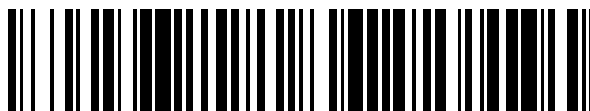


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 732 665**

51 Int. Cl.:

E21B 34/08 (2006.01)

E21B 43/12 (2006.01)

E21B 43/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.03.2013 E 17177372 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2019 EP 3255242**

54 Título: **Dispositivo y método de control de flujo**

30 Prioridad:

21.03.2012 NO 20120334

21.03.2012 US 201261613515 P

06.08.2012 NO 20120872

06.08.2012 US 201261679805 P

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

25.11.2019

73 Titular/es:

INFLOWCONTROL AS (100.0%)

Porselensvegen 22

3920 Porsgrunn, NO

72 Inventor/es:

MATHIESEN, VIDAR;

WERSWICK, BJØRNAR y

AAKRE, HAAVARD

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 732 665 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo y método de control de flujo.

5 Campo de la invención

La invención se refiere al control de flujos de fluido en un conducto. Más específicamente, la invención se refiere a un dispositivo y a un método para controlar el flujo de fluidos que tiene diferentes propiedades. La invención es útil para controlar el flujo de fluidos desde un yacimiento de hidrocarburos subterráneos y hacia una sarta de producción. El dispositivo y método de la invención son útiles para los fluidos de producción y en el contexto de inyección de fluidos.

Antecedentes de la invención

15 Un pozo para producir hidrocarburos a partir de un yacimiento subterráneo puede extenderse a través del yacimiento en varias orientaciones. Tradicionalmente, se accedía a los yacimientos mediante la perforación de pozos verticales. Esta es una técnica simple y directa, pero una que proporciona un contacto limitado del yacimiento por pozo. Por lo tanto, para poder acceder a más de un yacimiento por pozo, se desarrollaron técnicas y dispositivos para perforar pozos horizontales, es decir, desviar el pozo de vertical a horizontal a una profundidad predeterminada por debajo de la superficie. Los llamados pozos multilaterales proporcionan un acceso aún mayor a, y entran en contacto con, el yacimiento.

20 Un desafío importante en la producción de hidrocarburos a partir de yacimientos subterráneos es aumentar la capacidad de recuperar el petróleo que de hecho está presente en el yacimiento. Hoy en día, solo una parte del petróleo en un yacimiento determinado se recupera y se produce realmente antes de que se cierre el campo. Por lo tanto, existen fuertes incentivos para desarrollar nuevas tecnologías con el fin de aumentar la producción y la recuperación del petróleo.

25 Dos factores son de particular importancia para aumentar la producción y la tasa de recuperación de un yacimiento: obtener el máximo contacto con el yacimiento, y prevenir los efectos negativos de la penetración/irrupción de gas y/o agua (comúnmente denominado "conificación").

30 El contacto con el yacimiento se logra comúnmente mediante la perforación de varios pozos horizontales y/o multilaterales. Los efectos negativos de la conificación se mitigan comúnmente por los llamados Dispositivos de Control de Flujo (ICD) colocados en la pared de la sarta de producción. Típicamente, una sarta de producción en un pozo horizontal comprende un gran número de ICD dispuestos a intervalos regulares a lo largo de toda su longitud. Los ICD sirven como puertos de entrada para el petróleo que fluye desde el yacimiento (normalmente a través del espacio anular entre la sarta de producción y la formación del pozo) y hacia la sarta de producción, y son puertos que tienen un área de flujo fija. Los llamados ICD (AICD) autónomos comprenden uno o más elementos de válvula y normalmente se abren cuando el petróleo fluye a través del dispositivo, pero obstruye el flujo cuando y donde el agua y/o el gas entra al flujo. El espacio anular entre la sarta de producción y el alojamiento se divide típicamente en zonas por empacadores del espacio anular, lo que se conoce en la técnica, y se colocan uno o más ICD o AICD en cada zona.

40 En la técnica se conocen varios ICD, uno que se describe por el documento US 5 435 393 (Brekke, y otros), que describe una tubería de producción que tiene una tubería de producción con una tubería de drenaje inferior. La tubería de drenaje se divide en secciones con uno o más dispositivos limitadores de entrada que controlan el flujo de petróleo o gas desde el yacimiento a la tubería de drenaje en base a la pérdida calculada de la presión de fricción a lo largo de la tubería de drenaje, el perfil de productividad calculada del yacimiento, y la entrada calculada de gas o agua.

50 El estado de la técnica también incluye el documento US 7 857 050 B2 (Zazovsky, y otros) que describe un aparato para su uso en la prevención de agua o gas no deseado y que tiene un conducto de flujo y una estructura que define una trayectoria de fluido tortuoso cerca del conducto de flujo, donde la trayectoria de fluido tortuoso recibe un flujo de fluido. La trayectoria de fluido tortuoso se define por al menos el primer y segundo miembros de la estructura, y el primer y segundo miembros son móviles uno con respecto al otro para ajustar un área de flujo de sección transversal de la trayectoria de fluido tortuoso. El área de sección transversal y, por tanto, la caída de presión pueden ajustarse por una fuerza externa. Sin embargo, el control externo y la fuerza son costosos y la cantidad de secciones es limitada.

55 El documento US 5816286 A1 (Scott y otros) describe un dispositivo de regulación de flujo para mantener la presión del sistema dentro de los límites aceptables en sistemas de líneas de conducción de gas y vapor. Se proporciona un regulador operado por piloto de descarga de presión, en donde la presión diferencial a través del elemento de estrangulamiento/diafragma del regulador principal se mantiene dentro de un rango aceptable para evitar daños en el diafragma mientras se mantiene la presión del sistema en los límites aceptables.

60 El documento US 7 823 645 B2 (Henriksen, y otros) describe un dispositivo de control de flujo con un elemento de cierre de gas o agua que puede hacerse funcionar mecánica o hidráulicamente desde la superficie del pozo. El dispositivo puede incluir un elemento de derivación que permite que el dispositivo de control de flujo se cierre o se desvíe mediante el desplazamiento de un manguito. El dispositivo de control de flujo puede adaptarse a los cambios en las condiciones del pozo, tal como la composición química, la densidad del fluido y la temperatura. El dispositivo puede configurarse para controlar el flujo en respuesta a los cambios en la relación gas/petróleo, la relación agua/petróleo, la densidad del fluido

65

y/o la temperatura de funcionamiento del dispositivo de control de flujo. Sin embargo, el control externo y la fuerza son costosos y la cantidad de zonas es limitada.

5 Los ICD (AICD) autónomos representan una mejora de los ICD tradicionales mencionados anteriormente en el sentido de que son autocontrolados, es decir, sin ningún suministro de energía externa o control.

10 Los documentos US 2008/0041580 A1 (Freyer, y otros) y WO 2008/004875 A1 (Aakre, y otros) incluyen los ejemplos de ICD autónomos. Mientras que el primero describe un limitador de flujo autónomo con múltiples miembros de bloqueo de flujo que tienen una densidad menor que la del petróleo, el último describe un dispositivo de control de flujo autónomo que tiene un disco móvil que se diseña para moverse con relación a una abertura de entrada y, de esta manera, reduce o aumenta el área de paso de flujo mediante la explotación del efecto Bernoulli y la presión de estancamiento creada en el disco.

15 El documento US 2011/0067878 A1 (Aadnoy) describe un controlador de flujo que tiene un limitador de flujo y un actuador controlado por presión conectado a un cuerpo de válvula que a su vez coopera con una abertura de la válvula. En un lado de cierre, el actuador se comunica con el fluido localizado aguas arriba de la abertura de la válvula y el limitador de flujo. En el lado de apertura, el actuador se comunica con un fluido localizado aguas abajo del limitador de flujo y aguas arriba de la abertura de la válvula. El actuador se proporciona con un pistón que está separado del fluido del pozo por al menos un sello que se asemeja al diafragma, específicamente un diafragma que tiene una constante de resorte.

20 El documento US 2008/0041582 A1 (Saetre, y otros) describe un aparato de control de flujo que tiene un limitador de flujo posicionado en la trayectoria de flujo entre un exterior de un tubular y su conducto. El limitador de flujo tiene una cámara activa y una cámara de derivación, y una tubería de derivación se dispone dentro de la cámara de derivación. La tubería de derivación tiene un área de flujo efectiva constante para permitir que los fluidos de producción entren en el conducto desde la cámara de derivación. Los miembros de bloqueo de flujo se disponen dentro de la cámara activa y cooperan con las salidas del tubular para variar de manera autónoma un área de flujo efectiva para permitir que los fluidos de producción entren en el conducto desde la cámara activa en base a la composición constituyente de los fluidos de producción.

30 El documento US 2011/0198097 A1 (Moen) describe un conjunto de válvula para regular el flujo de fluido en un pozo horizontal. Un alojamiento se acopla a un tubular de producción, tiene una cámara que está en comunicación de fluidos a través de un canal de flujo con un espacio anular interno formado adyacente al pozo. Un pistón y un miembro de presión se disponen dentro de la cámara, donde el miembro de presión presiona el pistón a una primera posición. Una trayectoria de flujo se define dentro del alojamiento y puede comunicarse con el tubular de producción y el espacio anular interior. La trayectoria de flujo puede incluir una o más toberas dispuestas en la misma, y el pistón puede configurarse para moverse entre la primera posición lo que permite que el flujo de fluido atraviese la trayectoria de flujo hacia el tubular de producción y una segunda posición que impide el flujo de fluido hacia el tubular de producción. La posición se determina por la caída de presión.

40 El documento US 2011/0308806 A9 (Dykstra, y otros) describe un aparato para controlar el flujo de fluido en un tubular posicionado en un pozo que se extiende a través de una formación subterránea. Un sistema de control de flujo se coloca en comunicación de fluidos con un tubular principal. El sistema de control de flujo tiene un sistema de control de relación de flujo y un sistema de resistencia dependiente de la trayectoria. El sistema de control de relación de flujo tiene un primer y segundo pasajes, el fluido de producción que fluye hacia los pasajes con la relación del flujo de fluido a través de los pasajes relacionados con la característica del flujo de fluido. El sistema de resistencia dependiente de la trayectoria incluye una cámara de vórtice con una primera y una segunda entradas y una salida, la primera entrada del sistema de resistencia dependiente de la trayectoria en comunicación de fluidos con el primer pasaje del sistema de control de relación de fluido y la segunda entrada en comunicación de fluidos con el segundo pasaje del sistema de control de relación de fluido. La primera entrada se posiciona para dirigir el fluido hacia la cámara de vórtice de manera que fluye principalmente de manera tangencial hacia la cámara de vórtice, y la segunda entrada se posiciona para dirigir el fluido de manera que fluye principalmente de manera radial hacia la cámara de vórtice. Los fluidos no deseados, tal como el gas natural o el agua, en un pozo de petróleo, se dirigen, en base a su característica relativa, al vórtice principalmente de manera tangencial, lo que restringe de esta manera el flujo de fluido cuando el fluido no deseado está presente como componente del fluido de producción.

55 Una ventaja común de todos los ejemplos de AICD mencionados anteriormente es que contribuyen a un flujo más uniforme a lo largo de la trayectoria del pozo en comparación con las toberas en los ICD tradicionales. El propósito es retrasar la irrupción de gas y/o agua tanto como sea posible. Sin embargo, todos sufren la desventaja de que la producción se estrangule también por el petróleo. El resultado es un aumento general en el grado de extracción (recuperación) alrededor de los pozos en comparación con los ICD tradicionales, pero con una pérdida significativa de producción (barril/día) durante la fase inicial de la vida útil de los pozos.

Además, las soluciones tales como las descritas en US 2011/0067878 y US 2011/0198097 A1 no se estrangularían ni cerrarían por fases no deseadas (gas/agua) en el momento de sus irrupciones.

65 Los documentos US 2008/0041580 A1, WO 2008/004875 A1, US 2008/0041582 A1 y US 2011/0308806 A9 todos contribuyen a que un carácter de ICD tenga una capacidad autonómica que, hasta cierto punto, estrangula las fases no

deseadas, aunque no al punto de detenerlas por completo o casi por completo en la entrada. Las publicaciones US 2008/0041580 A1 y US 2008/0041582 A1 además, no exhibirían ninguna propiedad reversible, es decir, la capacidad de reabrir de manera autónoma una válvula que se ha cerrado debido a la entrada de fases no deseadas en el momento en que nuevamente el petróleo comienza a fluir hacia el pozo.

5 También se conocen en la técnica los AICD que tienen la capacidad de cerrar de manera autónoma, o casi de cerrar, tales fases no deseadas.

10 Se encuentra un ejemplo en la publicación US 7 918 275 B2 que describe un aparato que tiene un miembro de control de flujo que alinea selectivamente un puerto con una abertura en comunicación con un agujero de flujo de un tubular del pozo. El miembro de control de flujo puede tener una posición abierta y una posición cerrada en donde el puerto se alinea con la abertura y se desalinea con la abertura, respectivamente. El miembro de control de flujo se mueve entre la posición abierta y la posición cerrada en respuesta a un cambio en la fuerza de arrastre aplicado por un fluido que fluye. Un elemento de presión impulsa al miembro de control de flujo a la posición abierta o cerrada. El aparato puede incluir un alojamiento que recibe el miembro de control de flujo. El miembro de control de flujo y el alojamiento pueden definir un espacio de flujo que genera un flujo de Couette que causa la fuerza de arrastre. El espacio de flujo puede incluir un material hidrófilo y/o hinchable en agua.

20 Sin embargo, un problema importante con la solución descrita en el documento US 7 918 275 B2 es que la válvula está en posición cerrada en el momento de la instalación, durante la cual la velocidad y la fricción del fluido son cero. Por lo tanto, no habrá fuerza para accionar la abertura. Si este problema se resuelve, de todas maneras sería difícil controlar la apertura/cierre de la válvula en base a la fricción del flujo, ya que esta última es normalmente pequeña en comparación con la fricción de los mecanismos de la válvula. Además, la funcionalidad de cualquier propiedad reversible basada en la fuerza de arrastre/fricción parece dudosa.

25 Otro ejemplo de un documento que describe una solución para un AICD que puede cerrarse de manera autónoma se encuentra en la publicación US 2009/0283275 A1 que describe un aparato para controlar un flujo de fluido en un tubular del pozo. El aparato incluye una trayectoria de flujo principal asociada con un dispositivo de control de producción, un miembro de oclusión posicionado a lo largo de la trayectoria de flujo principal que ocluye selectivamente la trayectoria de flujo principal, y un medio reactivo dispuesto a lo largo de la trayectoria de flujo principal que cambia un diferencial de presión a través de al menos una porción de la trayectoria del flujo principal al interactuar con un fluido seleccionado. Los medios reactivos pueden ser un material hinchable en agua o un material hinchable en petróleo.

30 Por lo tanto, el documento US 2009/0283275 A1 para un material reactivo al petróleo instalado en la trayectoria de flujo principal dará como resultado una mayor resistencia al flujo durante el rendimiento de las fases deseadas, tal como el petróleo en relación a los medios no reactivos. Un material reactivo que detiene el agua/gas y no el petróleo es desconocido para los inventores. La publicación no hace uso de un segundo flujo piloto para superar, como la presente invención, cualquier obstáculo del flujo principal.

40 La publicación US 7 819 196 B2 también describe un controlador de flujo que tiene un limitador de flujo y un actuador controlado por presión conectado a un cuerpo de válvula que a su vez coopera con una abertura de la válvula. Se usa una celda osmótica para operar el actuador, cuya celda se coloca en el flujo de fluido, de manera que el movimiento necesario para que el actuador accione una válvula se logra mediante la utilización de la diferencia de presión osmótica entre la solución en la celda y el flujo de fluido externo/yacimiento en relación con la celda. Se ha demostrado que este concepto funciona de acuerdo con sus principios que exhiben una alta producción inicial de petróleo mientras que al mismo tiempo se cierran para las fases no deseadas. Sin embargo, la solución depende de una membrana que maneja las condiciones difíciles del pozo (alta presión y temperatura, suciedad, etc.) de manera satisfactoria. Tal membrana no se conoce actualmente en el campo.

50 El propósito de la presente invención es superar los inconvenientes de la técnica anterior y obtener ventajas adicionales.

Resumen de la invención

55 La presente invención se expone y caracteriza en las reivindicaciones independientes, mientras que las reivindicaciones dependientes describen otras características de la invención.

60 Por lo tanto, se proporciona un dispositivo de control de flujo de fluido, que comprende un alojamiento que tiene una entrada de fluido y al menos una salida de fluido, caracterizado por un primer limitador de flujo de fluido que sirve como puerto de entrada a una cámara en el alojamiento, y un segundo limitador de flujo de fluido que sirve como un puerto de salida de la cámara, y en donde el primer limitador de flujo de fluido y el segundo limitador de flujo de fluido se configuran para generar diferentes características de flujo de fluido; y la cámara comprende medios de accionamiento que responden a los cambios de presión del fluido en la cámara. Los medios de accionamiento se conectan operativamente a al menos un dispositivo de válvula en forma de un miembro móvil dispuesto dentro del alojamiento entre la entrada de fluido y la al menos una salida de fluido. El dispositivo de la válvula puede moverse entre una posición abierta en la que la trayectoria de flujo primaria se abre y una posición cerrada en la que se cierra la trayectoria de flujo primaria, y el dispositivo de la

válvula se presiona hacia la posición abierta debido a la primera presión del fluido y hacia una posición cerrada debido a dichos cambios de presión del fluido influenciados.

5 El dispositivo de control de flujo de fluido comprende un dispositivo de válvula dispuesto entre la entrada de fluido y la al menos una salida de fluido, y conectado operativamente a los medios de accionamiento.

10 El primer limitador de flujo de fluido y el segundo limitador de flujo de fluido se configuran para imponer sus respectivas características de flujo de fluido diferentes basadas en diferentes propiedades de fluido. Uno de dichos dos limitadores de flujo de fluido se configura para imponer las características de flujo sustancialmente laminares en el fluido que fluye a través del limitador, y el otro limitador de flujo de fluido se configura para imponer las características de flujo sustancialmente turbulentas en un fluido que fluye a través del limitador.

15 En una modalidad, el primer limitador de flujo de fluido se configura para imponer las características de flujo sustancialmente laminares en un fluido que fluye a través del limitador, y el segundo limitador de flujo de fluido se configura para imponer las características de flujo sustancialmente turbulentas en un fluido que fluye a través del limitador. En una modalidad, el primer limitador de flujo de fluido se configura para imponer las características de flujo basadas en la viscosidad del fluido, y el segundo limitador de flujo de fluido se configura para imponer las características de flujo basadas en la densidad del fluido.

20 El primer limitador de flujo de fluido puede ser un elemento poroso y el segundo limitador de flujo de fluido es un orificio.

El primer limitador de flujo de fluido sirve ventajosamente como el único puerto de entrada a la cámara, y el segundo limitador de flujo de fluido sirve ventajosamente como el puerto de salida de la cámara.

25 De acuerdo con la invención, el alojamiento comprende una trayectoria de flujo primaria y una trayectoria de flujo secundaria, y los limitadores de flujo de fluido y la cámara se disponen en la trayectoria de flujo secundaria. En una modalidad, el dispositivo de válvula se dispone para cerrar la trayectoria de flujo primaria.

30 El primer limitador de flujo de fluido puede ser una parte del dispositivo de válvula y/o el segundo limitador de flujo de fluido puede ser una parte del dispositivo de válvula.

35 En una modalidad, el dispositivo de válvula comprende un cuerpo móvil conectado a través de un fuelle flexible al alojamiento. En otra modalidad, el dispositivo de válvula comprende un pistón móvil dispuesto para un movimiento deslizante dentro del alojamiento.

En una modalidad, el dispositivo de control de flujo de fluido comprende un elemento limitador de fluido configurado para estrangular progresivamente el flujo fuera del orificio cuando el dispositivo de válvula se mueve hacia una posición de cierre.

40 También se proporciona un método para controlar el flujo de fluido a través de un alojamiento en base a los cambios en las propiedades del fluido, caracterizado por:

- permitir que al menos una porción del fluido fluya a través de un primer limitador de flujo de fluido, dentro de una cámara y fuera de la cámara a través de un segundo limitador de flujo de fluido;
- utilizar el cambio de presión en la cámara que se produce cuando una propiedad del fluido cambia para hacer funcionar un dispositivo de válvula y, de esta manera, controlar el flujo de fluido a través del alojamiento.

50 En una modalidad del método, dicha propiedad del fluido comprende la viscosidad. En otra modalidad del método, dicha propiedad del fluido comprende la densidad. En una modalidad, el método comprende generar un flujo sustancialmente laminar por el primer limitador de flujo de fluido, y generar un flujo sustancialmente turbulento por el segundo limitador de flujo de fluido.

La invención usa el cambio de presión que se produce entre dos limitadores de fluido cuando cambian las propiedades del fluido (tal como la viscosidad). Este cambio de presión se usa para mover un cuerpo y/o accionar una válvula.

55 Aunque se han descrito las modalidades de la invención con los limitadores de flujo que son un elemento poroso y un orificio, la invención es igualmente aplicable a otros limitadores de flujo, tales como, por ejemplo, un conducto largo y/o un cambio de geometría abrupto en un conducto.

60 El dispositivo de control de flujo de la invención detiene los fluidos no deseados (por ejemplo, agua, gas, vapor y CO₂) que entran al flujo de producción de un fluido deseado (por ejemplo, petróleo) de una mejor manera que lo hacen los ICD y AICD conocidos. El dispositivo de control de flujo de la invención es robusto y totalmente autónomo. Es reversible porque el dispositivo de la válvula cambia de posición a medida que cambian las propiedades (por ejemplo, la viscosidad) del fluido. Es decir, donde, por ejemplo, se cierra el dispositivo de control de flujo cuando la viscosidad disminuye (es decir, se expone al agua o al gas), se abre de nuevo cuando la viscosidad aumenta (es decir, se expone al petróleo).

65

Existe una importante ganancia económica en la prevención de la estrangulación de la producción inicial de petróleo (valor presente) y en el aumento del grado de producción debido al cierre eficiente de fases de fluido no deseadas, tal como el agua y/o el gas. El aumento estimado en la producción y recuperación de un pozo, que será una función de las propiedades del yacimiento y del fluido, será de al menos el 10 %. El costo de producción de la válvula de la invención es casi insignificante en comparación con la ganancia potencial debido al aumento de la producción de petróleo.

Breve descripción de los dibujos

Estas y otras características de la invención quedarán claras a partir de la siguiente descripción de las modalidades, dadas como ejemplos no restrictivos, con referencia a los esquemas y dibujos en sección adjuntos, en donde:

La Figura 1a ilustra un principio detrás de la invención y el dispositivo de control de flujo de la invención en una forma básica;

La Figura 1b ilustra la correlación entre el cambio en la presión dentro de la cámara (es decir, entre los limitadores de fluido) y el cambio en la viscosidad del fluido;

La Figura 2 es un esquema del principio del dispositivo de control de flujo de la invención;

La Figura 3 es un esquema del principio que ilustra una segunda modalidad del dispositivo de control de flujo de acuerdo con la invención;

La Figura 4 ilustra una tercera modalidad del dispositivo de control de flujo de acuerdo con la invención;

La Figura 5 ilustra una cuarta modalidad del dispositivo de control de flujo de acuerdo con la invención;

La Figura 6 ilustra una quinta modalidad del dispositivo de control de flujo de acuerdo con la invención;

La Figura 7 ilustra una sexta modalidad del dispositivo de control de flujo de acuerdo con la invención;

La Figura 8 ilustra una séptima modalidad del dispositivo de control de flujo de acuerdo con la invención;

La Figura 9 ilustra una octava modalidad del dispositivo de control de flujo de acuerdo con la invención;

La Figura 10 ilustra una novena modalidad del dispositivo de control de flujo de acuerdo con la invención;

La Figura 11 ilustra una décima modalidad del dispositivo de control de flujo de acuerdo con la invención;

Las Figuras 12a y 12b son gráficos que ilustran las fuerzas de cierre y apertura para petróleo y agua, respectivamente, en una modalidad del dispositivo de control de flujo de la invención configurado para detener de manera autónoma que el agua entre en un flujo de petróleo; y

La Figura 13 es un gráfico que ilustra las fuerzas de cierre y apertura en función de la presión en una modalidad del dispositivo de control de flujo de la invención configurado para detener de manera autónoma el flujo de fluido a una diferencia de presión predeterminada.

Descripción detallada de las modalidades

La Figura 1a ilustra cómo un fluido F fluye a través de una entrada 7 a un conducto 3a a una primera presión p_1 , a través de un primer limitador de flujo 1 y hacia una cámara B donde alcanza una segunda presión p_2 y luego fluye a través de un segundo limitador de flujo de fluido 2 antes de que salga del conducto 3a a una tercera presión p_3 y a través de una salida 8. Cuando el régimen de flujo de fluido y las propiedades del fluido (por ejemplo, viscosidad, densidad) son constantes, las presiones (p_1, p_2, p_3) son constantes, y $p_1 > p_2 > p_3$.

En la Figura 1a, el primer limitador de flujo 1 es un elemento poroso y el segundo limitador de flujo 2 es un orificio.

En general, las características del flujo a través de un medio poroso pueden describirse mediante el uso de la ley de Darcy (es decir, el flujo laminar), expresado como:

$$Q = \frac{\kappa_{perm} \cdot A}{\mu} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta L} \quad \text{(Ecuación 1)}$$

donde: Q = tasa de flujo de fluido (unidades de volumen por unidad de tiempo)

κ_{perm} = permeabilidad relativa del medio poroso (unidad típica: Darcy)

A = área de sección transversal del medio poroso

μ = viscosidad del fluido (unidad típica: centipoise; unidad SI: Pa * s)

ΔP = presión diferencial de fluido a través del medio permeable (unidad típica: Pa), y

ΔL = la longitud del medio poroso que se extiende paralela al flujo de fluido.

Por lo tanto, cuando fluye a través del elemento poroso 1, el fluido sufrirá una caída de presión ΔP (desde p_1 a p_2 en la Figura 1a) de acuerdo con la ley de Darcy (Ecuación 1), de la cual puede derivarse que el cambio en la presión (ΔP) a través del elemento poroso es proporcional a la viscosidad del fluido (μ) y el régimen de flujo de fluido (Q).

Las características de flujo en un fluido que fluye a través de un orificio u otro limitador (es decir, flujo turbulento), pueden expresarse como:

$$\Delta P = K_{orificio} \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad \text{(Ecuación 2)}$$

donde: ΔP = presión diferencial del fluido a través del orificio (unidad típica: Pa)

K_{orificio} = coeficiente específico del orificio (adimensional)

ρ = densidad del fluido (unidad de masa por unidad de volumen)

v = velocidad del fluido (unidades de longitud por unidad de tiempo)

5

Por lo tanto, cuando fluye a través del orificio 2, el fluido experimenta una caída de presión (ΔP) (desde p_2 a p_3) que puede describirse por la ecuación 2. El cambio en la presión del fluido a través del orificio es casi independiente de la viscosidad, pero es proporcional a la densidad y al coeficiente del orificio, y al cuadrado de la velocidad del fluido.

10

Por lo tanto, con referencia a la Figura 1a, la presión del fluido p_2 en la cámara B - entre el elemento poroso 1 y el orificio 2 - cambiará si cambian las propiedades (viscosidad o densidad) del fluido. Esto se ilustra gráficamente en la Figura 1b, que muestra un primer valor (más bajo) para p_2 a una mayor viscosidad del fluido (μ_{alto}) y un segundo valor (más alto) para p_2 a una menor viscosidad del fluido (μ_{bajo}). Esta diferencia entre los valores de p_2 (ΔP_2) se produce cuando los cambios de viscosidad (por ejemplo, disminuye) pueden usarse para realizar el trabajo, por ejemplo, accionar un actuador 5, que a su vez puede mover un pistón/cuerpo y/o una válvula (no se muestra en la Figura 1a).

15

Aunque la invención se explica aquí con referencia a los fluidos que fluyen a través de un elemento poroso y un orificio, y que usan el cambio en la viscosidad, debe entenderse que la invención se aplica a cualquier combinación de limitadores de flujo de fluidos donde el uno proporciona flujo de turbulencia (total o sustancialmente) y el otro proporciona flujo laminar (total o sustancialmente), o viceversa.

20

En general, la invención usa el cambio de presión (ΔP_2) que se produce entre dos limitadores de flujo diferentes cuando se somete a fluidos de diferentes propiedades, por ejemplo, petróleo y agua. Estas propiedades pueden ser la viscosidad, como se describió anteriormente, pero también la densidad, como es evidente en la Ecuación 2. Los dos limitadores de flujo se configuran para imponer diferentes características de flujo en los fluidos. En el ejemplo descrito anteriormente, el primer limitador de flujo 1 genera un flujo sustancialmente laminar y el segundo limitador de flujo 2 genera un flujo sustancialmente turbulento.

25

La Figura 2 es una ilustración esquemática de una aplicación del principio descrito anteriormente, e ilustra una modalidad del dispositivo de control de flujo de la invención en una forma básica (es decir, no se muestran sellos, juntas y otras partes auxiliares requeridas conocidas en la técnica). Un flujo de fluido F fluye a través de una entrada 7 hacia un alojamiento 3b que tiene una trayectoria de flujo primaria (conducto) 18b y una trayectoria de flujo secundaria (conducto) 19b. La mayor porción (F_0) del fluido (F) fluye a través del conducto primario 18b y una válvula 4b (que inicialmente está abierta), mientras que una porción más pequeña (f) del fluido (F) fluye a través del conducto secundario 19b a través de un primer limitador de fluido 1 en forma de un miembro poroso (que genera un flujo laminar) y a través de un segundo limitador de fluido 2 en forma de un orificio, antes de que vuelva a entrar en el conducto primario 18b y salga fuera del conducto 18b. Cuando cambia la viscosidad (μ) del fluido (F) que fluye, la presión p_2 en la cámara B en el conducto secundario 19b, definido por los dos limitadores de fluido, también cambia como se describió anteriormente. Por ejemplo, si un flujo F de petróleo se reemplaza por agua, la viscosidad disminuye y la presión p_2 aumenta (como se explicó anteriormente con referencia a las Figuras 1a y 1b).

30

35

40

La Figura 2 muestra además (esquemáticamente) que un actuador 5b se dispone en la cámara B. El actuador 5b se conecta a través de los medios de transmisión 6 (por ejemplo, enlace hidráulico, enlace mecánico o cable de señal) a la válvula 4b. Cuando la viscosidad del fluido (μ) cambia como se describió anteriormente, la diferencia en valores para p_2 (ΔP_2 , ver la Figura 1b) imparte una fuerza de accionamiento en el actuador 5b, que a su vez opera (por ejemplo, cierra) la válvula 4b. Por lo tanto, los conductos y los limitadores de fluidos pueden configurarse y dimensionarse de manera que (cuando se debe evitar la irrupción) la válvula 4b se cierre automáticamente cuando la viscosidad (μ) del fluido (F) caiga por debajo de un nivel predeterminado. Por lo tanto, en una aplicación de campos petroleros, este dispositivo evita la entrada no deseada de agua y/o gas a una sarta de producción.

45

50

Otra modalidad del dispositivo de control de flujo de la invención se ilustra esquemáticamente en la Figura 3. Un alojamiento 3c se dispone en una trayectoria de flujo entre un yacimiento de fluido R y el interior de una tubería de producción S. El alojamiento comprende una entrada 7 en comunicación de fluidos con el yacimiento R y una salida 8 en comunicación de fluidos con la tubería de producción S. Dentro del alojamiento 3c hay un miembro de válvula 4c en forma de un cuerpo móvil o pistón (en lo sucesivo, en general, también denominado como cuerpo). El cuerpo 4c se soporta en el alojamiento 3c por un fuelle 9c, que comprende un miembro estructural y elástico, tal como un resorte helicoidal (no se muestra). El cuerpo 4c comprende un primer limitador de fluido 1 en forma de un miembro poroso. El cuerpo 4c y el fuelle 9c definen una cámara B dentro del alojamiento 3c, y un segundo limitador de fluido 2 en forma de orificio proporciona una salida de fluido desde la cámara B.

55

60

Durante su uso, un flujo de fluido F (por ejemplo, petróleo de un yacimiento subterráneo) entra al alojamiento 3c a través de la entrada 7. Dentro del alojamiento 3c, la mayor porción del flujo, F_0 del fluido F sigue un conducto primario 18c antes de que salga del alojamiento 3c a través de la salida 8 y fluya hacia la tubería de producción S. La porción restante f del fluido F fluye a través del miembro poroso 1 en el cuerpo 4c y en un conducto secundario 19c definido por la cámara B antes de salir de la cámara B a través del orificio 2, y fluye hacia la tubería de producción S. Si el agua y/o el gas entra al flujo F causando la viscosidad total μ a caer, la diferencia resultante en valores para p_2 (ΔP_2 , ver Figura 1b) sirve para

65

ejercer una presión contra una superficie del cuerpo 5c. Este cambio de presión, que actúa sobre la superficie del cuerpo 5c, genera una fuerza motriz que sirve para cerrar el cuerpo 4c contra la entrada 7, lo que evita por lo tanto que el fluido entre al alojamiento 3c.

5 La Figura 4 ilustra otra modalidad más del dispositivo de control de flujo de la invención. El alojamiento 3d comprende una parte superior 11d y una parte inferior 12d, unidas entre sí por una conexión roscada 20 y que tienen sellos (por ejemplo, anillos O) 16b. El alojamiento 3d tiene una entrada 7 y salidas 8 dispuestas radialmente. Un miembro 4d se dispone para el movimiento (en la Figura: hacia arriba y hacia abajo) dentro del alojamiento. Los anillos O 16a sellan entre el miembro móvil y la pared interior del alojamiento. Una cámara B se define por lo tanto por el miembro móvil 4d. El miembro móvil 10 4d (en esta modalidad: un pistón) comprende un primer limitador de fluido 1 en forma de un miembro poroso y un segundo limitador de fluido 2 en forma de un orificio.

Esta modalidad del dispositivo de control de flujo también comprende un elemento limitador de fluido 32, aquí en forma de una cara que sirve para estrangular progresivamente el flujo hacia afuera del orificio 2 cuando el pistón móvil 4d se mueve hacia la superficie de sellado 14.

20 Durante su uso, un flujo de fluido F (por ejemplo, petróleo de un yacimiento subterráneo) entra al alojamiento 3d a través de la entrada 7. Dentro del alojamiento 3d, la mayor porción F_0 del fluido F sigue un conducto primario 18d antes de salir del alojamiento 3d a través de las salidas 8. Una porción f del fluido F fluye a través del miembro poroso 1 en el pistón 4d y en un conducto secundario 19d definido por la cámara B antes de salir de la cámara a través del orificio 2, y se mezcla con el flujo del conducto primario. En esta modalidad del dispositivo de control, la diferencia en valores para $p_2(\Delta P_2)$ a medida que la viscosidad del fluido μ cambia, sirve para ejercer una presión contra una superficie de pistón 5d. Este cambio de presión, que actúa sobre la superficie del pistón 5d, genera una fuerza motriz que sirve para cerrar el pistón 4d contra la entrada 7. Las superficies de sellado 14 y 15 se unen y, por lo tanto, impiden sustancialmente que el fluido 25 entre al alojamiento 3d.

La Figura 5 ilustra una modalidad adicional del dispositivo de control de flujo de la invención. El alojamiento 3e comprende una parte superior 11e y una parte inferior 12e, unidas entre sí por una conexión roscada 20 y que tienen sellos (por ejemplo, anillos O) 16a. El alojamiento 3e tiene una entrada 7 y salidas dispuestas radialmente 8. Un miembro 4e se dispone para el movimiento (en la figura: hacia arriba y hacia abajo) dentro del alojamiento 3e, guiado por una estructura de soporte 17. Los fuelles elásticos 9e se extienden entre el miembro móvil 4e y el alojamiento inferior 12e, que forma por lo tanto una cámara B junto con el miembro móvil 4e. El miembro móvil 4e comprende un primer limitador de fluido 1 en forma de un miembro poroso, y el alojamiento inferior 12e comprende un segundo limitador de fluido 2 en forma de un orificio.

35 Durante su uso, un flujo de fluido F (por ejemplo, petróleo de un yacimiento subterráneo) entra al alojamiento 3e a través de la entrada 7. Dentro del alojamiento 3e, la mayor porción F_0 del fluido F sigue un conducto primario 18d antes de que salga del alojamiento 3e a través de las salidas 8. Una porción f del fluido F fluye a través del miembro poroso 1 en el miembro móvil 4e y hacia un conducto secundario 19e definido por la cámara B antes de salir de la cámara B a través del orificio 2. En esta modalidad del dispositivo de control, la diferencia de valores para $p_2(\Delta P_2, \text{ ver Figura 1b})$ a medida que la viscosidad del fluido μ cambia, sirve para ejercer una presión contra una superficie 5e sobre el miembro móvil y para cerrar el miembro móvil 4e contra la entrada 7. Las superficies de sellado 14, 15 se unen y, por lo tanto, evitan sustancialmente que el fluido F entre al alojamiento 3e.

45 La Figura 6 ilustra una modalidad adicional del dispositivo de control de flujo de la invención. El alojamiento 3f comprende una parte superior 11f y una parte inferior 12f que se unen para formar un conducto primario 18f que se extiende a lo largo de las paredes interiores del alojamiento 3f desde la entrada 7 hasta las salidas 8 dispuestas radialmente. La unión de las dos partes 11f, 12f puede obtenerse, por ejemplo, mediante conexión por tornillo o soldadura (no se muestra). Un miembro con forma de pistón 4f se dispone para un movimiento de traslación (en la Figura: hacia arriba y hacia abajo) dentro del alojamiento 3f, guiado por una estructura de soporte adecuada que forma por lo tanto una cámara B situada entre una superficie inferior 5f del miembro 4f y las paredes internas de la parte inferior 12f. El miembro móvil 4f comprende un primer limitador de fluido 1 en forma de un miembro poroso y un segundo limitador de fluido 2b en forma de un orificio, lo que forma de esta manera un segundo conducto 19f definido por la cámara B. Tanto el primer 1 como el segundo limitador 2b se extienden axialmente a través del miembro 4f. El tamaño de la abertura del orificio 2b puede ventajosamente ser de ancho radial variable. Igualmente, el alojamiento inferior 12f puede comprender otro segundo limitador de fluido 2c en forma de un orificio. En todavía otra modalidad, un filtro apropiado 22 puede disponerse en una o más de las salidas 8 para evitar que entren impurezas, tales como partículas, y por lo tanto bloquear o limitar el flujo. El miembro móvil 4f y el alojamiento inferior 12f se configuran para formar un elemento o área limitadora de fluido 32a, aquí en forma de una abertura de esquina, que sirve para estrangular progresivamente el flujo hacia afuera del orificio 2b, 2c a medida que la presión aumenta en la cámara B y en el área limitadora de fluidos 32a. El propósito de las protrusiones ilustradas 23 es evitar el cierre completo del/de los orificio(s) 2 durante el flujo de fases de fluido que tienen viscosidades más bajas que las fases deseadas, tal como el petróleo.

65 Durante su uso, un flujo de fluido F (por ejemplo, petróleo de un yacimiento subterráneo) entra en el alojamiento 3f a través de la entrada 7. Dentro del alojamiento 3f, la mayor porción F_0 del fluido F sigue un conducto primario 18f antes de que salga del alojamiento 3f a través de las salidas 8. Una menor porción f del fluido F fluye a través del miembro poroso

1 en el miembro móvil 4f y hacia la cámara B antes de salir de la cámara B a través del orificio 2b localizado en el miembro móvil 4f y/o el orificio 2c localizado en la parte inferior 12f. También en la modalidad del dispositivo de control que se muestra en la Figura 6, la diferencia en valores para p_2 (ΔP_2 , ver Figura 1b) a medida que la viscosidad del fluido μ cambia, sirve para ejercer una presión contra la superficie inferior 5f en el miembro móvil 4f y para cerrar el miembro móvil 4f contra la entrada 7. Las superficies de sellado 14, 15 en las paredes interiores de la parte superior 11f y la superficie superior del miembro móvil 4f, respectivamente, se unen por lo tanto sustancialmente lo que impide que el fluido F entre al alojamiento 3f. Debido a su efecto de estancamiento de refuerzo, el área limitadora de fluido 32a contribuye a un cierre más eficiente del conducto primario 18f durante la entrada de las fases de fluido que tienen bajas viscosidades.

La Figura 7 ilustra una modalidad adicional del dispositivo de control de flujo de la invención. El alojamiento 3g constituye una parte integral donde su interior se construye para formar un conducto primario 18g que se extiende a lo largo de las paredes interiores del alojamiento 3g desde la entrada 7 a una o más salidas dispuestas radialmente 8. Un miembro móvil de traslación 4g dispuesto dentro del alojamiento 3g se compone de una parte superior 4gu y una parte inferior 4gl, por ejemplo, unidas entre sí por una conexión roscada (no se muestra) y los sellos (por ejemplo, anillos O) 16g. Las partes superiores 4gu y 4gl inferiores del miembro 4g pueden guiarse por una estructura de soporte apropiada (no se muestra) y configurarse para movimientos relativos dirigidos opuestos (en la Figura: hacia arriba y hacia abajo) dentro del alojamiento 3g. Una cámara B se define por lo tanto por las paredes interiores del miembro 4g. El miembro 4g (en esta modalidad: un pistón) comprende además un primer limitador de fluido 1 en forma de un miembro poroso y dos segundos limitadores de fluido 2b, 2c, por ejemplo, en forma de una variable y un orificio fijo, respectivamente, lo que forma de esta manera un segundo conducto 19g definido por la cámara B. Alternativamente, el dispositivo de control puede tener solo un orificio 2 o bien de tipo variable 2b o tipo fijo 2c, o dos limitadores de fluido 2 del mismo tipo. En cuanto a la modalidad mostrada en la Figura 6, un filtro 22 puede disponerse en una o más de las salidas 8 para evitar que entren impurezas, tales como partículas, y por lo tanto bloquear o limitar el flujo. El propósito de las protrusiones ilustradas 23 es evitar el cierre completo del orificio 2c durante el flujo de fases de fluido con viscosidades más bajas que las fases deseadas, tal como el petróleo.

Durante su uso, un flujo de fluido F (por ejemplo, petróleo de un yacimiento subterráneo) entra al alojamiento 3g a través de la entrada 7. Dentro del alojamiento 3g, la mayor porción F_0 del fluido F sigue un conducto primario 18g antes de salir del alojamiento 3g a través de la(s) salida(s) 8. Una porción f del fluido F fluye a través del miembro poroso 1 dispuesto en el miembro móvil 4g y hacia la cámara B antes de salir de la cámara B a través del orificio 2b localizado en la parte superior 4gu del miembro móvil 4g y/o el orificio 2c localizado en la parte inferior 4gl del miembro móvil 4g. También en esta modalidad del dispositivo de control, la diferencia en valores para p_2 (ΔP_2 , ver Figura 1b) a medida que la viscosidad del fluido μ cambia, sirve para ejercer una presión contra las superficies 5g en las paredes interiores del miembro móvil 4g y, por lo tanto, para cerrar la parte superior 4gu contra la entrada 7. Las superficies de sellado 14, 15 se unen, por lo tanto, lo que impide sustancialmente que el fluido F entre al alojamiento 3g.

La Figura 8 ilustra una modalidad adicional del dispositivo de control de flujo de la invención. El alojamiento 3h constituye una parte donde su interior se construye para formar un conducto primario 18h que se extiende a lo largo de las paredes interiores del alojamiento 3h desde una entrada tangencial 7 hasta una salida 8. Un miembro 4h, en este ejemplo formado como un pistón, se dispone a través de sellos apropiados 16h en el interior del alojamiento 3h, lo que forma de esta manera una cámara B entre una superficie superior 5h del miembro 4h y las paredes interiores superiores en el alojamiento 3h. El miembro 4h puede ser móvil (en esta modalidad: un pistón que sube y baja) o que comprende un fuelle (o cualquier otro medio estirable) que se extiende al menos parcialmente sobre la sección transversal radial establecida por las paredes interiores del miembro 4h. Alternativamente, el miembro 4h puede ser una combinación de fuelles/medios estirables y material(es) más rígido(s). El miembro 4h puede comprender además opcionalmente uno o más segundos limitadores de fluido 2 en forma de orificio(s) localizado(s), por ejemplo, en el centro del miembro 4h. Además, uno o más conductos 24 se extienden dentro del alojamiento 3h desde la salida 8 a la cámara B que tiene opcionalmente elemento(s) poroso(s) (1) dispuesto(s) en el/los conducto(s) 24. Los remolinos inducidos en la salida 8 crean un área de alta presión que resulta en una mayor presión en la cámara B, y por lo tanto un cierre más eficiente. Si uno o más segundos limitadores de fluido 2 están presentes junto con dicho(s) conducto(s) 24, el dispositivo constituye un conducto secundario 19h para el flujo de menor porción f del fluido F .

Durante su uso, un flujo de fluido F (por ejemplo, petróleo de un yacimiento subterráneo) entra al alojamiento 3h a través de la entrada tangencial 7. Dentro del alojamiento 3h el fluido F sigue un conducto primario 18h antes de que salga por la salida 8, lo que induce un área de alta presión con remolinos. Una menor porción f del fluido F puede fluir hacia el/los conducto(s) 24, opcionalmente a través de cualquier miembro poroso (1), aún más adentro de la cámara B y salir por el/los orificio(s) 2 en el miembro 4h. También en esta modalidad de la invención, la diferencia en valores para p_2 (ΔP_2 , ver Figura 1b) a medida que la viscosidad del fluido μ cambia sirve para ejercer una presión contra la superficie superior 5h en el miembro 4h. Las superficies de sellado 14, 15 se unen y, por lo tanto, evitan sustancialmente que el fluido F entre al alojamiento 3h. Alternativamente, si no hay segundos limitadores de fluidos 2 en el miembro 4h, la presión de estancamiento creada en un área de estancamiento 33 y en la cámara B todavía forzará de manera efectiva el miembro 4h hacia abajo y, por lo tanto, evitará sustancialmente que el fluido F entre al alojamiento 3h, ya sea por el movimiento rígido o por la expansión de los fuelles hacia abajo, o una de sus combinaciones.

La Figura 9 ilustra otra modalidad de un dispositivo de control de flujo en donde el alojamiento 3i se construye como una cámara B que tiene una entrada 7 y una salida 8 que constituyen un primer limitador de fluido 1 en forma de un orificio y

un segundo limitador de fluido 2 en forma de una abertura que tiene un material poroso insertado, respectivamente, lo que forma de esta manera un segundo conducto 19i definido por la cámara B. Excepto por la introducción de un material poroso en la salida 8 que crea un flujo principalmente laminar en su lado aguas abajo durante su uso, y la construcción del orificio en la entrada 7 que crea un flujo principalmente turbulento en su lado aguas abajo durante su uso, la construcción estructural del dispositivo es similar o idéntica al dispositivo descrito en la publicación US 2011/0067878 A1.

5 Durante su uso, un flujo de fluido F entra en el alojamiento 3i a través de la entrada/orificio 7, 1. Si la viscosidad del fluido que fluye es lo suficientemente alta, tal como el petróleo, un miembro/actuador móvil de traslación 4i que comprende un pistón 24 y un resorte 25 unidos por sellos apropiados 16i dentro de una segunda cámara 26, está en una posición abierta, es decir, un miembro de válvula 27 que bloquea la salida 8 se ha elevado por el actuador 4i. Esto es una consecuencia de la alta presión correspondiente (p_2) formada dentro de la cámara B debido a la alta resistencia establecida por el segundo limitador de fluido en la salida 8, que nuevamente provoca el movimiento ascendente del pistón 24. Igualmente, los fluidos con una viscosidad suficientemente baja, tal como el agua o el gas, no crearían suficiente presión en la cámara B para mantener el pistón 24 en una posición elevada, lo que provoca de esta manera un cierre de la salida 8. Una cámara superior 28 se muestra sobre el pistón que se establece en comunicación de fluidos con el exterior del alojamiento 3i a través de un conducto superior 29, lo que garantiza por lo tanto una fuerza constante hacia abajo del actuador 4i correspondiente a la presión exterior predominante (p_1).

10 La Figura 10 ilustra una modalidad alternativa como se describió anteriormente para la Figura 9 en la que el material poroso 1 que garantiza el flujo laminar durante su uso se dispone en su lugar dentro del conducto superior 29, y se introduce un canal/tobera 30 que se extiende desde la cámara superior 28 hasta el área de salida 31 localizada aguas abajo de la salida 8. En esta modalidad, el conducto secundario 19j corresponde al flujo a través del conducto superior 29 y el canal/tobera 30.

25 Durante su uso, un flujo de fluido F entra en el alojamiento 3j a través del conducto superior 29 y el material poroso 1, y luego a través del canal/tobera 30 en el área de salida 31. El material poroso 1 y el canal/tobera 30 actúan por lo tanto como el primer limitador de flujo 1 y el segundo limitador de flujo 2, respectivamente, mientras que la cámara superior 28 tiene la misma función que la cámara B en la Figura 9. Si los fluidos con una viscosidad suficientemente alta, tal como el petróleo, fluyen hacia el conducto 29, el miembro móvil/actuador 4j está en una posición abierta ya que la alta resistencia al flujo del material reactivo 1 crea una baja presión correspondientemente en la cámara superior 28, es decir, no es suficiente para forzar el miembro de la válvula 24 hacia abajo y, por lo tanto, provocar un cierre de la salida 8. Por otro lado, si los fluidos con una viscosidad suficientemente baja, tal como agua o gas, fluyen hacia el conducto superior 29, la baja resistencia del material poroso 1 provoca una alta presión correspondiente en la cámara superior 28 suficiente para crear una presión en la superficie 5j del actuador 4j para mover el miembro de la válvula 24 hacia abajo, que cierra por lo tanto la salida 8.

30 La Figura 11 ilustra una modalidad adicional del dispositivo de control de flujo de la invención en donde el alojamiento 3k se construye con una cámara de actuador 28 en sus interiores. El dispositivo comprende además una entrada 7, un conjunto de entrada secundario 7', una salida 8 y un miembro móvil/actuador 4k situado dentro de la cámara del actuador 28, cuyo actuador 4k comprende un pistón 24 y un resorte 25 conectados a las paredes interiores de la cámara 28 por los sellos apropiados 16k. El conjunto de entrada 7' se dispone aguas arriba del actuador 4k y se construye con una cámara de presión B que tiene una abertura situada opuesta con un material poroso 1. Además, se introducen uno o más canales/toberas 30 que se extienden desde la cámara B y completamente a través o alrededor del actuador 4k, lo que forma de esta manera un segundo conducto 19k definido por el conjunto de entrada secundario y uno o más canales/tobera 30. Excepto por la introducción de un material poroso 1 en el conjunto de entrada secundario 7', que forma por lo tanto un flujo principalmente laminar en la cámara de presión B durante su uso, y la introducción de canal(es)/tobera(s) 30 a través o alrededor del movimiento miembro/actuador 4k, que forma por lo tanto un flujo principalmente turbulento durante su uso, el diseño estructural del dispositivo es similar o idéntico al dispositivo descrito en la publicación US 2011/0198097 A1.

40 Durante su uso, un mayor flujo de fluidos. F_0 entra a un conducto primario 18k a través de una entrada primaria 7, y un menor flujo de fluido F entra a la cámara de presión B a través del material poroso 1, aún más adentro de la cámara del actuador 28, posteriormente a través del/de los canal(es)/tobera(s) 30 y finalmente a través de la salida 8 con el mayor flujo de fluido F_0 . El material poroso 1 y el/los canal(es)/tobera(s) 30 actúan por lo tanto como el primer limitador de flujo 1 y el segundo limitador de flujo 2, respectivamente, y la cámara de presión B tiene la misma función que la cámara B en la Figura 10. Si los fluidos con una viscosidad suficientemente alta, tal como el petróleo, fluyen hacia la cámara de presión B, el miembro móvil/actuador 4k está en una posición abierta ya que la alta resistencia al flujo inducida por el material poroso 1 provoca una baja presión correspondientemente (p_2) en la cámara de presión B, es decir, no es suficiente para forzar el pistón 24 lateralmente y, por lo tanto, resulta en un cierre de la salida 8. Por otro lado, si los fluidos con una viscosidad suficientemente baja, tal como agua o gas, fluyen hacia la cámara de presión B, la resistencia más baja establecida por el material poroso 1 en comparación con el fluido de alta viscosidad, y la alta resistencia correspondiente en el canal/tobera 30, provocan una alta presión correspondiente en la cámara de presión B suficiente para mover el pistón 24 lateralmente y cerrar por lo tanto la salida 8.

65 La Figura 12 ilustra una modalidad adicional del dispositivo de control de flujo de la invención. El alojamiento 31 comprende una parte superior 111 (líneas inclinadas a la izquierda) y una parte inferior 121 (líneas inclinadas a la derecha), unidas

entre sí por una conexión roscada 20. En la Figura se ilustran varios sellos 16a-c (por ejemplo, anillos O) para evitar que el líquido se escape entre las partes superior e inferior 111, 121. El alojamiento 31 tiene una entrada 7 y salidas dispuestas radialmente 8, que configuran de esta manera un conducto primario 181 para el fluido F . Un miembro 41 se dispone para el movimiento (en la Figura: hacia arriba y hacia abajo) dentro del alojamiento 31, guiado por una estructura de soporte 17. Además, un conducto secundario 191 se dispone desde la entrada 7 y se extiende a lo largo de las paredes internas del alojamiento 31, a través de una cámara B localizada por debajo del miembro 41, que está en el lado del miembro 41 opuesto al conducto primario 181, y termina en comunicación de fluidos con el exterior del alojamiento 31 en la parte inferior 121. Un primer limitador de fluido 1 en forma de un miembro poroso y un segundo limitador de fluido 2 en forma de un orificio se sitúan cerca de la entrada 7 en la parte superior 111.

Durante su uso, un flujo de fluido F (por ejemplo, petróleo de un yacimiento subterráneo) entra al alojamiento 31 a través de la entrada 7. Dentro del alojamiento 31, la mayor porción F_0 del fluido F sigue el conducto primario 181 antes de que salga del alojamiento 31 a través de la(s) salida(s) 8. Una porción f del fluido F fluye a través del miembro poroso 1 hacia el conducto secundario 191, luego entra en la cámara B situada por debajo del miembro 41 y finalmente sale de la cámara B a través del orificio 2. En esta modalidad del dispositivo de control, la diferencia en valores para p_2 (ΔP_2 , ver Figura 1b) a medida que la viscosidad del fluido μ cambia, sirve para ejercer una presión contra una superficie 51 en el miembro móvil y para cerrar el miembro móvil 41 contra la entrada 7. Las superficies de sellado 14, 15 se unen y, por lo tanto, previenen sustancialmente que el fluido F entre en el conducto 181.

Tenga en cuenta que, para todas las modalidades anteriores, la invención no se limita a un material específico tal como un miembro poroso para el primer o segundo limitador de fluido o una geometría específica tal como un orificio para el otro limitador de fluido. De hecho, cualquier elección de material y/o geometría es posible siempre y cuando uno de los limitadores cree un flujo principalmente laminar y el otro limitador cree un flujo principalmente turbulento durante su uso. Además, incluso si se usan palabras direccionales tales como arriba, abajo, más abajo, por encima, laterales, etc. con referencia a los dibujos, debe entenderse que estas palabras se usan solo para mayor claridad y no deben interpretarse como que limitan la posición direccional del dispositivo de control de la invención.

Todas las modalidades del dispositivo de control de flujo de la invención descrito anteriormente son autónomas porque se mueven (para cerrar o abrir una entrada de fluido) en base a una propiedad cambiante (por ejemplo, la viscosidad) μ del fluido. El miembro poroso 1, el orificio 2 y las dimensiones internas del alojamiento 3a-k pueden diseñarse para adaptarse a varias aplicaciones.

Para un primer ejemplo, se hace referencia a las Figuras 13a y 13b, que muestra fuerzas (E) que actúan sobre el pistón móvil 4b-k en un dispositivo de control de flujo autónomo configurado para evitar que el agua entre en la fase de flujo de petróleo deseada en función de la caída de presión ($p_1 - p_3$) a través del dispositivo de control de flujo. E_0 denota la fuerza que abre el dispositivo de control, mientras que E_c denota la fuerza que cierra el dispositivo. Se observa que, mientras que el dispositivo de control de fluido se abre cuando se somete al petróleo ($E_0 > E_c$) Figura 13a), se cierra casi instantáneamente cuando se somete al agua ($E_0 < E_c$) Figura 13b).

Para un segundo ejemplo, se hace referencia a la Figura 14, que muestra las fuerzas (E) que actúan sobre el pistón móvil en un dispositivo de control de flujo autónomo configurado para detener cualquier entrada de fluido cuando el diferencial de presión excede un límite dado. E_0 denota la fuerza que abre el dispositivo de control, mientras que E_c denota la fuerza que cierra el dispositivo. Se observa que el dispositivo de control de fluido se cierra al caer la presión ($p_1 - p_3$) de aproximadamente 8 bar.

Estos ejemplos pretenden ilustrar la función del dispositivo de control de flujo de la invención. Debe entenderse que los limitadores de flujo de fluido 1, 2 pueden disponerse y configurarse de manera diferente, por ejemplo, esencialmente invertidos en la trayectoria de flujo, si el dispositivo está destinado para usarse en un yacimiento de gas y es conveniente evitar que el agua entre en la producción.

Debe entenderse que el dispositivo de control de flujo de la invención también puede disponerse y configurarse para controlar y evitar la entrada de otros fluidos, tales como el CO_2 (que se ha inyectado en el yacimiento) y vapor (inyectado en relación con, por ejemplo, el denominado Drenaje de Gravedad Asistido por Vapor (SAGD) de petróleo pesado), y agua en los pozos de producción de gas.

Aunque la invención se ha descrito con referencia al control de fluidos de pozos (tal como petróleo, gas, agua) de un yacimiento subterráneo, el experto entenderá que el dispositivo y el método de la invención son útiles en cualquier aplicación donde el objetivo es controlar el flujo de fluido en base a las propiedades (por ejemplo, viscosidad, densidad) de los diversos fluidos en el flujo para evitar que fluidos no deseados entren en un flujo de fluido. Ejemplos de tales aplicaciones son los pozos de inyección, los procesos de separación y las trampas de vapor.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de control de flujo de fluido, que comprende un alojamiento (3a-1), y una trayectoria de flujo primaria (18b-d, 18f-h, 18j-18l) localizada dentro del alojamiento (3a-1) que comprende una entrada de fluido (7) que tiene una primera presión de fluido P_1 y al menos una salida de fluido (8) que tiene una tercera presión de fluido P_3 , en donde al menos una trayectoria de flujo secundaria (19b-l) se dispone en comunicación de fluidos con la trayectoria de flujo primaria (18b-d, 18f-h, 18j-18l), la trayectoria de flujo secundaria (19b-l) que comprende un primer limitador de flujo de fluido (1) y un segundo limitador de flujo de fluido (2) que sirven como puerto de entrada a una cámara (B) y un puerto de salida de la cámara (B), respectivamente, el primer limitador de flujo de fluido y el segundo limitador de flujo de fluido se configuran para generar diferentes características de flujo de fluido en base a sus diferentes propiedades de fluido; en donde uno de los dos limitadores de flujo de fluido (1, 2) se configura para imponer las características de flujo sustancialmente laminar en el fluido que fluye a través del limitador (1, 2), y el otro limitador de flujo de fluido (1, 2) se configura para imponer las características de flujo sustancialmente turbulentas en un fluido que fluye a través del limitador (1, 2); la cámara (B) que tiene una segunda presión de fluido P_2 , se define además por los medios de accionamiento (5, 5b-j, 5l) que responden a los cambios de presión del fluido inducidos por el limitador (ΔP_2) en la cámara (B) que se produce cuando cambia una propiedad del fluido; los medios de accionamiento (5, 5b-j, 5l) que se conectan operativamente a al menos un dispositivo de válvula (4b-l) en forma de un miembro móvil dispuesto dentro del alojamiento (3a-1) entre la entrada de fluido (7) y la al menos una salida de fluido (8); cuyo dispositivo de válvula (4b-l) puede moverse entre una posición abierta en la cual la trayectoria de flujo primaria (18b-d, 18h-f, 18j-l) se abre y una posición cerrada en la cual la trayectoria de flujo primaria (18b-d, 18h-f, 18j-l) se cierra, y en donde el dispositivo de válvula (4b-l) se presiona hacia la posición abierta debido a la primera presión de fluido P_1 y hacia una posición cerrada debido a dichos cambios de presión del fluido influenciados (ΔP_2).
2. Dispositivo de control de flujo de fluido de acuerdo con la reivindicación 1, en donde uno de los limitadores de flujo de fluido (1, 2) provoca un aumento de presión en la cámara (B) cuando el flujo cambia a fluidos que tienen una viscosidad general que es inferior al fluido inicial durante su uso.
3. Dispositivo de control de flujo de fluido de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde la al menos una trayectoria de flujo secundaria (19b-d, l) se dispone al menos parcialmente paralela a la trayectoria de flujo primaria (18b-d, 18f-h, 18j-18l).
4. Dispositivo de control de flujo de fluido de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer limitador de flujo de fluido (1) se configura para imponer las características de flujo sustancialmente laminar en un fluido que fluye a través del limitador, y el segundo limitador de flujo de fluido (2) se configura para imponer las características de flujo sustancialmente turbulentas en un fluido que fluye a través del limitador.
5. Dispositivo de control de flujo de fluido de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer limitador de flujo de fluido (1) se configura para imponer las características de flujo basadas en la viscosidad del fluido, y el segundo limitador de flujo de fluido (2) se configura para imponer las características de flujo en base a la densidad del fluido.
6. Dispositivo de control de flujo de fluido de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde uno de los limitadores de flujo (1, 2) se compone al menos parcialmente de un material que provoca un cambio de presión entre el lado aguas arriba y aguas abajo que es proporcional a la viscosidad total del fluido durante el rendimiento del fluido.
7. Dispositivo de control de flujo de fluido de acuerdo con la reivindicación 6, en donde el otro de los dos limitadores de flujo (1, 2) se construye para garantizar un cambio de presión entre el lado aguas arriba y aguas abajo que es proporcional a la densidad del fluido durante el rendimiento del fluido.
8. Dispositivo de control de flujo de fluido de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde el dispositivo de válvula (4b-l) se dispone para cerrar la trayectoria de flujo primaria (18b-d, 18f-h, 18j-18l).
9. Dispositivo de control de flujo de fluido de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde el dispositivo de válvula (4d -1) comprende un pistón móvil dispuesto para un movimiento deslizante dentro del alojamiento (3d-l).
10. Dispositivo de control de flujo de fluido de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un elemento o área limitadora de fluido (32d, f) configurado para estrangular progresivamente el flujo del

segundo limitador de fluido (2) a medida que el dispositivo de válvula (4d, f) se desplaza hacia una posición de cierre.

- 5 11. Dispositivo de control de flujo de fluido de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde el dispositivo de válvula (4c, e) comprende un cuerpo móvil conectado a través de un fuelle flexible (9c, e) a las paredes interiores del alojamiento (3c, e).
- 10 12. Método para controlar el flujo de fluido (F) a través de un alojamiento (3b-l) en base a los cambios en las propiedades del fluido, en donde una mayor porción del flujo (F_0) del flujo de fluido (F) sigue una trayectoria de flujo primaria (18b-d, 18f-h, 18j-18l) que se extiende desde una entrada de fluido (7), que tiene una primera presión de fluido P_1 , a al menos una salida de fluido (8) que tiene una tercera presión de fluido P_3 , el método que comprende, además:
- 15 - permitir que un flujo de menor porción (f) del fluido (F) fluya en una trayectoria de flujo secundaria (19b-l), a través de un primer limitador de flujo de fluido (1) en una cámara (B) que tiene una segunda presión de fluido P_2 y se aleje de la cámara (B) a través de un segundo limitador de flujo de fluido (2) en donde uno de dichos dos limitadores de flujo de fluido (1, 2) se configura para imponer las características de flujo sustancialmente laminar en el fluido que fluye a través del limitador (1, 2), y el otro limitador de flujo de fluido (1, 2) se configura para imponer las características de flujo sustancialmente turbulentas en un fluido que fluye a través del limitador (1, 2);
- 20 - utilizar el cambio de presión inducido por el limitador (ΔP_2) en la cámara (B), que se produce cuando cambia una propiedad del fluido, para operar un dispositivo de válvula (4b-l) que cierra el flujo dentro de la trayectoria de flujo primaria (18b-d, 18f-h, 18j-18l) durante su uso, y cuyo dispositivo de válvula (4b-l) se dispone dentro del alojamiento (3a-l) entre la entrada de fluido (7) y la al menos una salida de fluido (8) y puede moverse entre una posición abierta en la cual la trayectoria de flujo primaria (18b-d, 18h-f, 18j-l) se abre y una posición cerrada en la que se cierra la trayectoria de flujo primaria (18b-d, 18h-f, 18j-l),
- 25 en donde el dispositivo de válvula (4a-l) se presiona hacia la posición abierta por la primera presión de fluido P_1 y hacia la posición cerrada debido a dichos cambios de presión del fluido inducidos (ΔP_2).
- 30 13. Método de acuerdo con la reivindicación 12, en donde el primer limitador de flujo de fluido (1) provoca una disminución en la diferencia de presión a través del limitador (1) cuando el flujo cambia del fluido compuesto de fases principalmente deseadas a fluido compuesto de fases principalmente no deseadas durante su uso.
- 35 14. Método de acuerdo con la reivindicación 12 o 13, en donde dicha propiedad del fluido comprende la viscosidad.
15. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones 12-14, en donde dicha propiedad del fluido comprende la densidad.
- 40 16. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones 12-15, que comprende además generar un flujo sustancialmente laminar por el primer limitador de flujo de fluido (1), y generar un flujo sustancialmente turbulento por el segundo limitador de flujo de fluido (2).

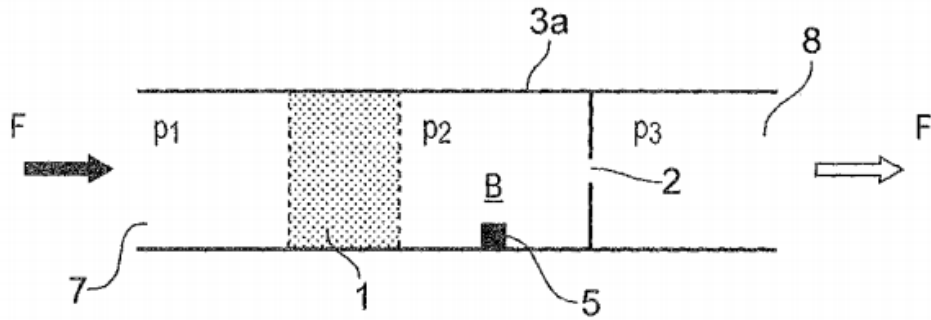


FIG. 1A

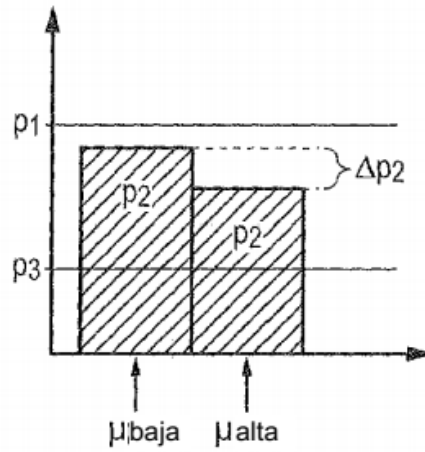


FIG. 1B

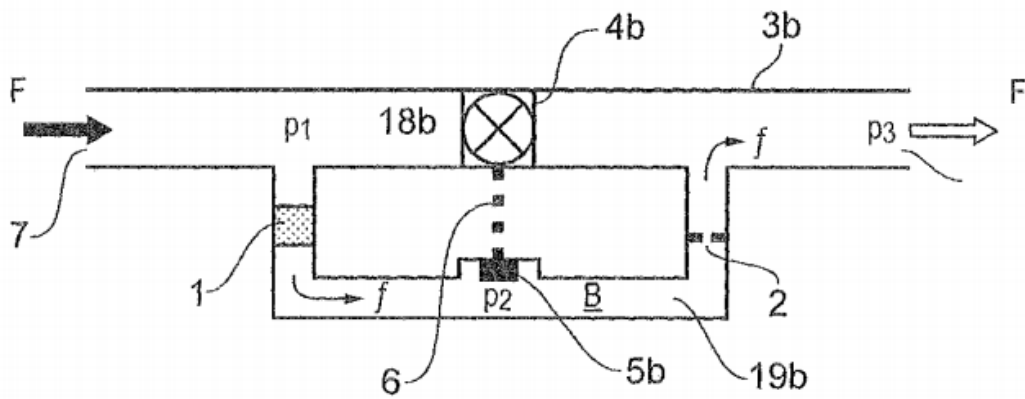


FIG. 2

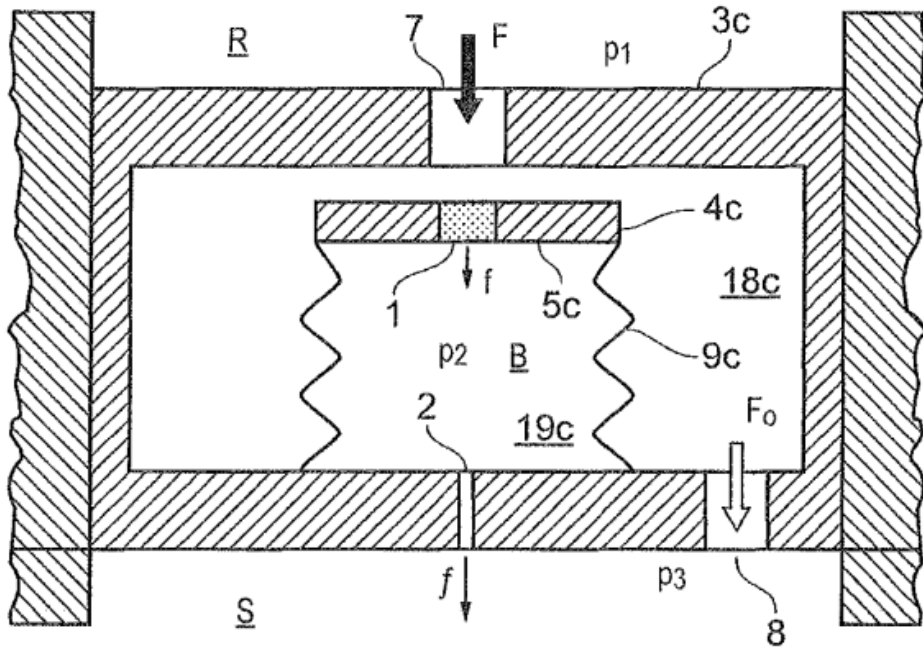


FIG. 3

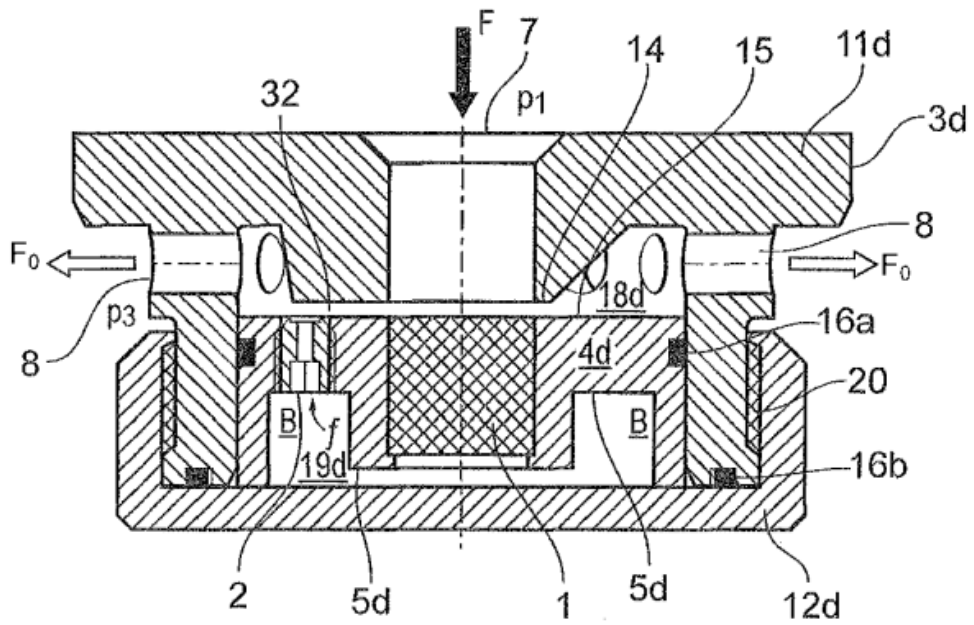


FIG. 4

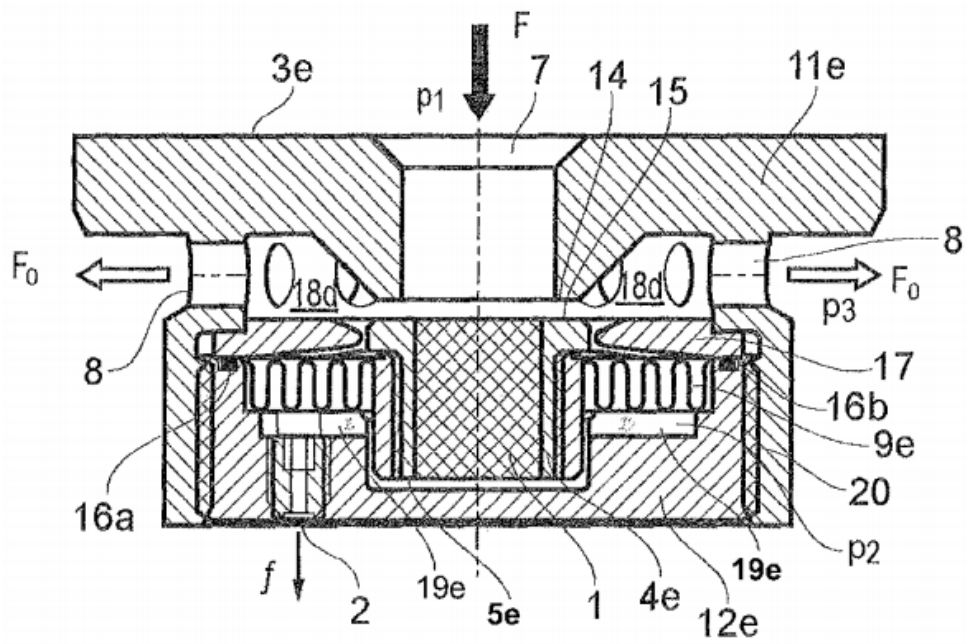


FIG. 5

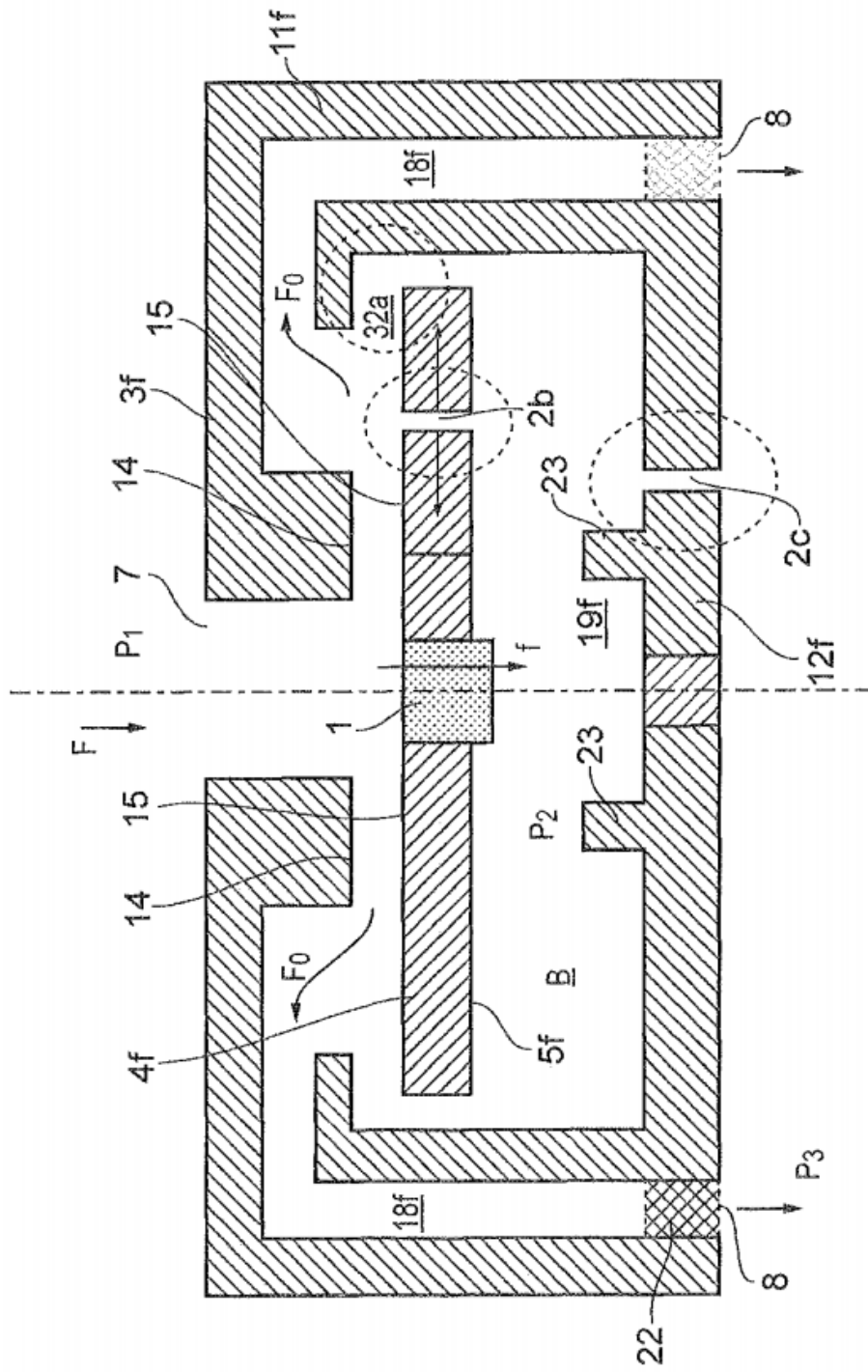


FIG. 6

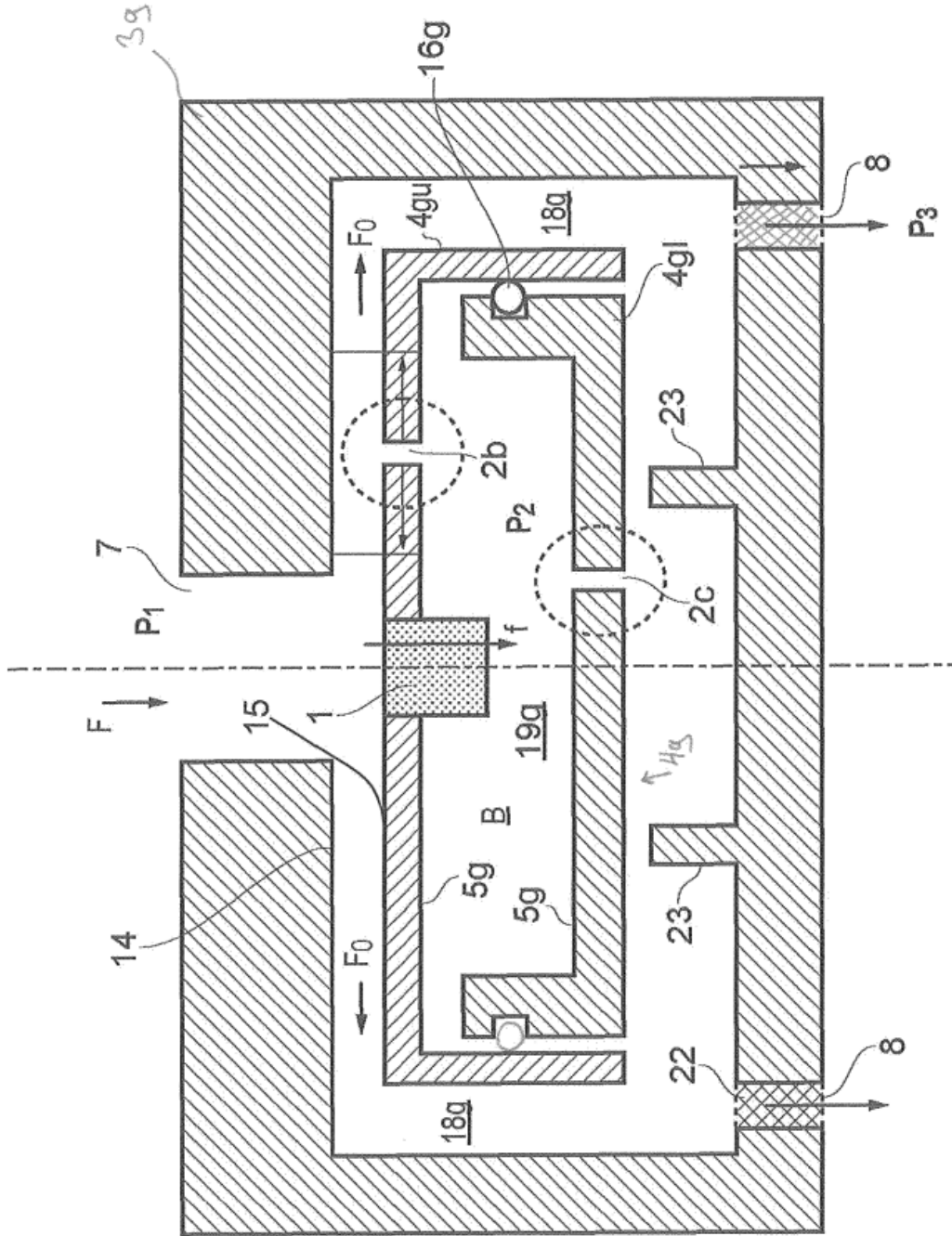


FIG. 7

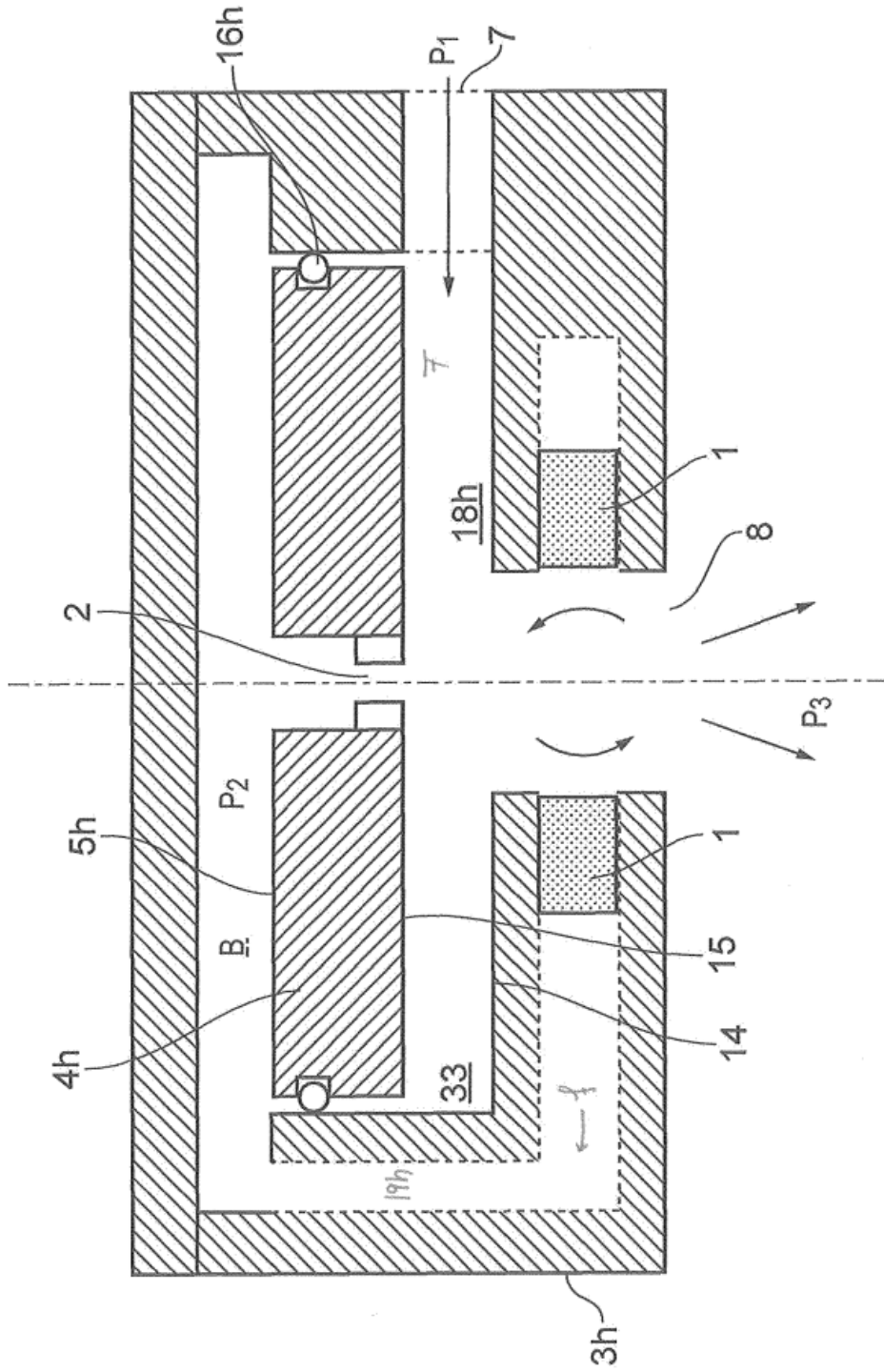


FIG. 8

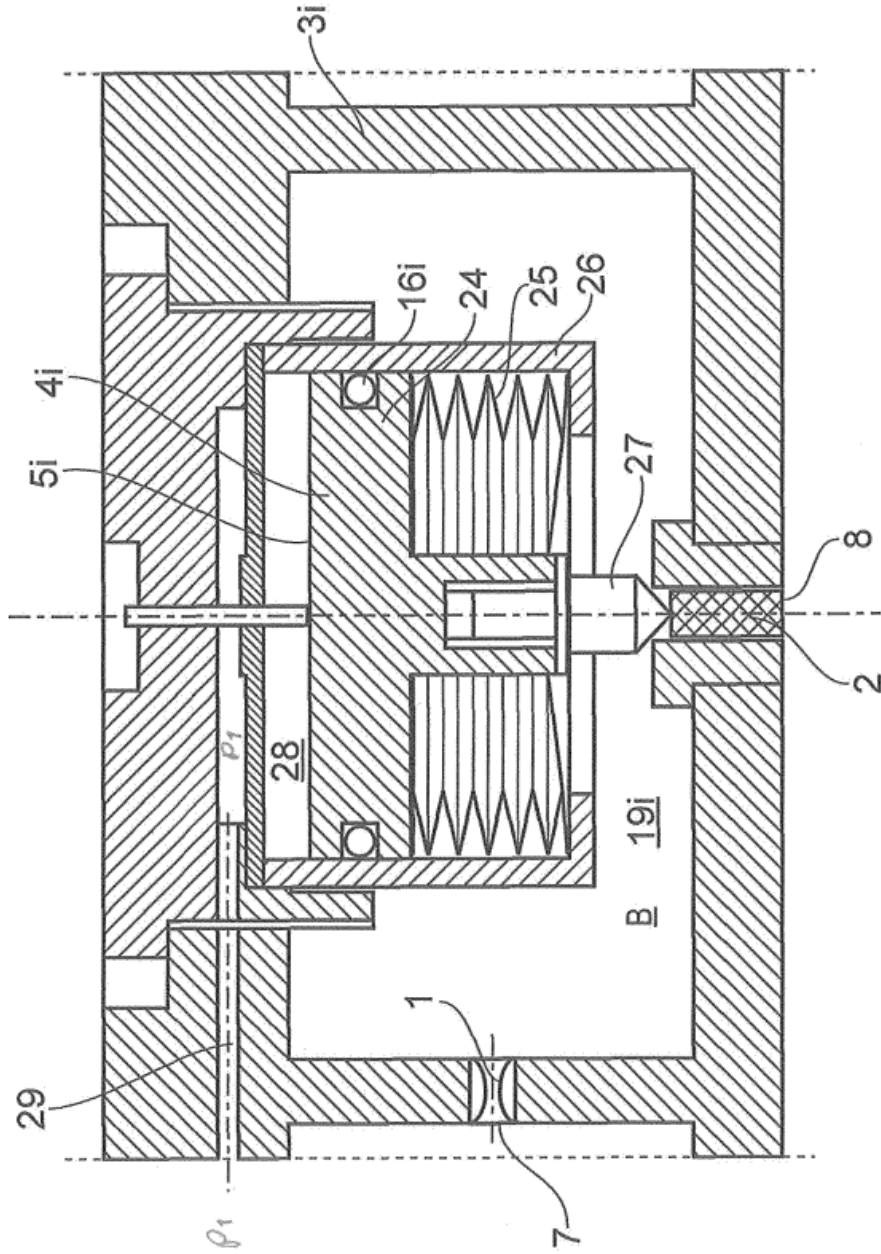


FIG. 9

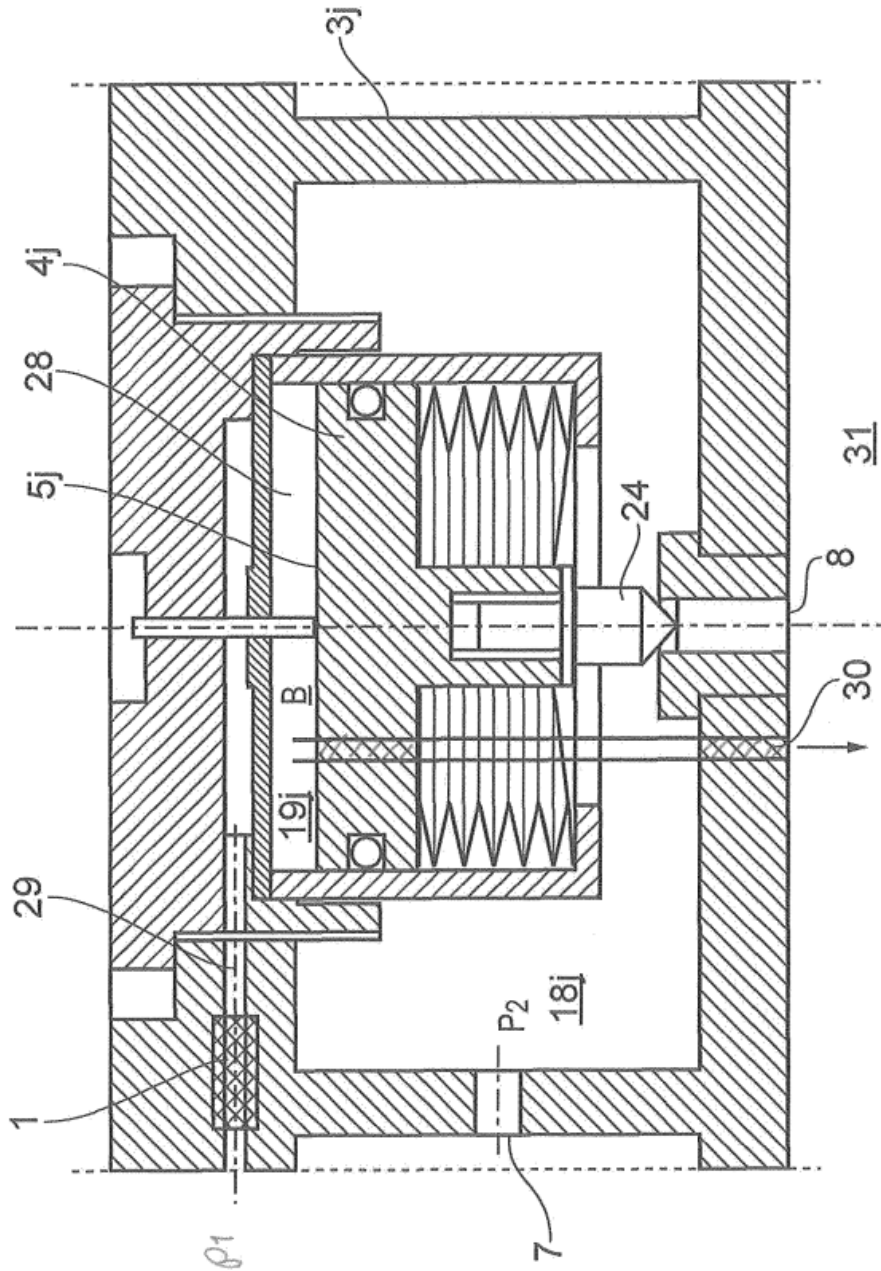


FIG. 10

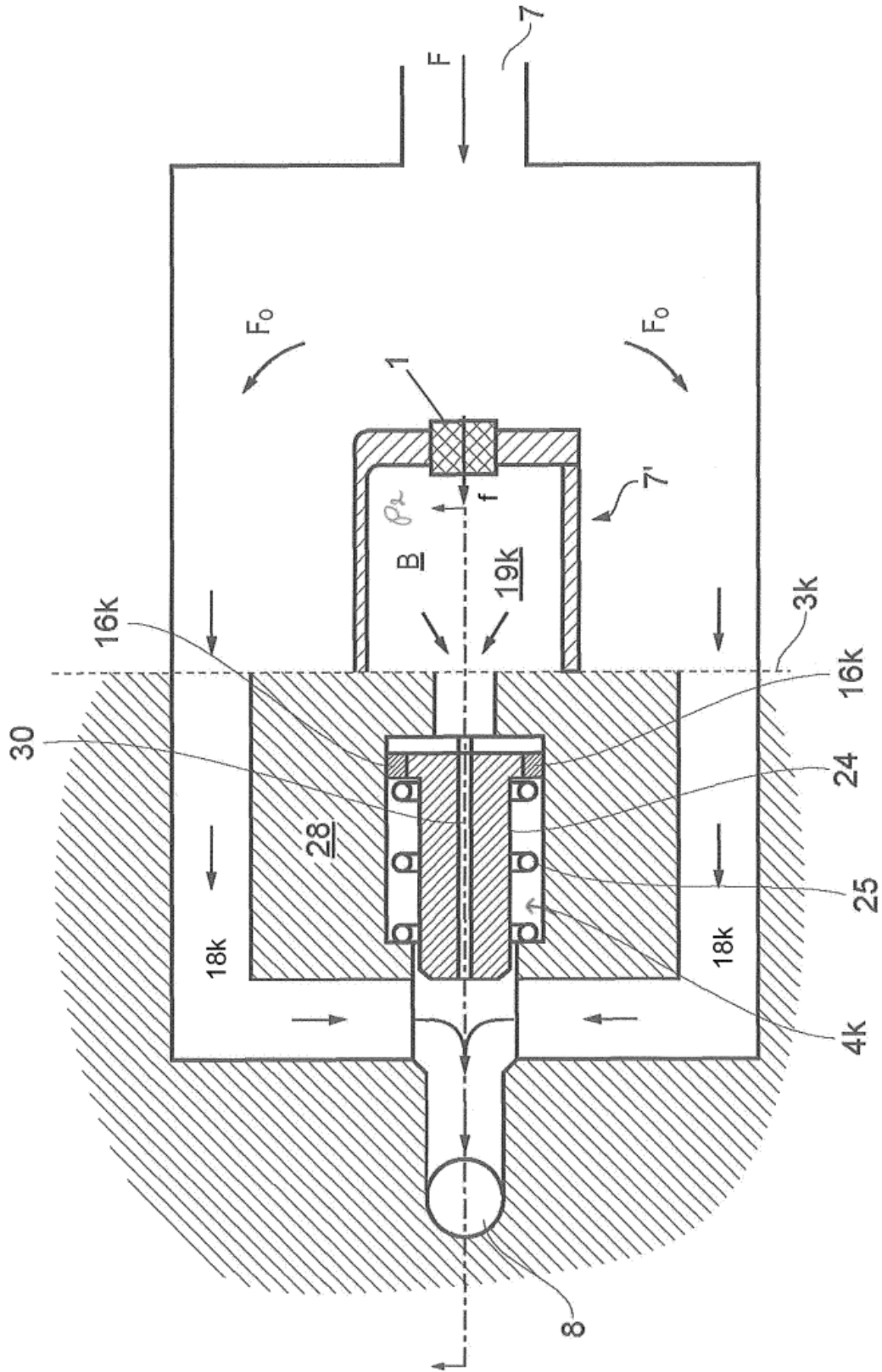


FIG. 11

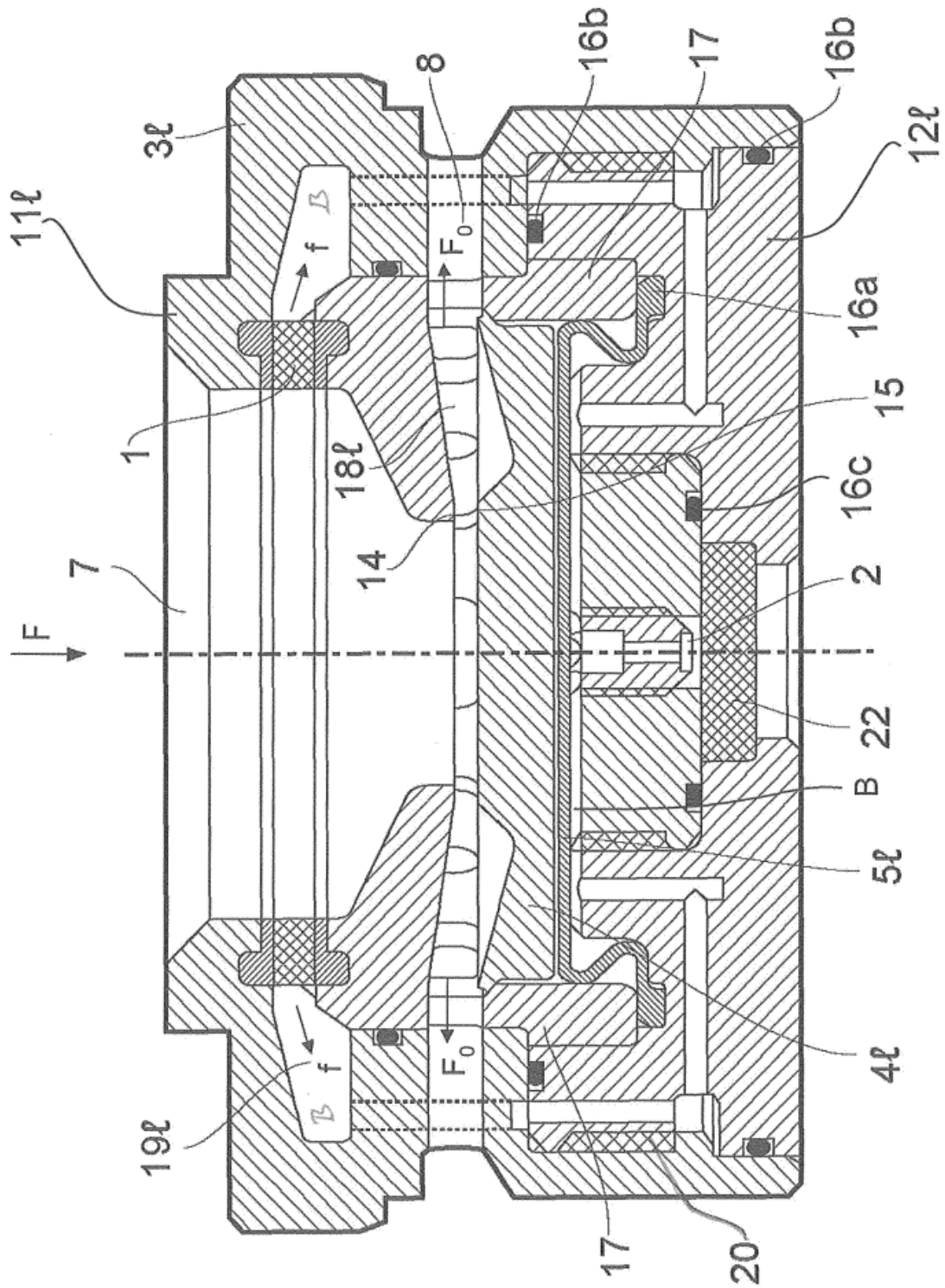


FIG. 12

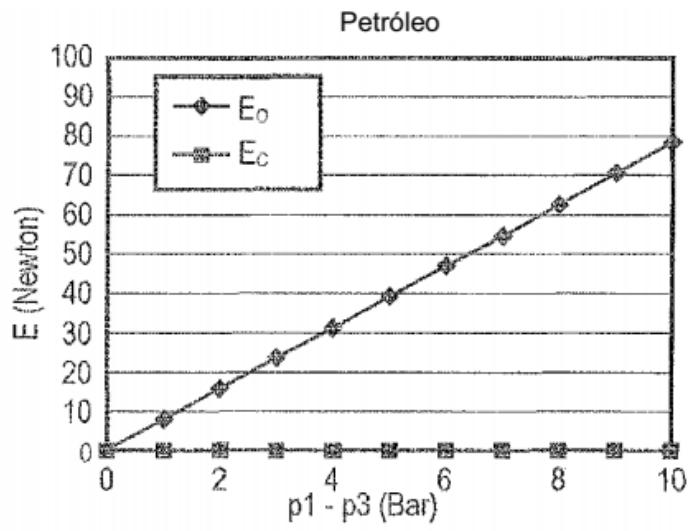


FIG. 13a

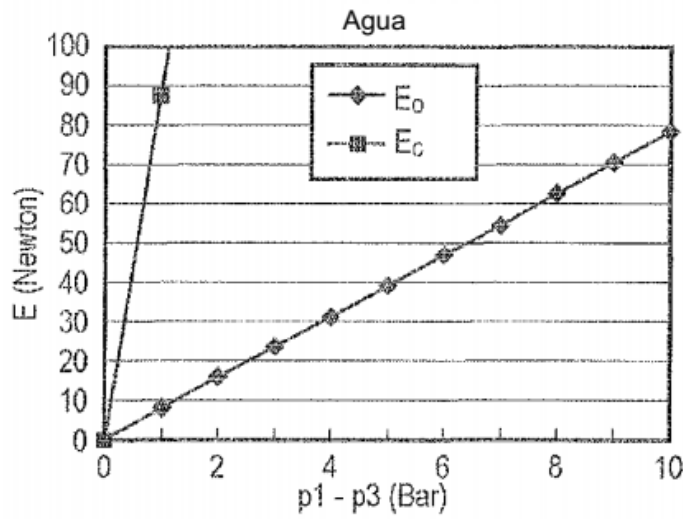


FIG. 13b

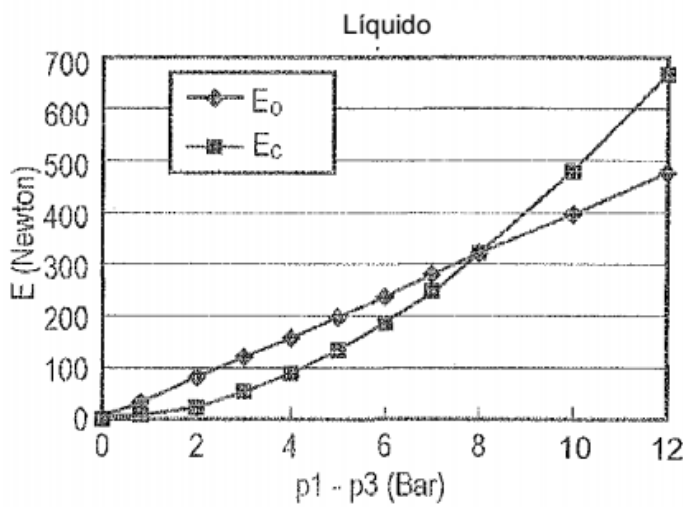


FIG. 14