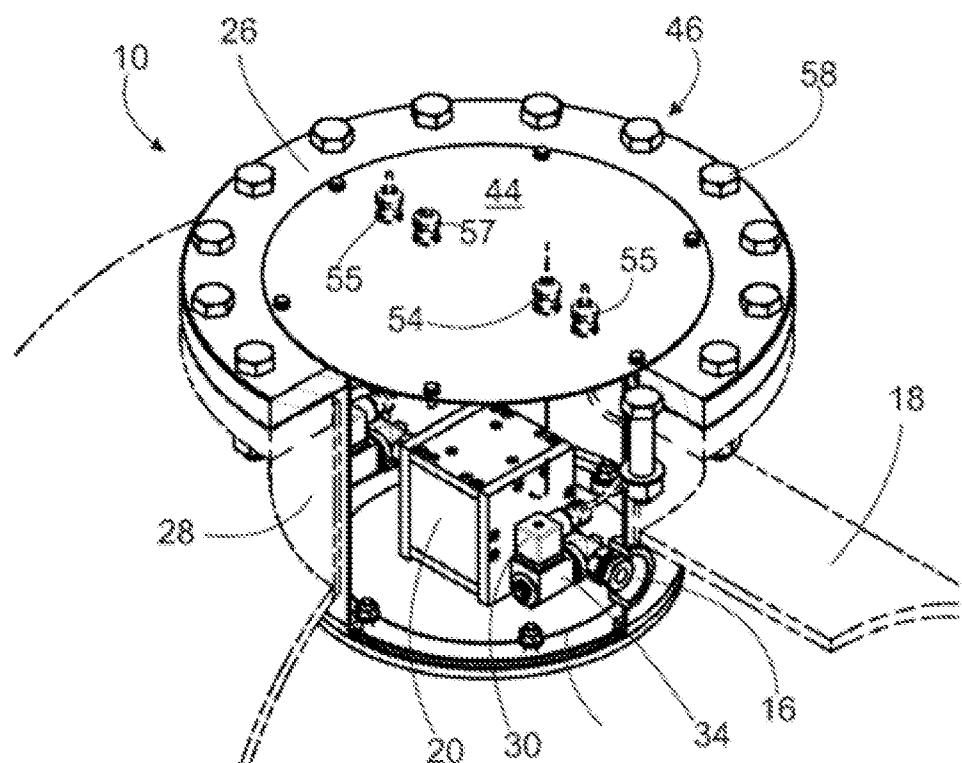


Fig. 3

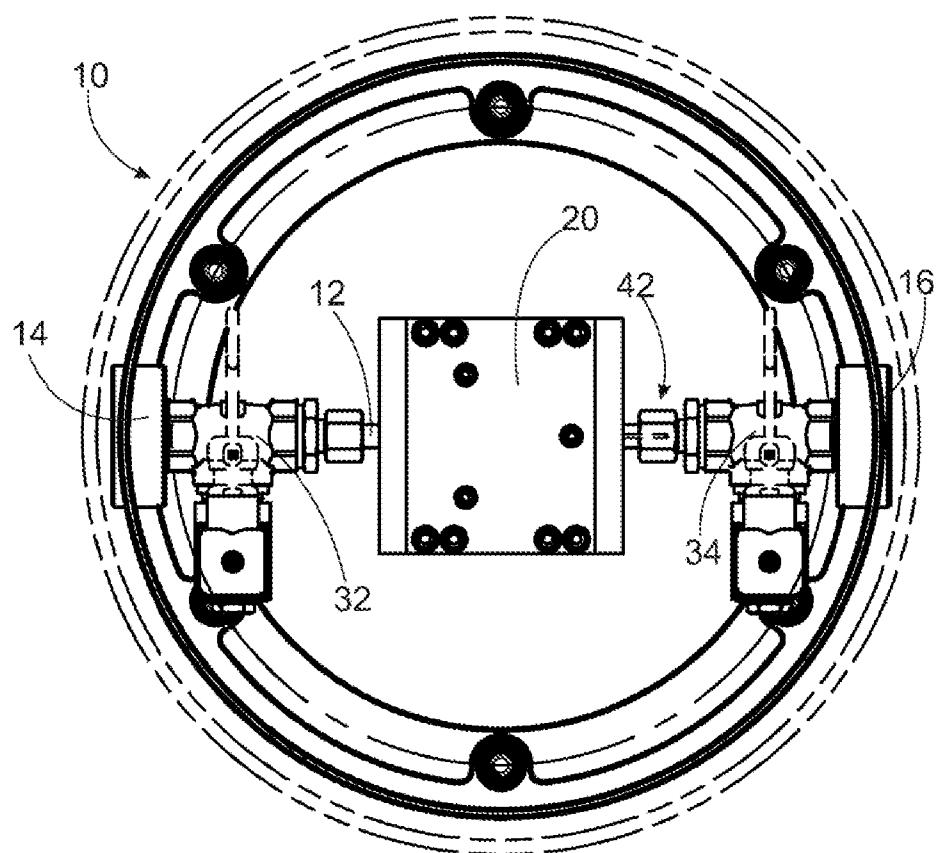


Fig. 4

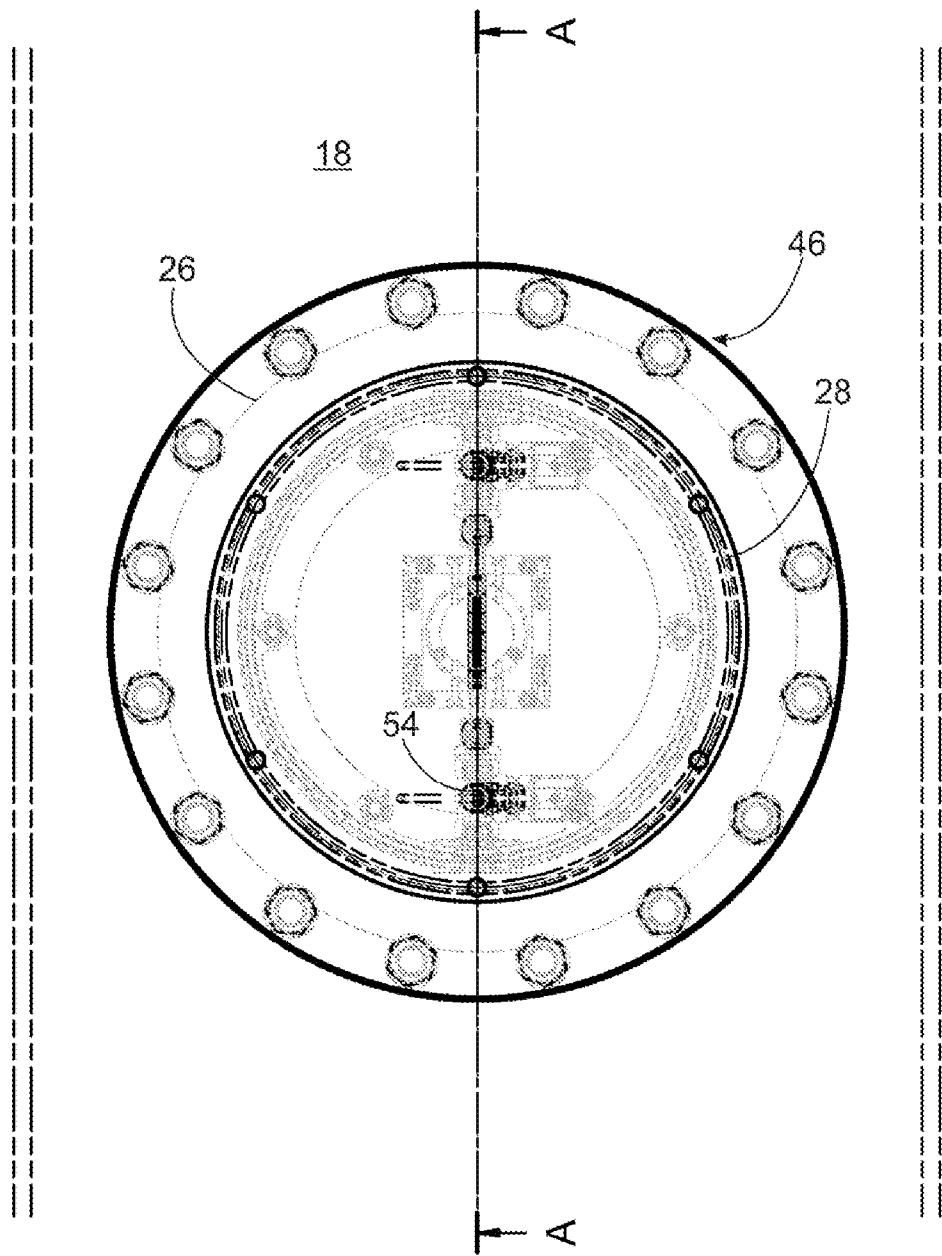


Fig. 5

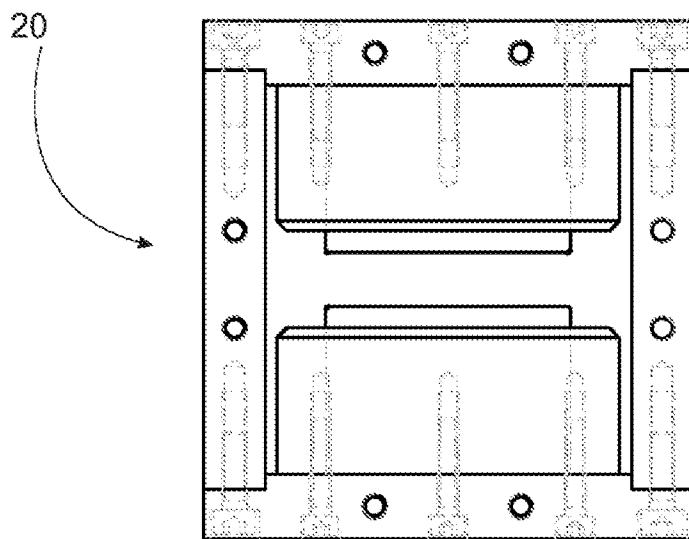


Fig. 6a

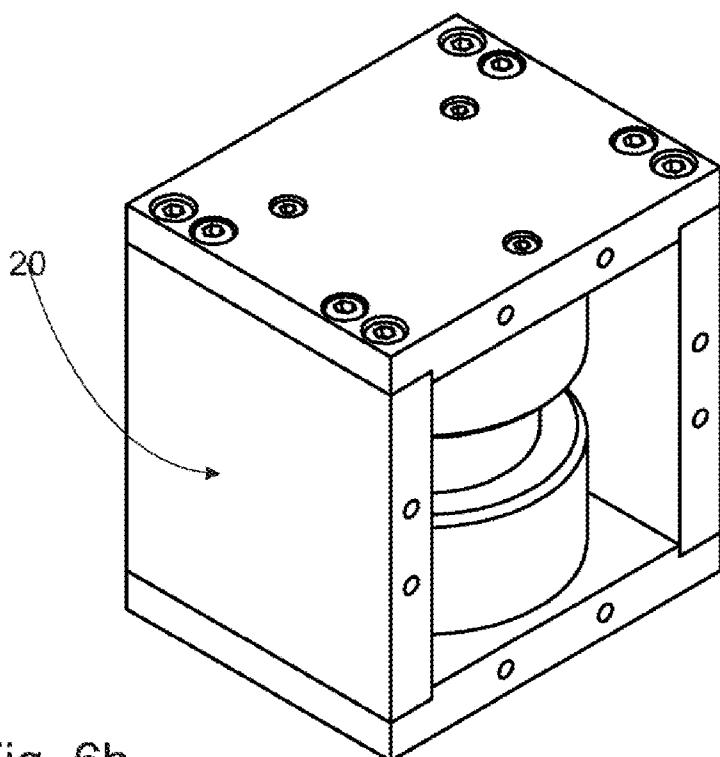


Fig. 6b

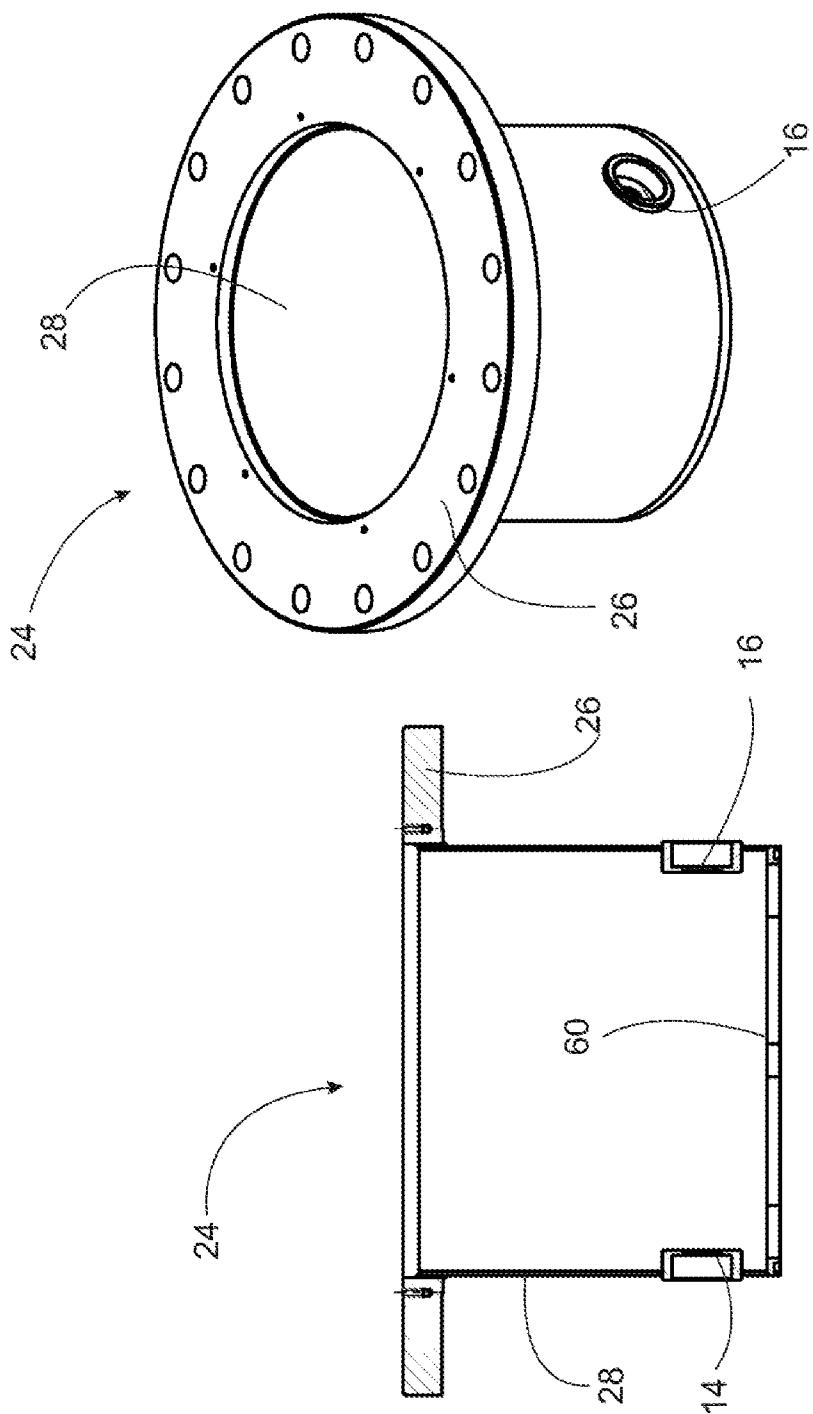


Fig. 7b

Fig. 7a

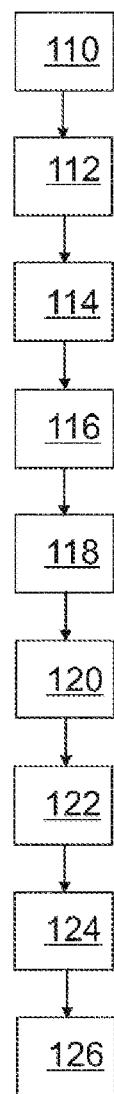


Fig. 8