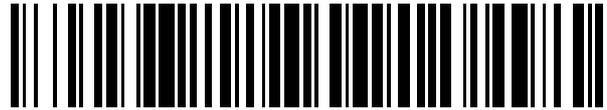


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 499 491**

51 Int. Cl.:

**E21B 43/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.11.2010 E 10779388 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.06.2014 EP 2501897**

54 Título: **Conjunto de compensador para sistema de bomba sumergible**

30 Prioridad:

**20.11.2009 US 622831**

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

**29.09.2014**

73 Titular/es:

**FLOWERVE MANAGEMENT COMPANY (100.0%)  
5215 North O'Connor Boulevard Suite 2300  
Irving, TX 75039, US**

72 Inventor/es:

**ALBERS, THOMAS;  
TANK-LANGENAU, AXEL HELMUT y  
SCHLENHOFF, BEHREND GOSWIN**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

**ES 2 499 491 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

Conjunto de compensador para sistema de bomba sumergible

- 5 La presente invención se refiere en general a un conjunto de compensador, y más particularmente, a sistemas de bombas geotérmicas sumergibles que utilizan uno o más de tales conjuntos de compensadores.

10 Los sistemas de bombeo sumergibles de pozo profundo (DWS) (también conocidos como bombas eléctricas sumergibles (ESP), o más simplemente, bombas sumergibles) son especialmente útiles en la extracción de recursos valiosos como el petróleo, gas y agua de formaciones geológicas de pozo profundo. En una operación particular, una unidad de bomba DWS se puede utilizar para recuperar recursos geotérmicos, tales como el agua caliente, desde significativas profundidades subterráneas. Las bombas sumergibles se accionan por motores conectados y son generalmente que pueden funcionar en una variedad de aplicaciones en las que típicamente tanto la bomba como el motor están completamente sumergidos en un pozo. Debido a que las bombas sumergibles son relativamente inaccesibles (a menudo completamente sumergidas a distancias entre 400 y 700 metros bajo la superficie de la tierra), deben ser capaces de funcionar durante largos periodos de tiempo sin necesidad de mantenimiento. Además, deben ser capaces de transferir lejos una cantidad significativa del calor que se genera a través de las pérdidas mecánicas y eléctricas en la bomba y en el motor. Para hacer esto, un líquido de refrigeración (generalmente aceite o agua) se utiliza para llenar un interior del motor. El líquido de refrigeración absorbe típicamente el calor del motor y lo transfiere al líquido circundante en el pozo.

25 Los motores de bombas sumergibles utilizan típicamente un compensador que generalmente se conecta al motor. Idealmente, el compensador realiza diversas funciones que contribuyen a la operación fiable del motor, incluyendo la provisión para la expansión térmica del líquido de refrigeración del motor durante el funcionamiento del motor, y la compensación de las presiones interior y exterior del motor. Los compensadores convencionales se fabrican típicamente de caucho, que son elásticos y resistentes al calor en solo los regímenes de temperatura limitados, por ejemplo, hasta aproximadamente 110°C. Por el contrario, las aplicaciones geotérmicas y de pozos profundos relacionados pueden encontrar temperaturas del fluido que se bombea entre 120 ° y 160°C. Por otra parte, los compensadores de caucho generalmente solo tienen un tamaño máximo debido a los procesos de fabricación o de producción. Este tamaño máximo es generalmente demasiado pequeño para aplicaciones de bombas sumergibles a alta potencia en entornos de alta temperatura (es decir, superiores a 110°C), y tampoco es factible para extensiones u otras situaciones en las que se pueden requerir combinaciones modulares de múltiples compensadores. Como tal, existe la necesidad de un compensador modular que pueda funcionar en entornos de alta temperatura y alta presión tales como los encontrados en aplicaciones de bombas sumergibles. El documento US 3.947.709 describe un protector para motores de bombas eléctricas sumergibles cargados con líquido, particularmente para su uso en entornos corrosivos, tales como entornos en los que el sistema de la bomba se expone a altas concentraciones de H<sub>2</sub>S.

40 Está contra los antecedentes anteriores que las realizaciones de la presente invención proporcionen conjuntos de compensadores para sistemas de bombas geotérmicas sumergibles que pueden funcionar en entornos de alta presión y alta temperatura. De acuerdo con una realización de la presente invención, un sistema de bomba geotérmica sumergible comprende una bomba sumergible, un motor sumergible, y un conjunto de compensador. El conjunto de compensador comprende un compensador que se extiende longitudinalmente y una carcasa del compensador. El compensador que se extiende longitudinalmente se construye de un material elastomérico configurado para funcionar en un régimen de temperatura de líquido geotérmico de hasta 160°C. El compensador se utiliza para contener un líquido de refrigeración del motor, mientras que la carcasa contiene el compensador. Un tubo de transporte es parcialmente insertable en cada uno del motor sumergible y del compensador para permitir la comunicación fluida del líquido de refrigeración del motor entre los mismos. La carcasa del compensador incluye un extremo de conexión (proximal) y un extremo remoto opuesto al extremo de conexión. El extremo de conexión se puede acoplar con el motor sumergible para permitir que los dos se fijen entre sí. El compensador, que está situado a lo largo de al menos una porción de la longitud de la carcasa del compensador, define un extremo de acoplamiento y un extremo flotante, donde el primero puede acoplar (a través de una brida o conector relacionado) el tubo de transporte, mientras que el extremo flotante es libre para expandirse y contraerse longitudinalmente en respuesta a los cambios en presencia del fluido de refrigeración del motor en la carcasa del compensador. El compensador incluye una serie de crestas y surcos alternantes de tal manera que el compensador define generalmente una forma de estructura de fuelle (o de acordeón) que se extiende a lo largo de su eje longitudinal. Además, el compensador comprende un grado de elasticidad suficiente para que una anchura de al menos uno de los surcos se expanda y contraiga con la expansión y contracción térmica, respectivamente, del líquido de refrigeración del motor contenido en su interior. Las crestas entran en contacto con una pared interior de la carcasa del compensador con un coeficiente de fricción entre los mismos que es insuficiente para evitar un deslizamiento de las crestas a lo largo de la pared interior y el movimiento del extremo flotante en relación con el extremo de acoplamiento con la expansión y contracción de la anchura de al menos uno de los surcos. El tubo de transporte recibido por el extremo de acoplamiento define un punto de máxima contracción del compensador más allá del que el extremo flotante no se puede mover. Un extremo de la carcasa del compensador opuesto al extremo de conexión define un punto de máxima expansión del compensador más allá del que el extremo flotante no se puede mover.

Opcionalmente, la carcasa del compensador puede restringir sustancialmente la expansión y contracción del compensador a lo largo del eje longitudinal. El extremo flotante del compensador se puede cerrar herméticamente para evitar el paso de líquido de refrigeración del motor a través del mismo o se puede abrir al menos parcialmente para permitir el paso de líquido de refrigeración del motor a través del mismo y puede funcionar para acoplarse a un extremo de acoplamiento de otro compensador. El conjunto de compensador puede comprender además un dispositivo de sujeción para asegurar un acoplamiento entre el extremo flotante y el extremo de acoplamiento del otro compensador. El compensador se puede configurar principalmente de politetrafluoroetileno (PTFE) y puede comprender una resistencia al calor de al menos aproximadamente 260°C, mientras que la carcasa del compensador se configura principalmente de metal. En tal caso donde se utiliza PTFE o un material elastomérico relacionado, el compensador se considera que es un compensador elastomérico. En otra opción, el compensador puede comprender además un tapón de drenaje para permitir que el líquido de refrigeración del motor se drene. La carcasa del compensador puede comprender además un tapón de drenaje del alojamiento para permitir el drenaje del líquido de refrigeración del motor desde el mismo. El conjunto de compensador puede comprender además una línea de compensación de presión que puede funcionar para controlar la liberación de un aire (u otro fluido gaseoso) presurizado en exceso desde dentro de la carcasa del compensador hacia el exterior de la carcasa del compensador.

El conjunto de compensador puede comprender múltiples compensadores elastoméricos que se extienden longitudinalmente para contener un líquido de refrigeración del motor, una carcasa del compensador para encerrar los compensadores elastoméricos, y al menos un dispositivo de sujeción. El tubo de transporte se puede insertar parcialmente en cada una de las lumbreras del motor sumergible y un primer de los compensadores elastoméricos para transmitir un líquido de refrigeración del motor entre los mismos. Los compensadores elastoméricos pueden comprender, respectivamente, un extremo de acoplamiento para acoplar a la brida, un extremo flotante para flotar dentro de la carcasa del compensador, y una serie de crestas y surcos alternantes que se extienden anularmente al menos parcialmente a lo largo de un eje longitudinal del compensador elastomérico respectivo. El extremo flotante del primer compensador elastomérico puede estar al menos parcialmente abierto para permitir el paso de líquido de refrigeración del motor a través del mismo y que puede funcionar para acoplarse al extremo de acoplamiento de un segundo compensador elastomérico y el dispositivo de sujeción se puede hacer funcionar para asegurar un acoplamiento entre el primer compensador elastomérico y el segundo compensador elastomérico. El tubo de transporte recibido por el extremo de acoplamiento del primer compensador elastomérico puede definir un punto de máxima contracción de los compensadores elastoméricos más allá del que el extremo flotante del primer compensador elastomérico no se puede mover. Un extremo de la carcasa del compensador opuesto al extremo de conexión puede definir un punto de máxima expansión de los compensadores elastoméricos más allá del que el extremo flotante del segundo compensador elastomérico no se puede mover.

Opcionalmente, el extremo flotante del segundo compensador elastomérico se puede cerrar herméticamente para evitar el paso de líquido de refrigeración del motor a través del mismo. Al menos uno de los compensadores elastomérico puede comprender además un tapón de drenaje para drenar el líquido de refrigeración del motor desde el compensador elastomérico.

La siguiente descripción detallada de las realizaciones específicas se puede entender mejor cuando se lee conjuntamente con los siguientes dibujos, donde las estructuras iguales se indican con números de referencia similares y en los que:

La Figura 1 es una vista en sección transversal de un sistema de bomba sumergible con un conjunto de compensador de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Figura 2A es una vista en sección transversal de un conjunto de compensador de acuerdo con otra realización de la presente invención;

La Figura 2B es una vista en sección transversal de un conjunto de compensador de acuerdo con otra realización de la presente invención;

La Figura 3 es una vista en sección transversal ampliada del extremo de conexión de un conjunto de compensador de acuerdo a las realizaciones ilustradas en las Figuras 2A y 2B;

La Figura 4 es una vista en sección transversal de un dispositivo de sujeción sujetando un acoplamiento de dos compensadores elastoméricos de acuerdo con otra realización de la presente invención;

La Figura 5 es una vista en sección transversal ampliada del extremo del conjunto de compensador opuesto al extremo de conexión de la Figura 3;

La Figura 6 es una vista en sección de un compensador elastomérico de acuerdo con otra realización de la presente invención; y

La Figura 7 es una vista en sección del compensador elastomérico de la Figura 6.

Las realizaciones expuestas en los dibujos son de naturaleza ilustrativa y no se pretende que sean limitativas de las realizaciones definidas por las reivindicaciones. Además, los aspectos individuales de los dibujos y las realizaciones serán más evidentes y se comprenderán mejor en vista de la siguiente descripción detallada.

5 Haciendo referencia inicialmente a la Figura 1, un sistema de bomba sumergible **10** comprende generalmente una bomba sumergible **12** (que se muestra actualmente como una pluralidad de módulos impulsores, aunque se describe aquí en singular), un motor sumergible **14**, un eje de transmisión **16**, y un conjunto de compensador **18**. La bomba **12** puede ser cualquier bomba sumergible convencional conocida en la técnica, mientras que el motor **14** es cualquier motor que pueda funcionar cuando se sumerge en un líquido y capaz de accionar la bomba **12** con el fin de propulsar el líquido que se bombea a una elevación más alta. Como se utiliza aquí, "motor sumergible" se refiere generalmente a un motor encerrado por una carcasa de motor **15** sustancialmente llenado con un líquido de refrigeración del motor. Asimismo, en el presente contexto, el término "sustancialmente" se refiere a una disposición de elementos o características que, aunque en teoría se esperaría que exhiban exacta correspondencia o comportamiento, pueden, en la práctica ser algo ligeramente menos que exactos. Como tal, el término denota el grado por el que un valor, medición u otra representación cuantitativa relacionada puede variar desde una referencia establecida en tanto sigue conservando la función básica de la materia en cuestión.

En una forma preferida, el motor **14** es un motor eléctrico que comprende al menos un estator que acciona el giro de al menos un rotor, tal como un motor de inducción o un dispositivo bien conocido relacionado. Dicho giro del rotor por el estator genera calor dentro del motor **14**. Un líquido de refrigeración del motor se proporciona típicamente al motor **14** para absorber y eliminar el calor del motor **14**, en particular, los estatores. Dicho líquido también puede realizar funciones de lubricación del motor y de aislamiento eléctrico, y como tal puede ser un aceite de motor con propiedades dieléctricas apropiadas. Ejemplos de tales fluidos multifunción incluyen agua (en situaciones donde no es necesario el aislamiento eléctrico), que funciona como refrigerante y lubricante, y el aceite para situaciones donde se requiere aislamiento eléctrico que también puede servir como refrigerante y lubricante. Teniendo en cuenta los regímenes de alta temperatura que se espera encontrar en aplicaciones geotérmicas generales y en aplicaciones DWS particulares, donde como se ha mencionado anteriormente, tales temperaturas del fluido que se bombea están entre 120° y 160°C, junto con las altas cargas de calor que se imparten al motor **14** debido a las pérdidas mecánicas, el compensador de la presente invención tiene que trabajar en un ambiente de temperatura significativamente mayor que las encontradas anteriormente. En el presente contexto, el fluido de refrigeración del motor incluirá generalmente tales funciones lubricantes, y tales atributos se inferirán en consecuencia. El eje de transmisión **16**, que también puede ser cualquier eje de transmisión convencional conocido en la técnica, conecta el motor **14** y la bomba **12**. Debido a que el rotor es parte de (o está de otro modo conectado con) el eje de transmisión **16**, el giro inducido en el rotor por el estator en el motor **14** hace que el eje de transmisión **16** rote, lo que a su vez acciona la bomba **12** y la propulsión resultante del líquido.

Como se ha descrito anteriormente, el conjunto de compensador **18** promueve generalmente un funcionamiento fiable y una vida funcional más larga del motor **14**. Por ejemplo, el conjunto de compensador **18** puede dar cabida a la expansión térmica del líquido de refrigeración del motor durante el funcionamiento del motor **14** y puede compensar la presión aplicada a una superficie exterior del motor **14** por el entorno circundante al actuar como un medio para la transferencia de la presión externa al interior del motor **14**. Tal compensación de presión es especialmente beneficiosa en circunstancias de presión dinámica, donde la presión dentro del motor **14** está fluctuando. Como tal, el conjunto de compensador **18** tiene el efecto de eliminar, o al menos reducir significativamente, el diferencial de presión entre el interior del motor **14** y el entorno por bajo de la superficie externa.

Haciendo referencia a continuación a las Figuras 2A, 2B y 3, el conjunto de compensador **18** comprende un compensador **20** y un alojamiento del compensador **22**. En entornos de alta temperatura (tales como los encontrados en entornos geotérmicos de pozos profundos), el material que forma el compensador **20** es de importancia significativa. Los presentes inventores han descubierto que los materiales poliméricos, tales como PTFE y materiales de diseño relacionados, poseen propiedades elastoméricas deseables, y que algunos (incluyendo el PTFE), en virtud de retener estas propiedades a alta temperatura, son especialmente adecuados para formar el compensador **20**, dando como resultado una vejiga-fuelle robusta con una resistencia al calor de hasta aproximadamente 260°C. Además, el PTFE tiene muy bajo pretensado lo que permite que uno o más compensadores **20** fabricados a partir del mismo eviten la presurización en exceso en el motor **14** a través de la junta mecánica del motor (no mostrada). En su forma elastomérica, los compensadores **20** también son fácilmente móviles dentro de la carcasa del compensador **22** para evitar un ladeado y anomalías laterales relacionadas en el extremo libre (o flotante) **34** del compensador **20**. El conjunto (o conjuntos) de compensador **18**, debido a sus construcciones modulares, se pueden poner fácilmente juntos, utilizarse y prestárseles mantenimiento, así como permitir el drenaje de uno separado de los mismos. El compensador **20** se puede hacer funcionar para contener líquido de refrigeración del motor y, por lo general, se llena sustancialmente con el líquido de refrigeración del motor para evitar cualquier cantidad apreciable de aire en su interior. Si bien el compensador **20** en su forma preferida se fabrica al menos principalmente a partir de PTFE, se contempla que otros elastómeros se pueden utilizar además de, o como alternativa al, PTFE. Los elastómeros que definen el compensador **20** son apropiados para aplicaciones de pozos profundos donde las condiciones ambientales implican generalmente altas temperaturas y altas presiones.

Al tener un bajo grado de pretensado junto con esta capacidad de alta temperatura, el compensador **18** puede compensar de forma fiable la presión aplicada a una superficie exterior del motor **14** por el entorno que rodea los pozos profundos y la presión del fluido de refrigeración y lubricación del interior del motor **14**, asegurando de este modo el funcionamiento diferencial de presión bajo incluso a las profundidades de agua descritas anteriormente. Al mantener este diferencial de baja presión, el compensador **18** extiende la vida útil fiable de la junta mecánica en el motor **14**, y también permite el uso de paredes menos robustas (y, por lo tanto, de menor peso) y de los componentes relacionados de la carcasa del motor **15**, a través de (por ejemplo) la disminución del espesor de pared de la carcasa del motor **15** y de la estructura relacionada. Además, si la junta mecánica del motor **14** presenta fugas, el compensador **18** puede servir como un depósito para dar cabida o compensar las pérdidas por fugas.

La carcasa del compensador **22** encierra uno o más de los compensadores **20**. Además, la carcasa del compensador **22** es generalmente sustancialmente rígida para guiar y restringir la expansión y contracción del compensador **20** a lo largo de la dimensión sustancialmente alargada de la carcasa del compensador **22**. En una forma, la rigidez de la carcasa del compensador **22** proviene de la utilización de metal, lo que ayuda a minimizar la fricción entre la carcasa del compensador **22** y el compensador **20** con la expansión y contracción de los mismos, como se describe aquí.

La carcasa del compensador **22** incluye en su extremo superior una brida **26**, a través de la que un tubo de transporte **28** se extiende en una dirección generalmente axial. La brida **26** se dispone proximalmente de o en un extremo de conexión **30** de la carcasa del compensador **22**, y se puede funcionar para conectarse a una lumbrera del motor sumergible **14** de manera que el conjunto de compensador **18** se puede asegurar al motor sumergible **14**. Diversos dispositivos de sujeción **24**, tal como una o más abrazaderas, se pueden utilizar para asegurar una conexión de la brida **26** a la lumbrera del motor sumergible **14**. El tubo de transporte **28**, que en una forma preferida (aunque no necesaria) es cilíndrico, se puede hacer pasar parcialmente a través de y fijarse o asegurarse, de otro modo, a una abertura formada en la brida **26**. Asimismo, el tubo de transporte **28** se puede asegurar en otro lugar en o cerca del extremo de conexión **30** de la carcasa del compensador **22**. Como tal, con la conexión de la brida **26** al motor sumergible **14**, el tubo de transporte **28** se inserta parcialmente en cada uno del motor sumergible **14** y del compensador **20** encerrado en la carcasa del compensador **22** para transmitir el líquido de refrigeración del motor entre los mismos.

El compensador **20** comprende un extremo de acoplamiento **32**, un extremo flotante **34**, y una serie de crestas **36** y surcos **38** alternantes. El extremo de acoplamiento **32** es generalmente co-extensivo con el extremo de conexión **30** de la carcasa del compensador **22** y que puede funcionar para acoplar una superficie exterior del tubo de transporte **28**, como se muestra con particularidad en la Figura 3. Uno o más dispositivos de sujeción **24**, tales como, pero no limitados a, abrazaderas, ganchos o similares, se pueden utilizar para asegurar un acoplamiento entre el extremo de acoplamiento **32** del compensador y el tubo de transporte **28**. Por tanto, el extremo de acoplamiento **32** del compensador **20** está abierto, o al menos parcialmente abierto, con un diámetro suficiente para recibir en una superficie interior del mismo un extremo del tubo de transporte **28**. Esto permite que el líquido de refrigeración del motor en el motor sumergible **14** pase a través del canal del tubo de transporte **28** y en el compensador elastomérico **20**.

Como se muestra con detalle en la Figura 2A, el extremo flotante **34** del compensador elastomérico es libre de moverse a lo largo de la dimensión axial de la carcasa del compensador **22** de acuerdo con la expansión y contracción térmica del fluido de refrigeración del motor contenido en el compensador **20**. En esta realización, el extremo flotante **34** se cierra herméticamente para evitar el paso de fluido de refrigeración del motor a través del mismo y fuera del compensador **20**.

Los presentes inventores contemplan también que el conjunto de compensador **18** puede comprender múltiples compensadores **20**, por ejemplo, en situaciones en las que se necesitan salidas de bombeo de fluido más altas y grandes motores. Haciendo referencia a continuación a la Figura 4, se muestra otra realización donde diversos compensadores **20A**, **20B** están unidos entre sí, en serie. En esta realización, el extremo flotante **34** de al menos el compensador superior **20A** está al menos parcialmente abierto para permitir el paso de líquido de refrigeración del motor a través del mismo y que puede funcionar para acoplarse a un extremo de acoplamiento **32** de otro compensador **20B**. En la situación donde se utilizan múltiples compensadores **20A**, **20B**, los mismos se pueden interconectar en secuencia como se muestra para dar cabida a grandes volúmenes de líquido de refrigeración del motor, así como a las variaciones más grandes en la presión interna que pueden ser necesarias o estar asociadas con motores sumergibles de alta potencia, más grandes **14**. Si bien los presentes inventores contemplan que cualquier número de compensadores **20** se pueden interconectar, a efectos de simplificación, las referencias hechas en el presente documento se limitan a las realizaciones ejemplares con solo un primer y segundo compensadores **20A** y **20B**. En las realizaciones que comprenden múltiples compensadores **20**, el conjunto de compensador **18** puede utilizar uno o más dispositivos de sujeción para acoplar los extremos secuenciales de los compensadores adyacentes **20A**, **20B**.

Haciendo referencia a continuación a las Figuras 6 y 7 en relación con la Figura 4, se muestra un dispositivo de sujeción de este tipo para facilitar el acoplamiento de un compensador **20A** a la carcasa del compensador **22** o a otro compensador **20B**. Como se muestra en la Figura 4, el dispositivo de sujeción está en forma de un casquillo de

acero inoxidable sólido **24** con abrazaderas ajustables **25**. El manguito **24** se utiliza como un collar de trayectoria de flujo superficial interno de manera que tras el acoplamiento axial de los dos compensadores **20A** y **20B** con el mismo y su posterior apriete con las abrazaderas **25**, los respectivos extremos **34** y **32** de los compensadores **20A** y **20B** se pueden asegurar entre sí para formar un acoplamiento fluido sustancialmente libre de fugas. Tornillos en las abrazaderas **25** facilitan el apriete utilizados para asegurar un acoplamiento seguro. Opcionalmente, los extremos **32**, **34** de los compensadores **20A**, **20B** pueden incluir rebordes (o bridas) de interbloqueo complementarias **35** y complementarios rebajes **37** para facilitar la conexión axial entre los mismos.

En la realización de múltiples compensadores, un extremo de acoplamiento **32** de un primer **20A** de los múltiples compensadores **20** se acopla a la carcasa del compensador **22**, mientras que un extremo flotante **34** del primer compensador **20A** es libre de moverse axialmente dentro de la carcasa del compensador **22**. Como se ha mencionado anteriormente, el extremo flotante **34** del primer compensador **20A** está al menos parcialmente abierto para permitir el paso del líquido de refrigeración del motor a través del mismo y en un extremo de acoplamiento **32** de un segundo **20B** de los múltiples compensadores **20**. Como tal, el extremo de acoplamiento **32** del segundo compensador **20B** flota dentro de la carcasa del compensador **22** a través de su conexión con el extremo flotante **34** del primer compensador **20A**. Además, el extremo flotante **34** del segundo compensador **20B** es también libre de moverse axialmente dentro de la carcasa del compensador **22**. De este modo, el extremo flotante **34** del primer compensador **20A** y tanto el extremo de acoplamiento **32** como el extremo flotante **34** del segundo compensador **20B** se mueven dentro de la carcasa del compensador **22** en respuesta a la expansión y contracción térmica del fluido de refrigeración del motor contenido en los compensadores **20A** y **20B**.

El movimiento del compensador **20** dentro del alojamiento **22** del conjunto **18** se habilita por la serie de crestas **36** y surcos **38** alternantes que se extienden anularmente al menos parcialmente a lo largo del eje longitudinal **41** del compensador **20**. Las crestas **36** y surcos **38** alternantes cooperan para hacer que el compensador **20** se expanda y contraiga con un movimiento de fuelle. Cada surco **38** comprende una anchura  $w$  que define una separación entre las crestas secuenciales **36**. Generalmente, pero no necesariamente, en un estado relajado donde el compensador **20** no se expande ni se contrae, los surcos **38** dentro de la serie tienen una anchura uniforme, o al menos sustancialmente uniforme,  $w$ , como se muestra con particularidad en las Figuras 6 y 7. Esta anchura  $w$  puede variar de acuerdo con las dimensiones o el diseño del compensador **20** deseados o de acuerdo con las necesidades de compensación de presión del motor sumergible **14**. Por ejemplo, en una realización, la anchura  $w$  de los surcos **38** en un estado relajado (es decir, ni bajo expansión ni contracción) es igual a aproximadamente 4 a 5 milímetros (con un tamaño preferido de aproximadamente 4,6 milímetros), mientras que, en otra realización aplicable a un motor más grande **14**, la anchura  $w$  de los surcos **38** en un estado relajado es igual a aproximadamente 10 milímetros.

Con la expansión térmica del líquido de refrigeración del motor, la presión se acumula en el motor sumergible **14** y en el compensador elastomérico **20**. La acumulación de la presión interna provoca que el compensador **20** se expanda para compensar el aumento de la presión y evitar sustancialmente la presurización en exceso del motor sumergible **14**. Debido al grado de elasticidad del compensador **20**, la anchura  $w$  de uno o más de los surcos **38** se puede expandir. A menudo, dicha expansión es generalmente hasta una medida necesaria para compensar un aumento de la presión en el motor sumergible **14**. Por ejemplo, en la realización más pequeña descrita en el párrafo anterior de arriba, y dependiendo del aumento de calor en el motor y del aceite lubricante, la anchura  $w$  para un solo surco **38** se puede expandir desde entre aproximadamente 4,6 milímetros y una expansión máxima de entre aproximadamente 25 milímetros y aproximadamente 35 milímetros. Por el contrario, con la contracción del líquido de refrigeración del motor, la presión dentro del motor sumergible **14** y del compensador **20** disminuye. La disminución de la presión interna permite que el compensador **20** se contraiga para mantener una presión de líquido adecuada o deseable dentro del motor sumergible **14**. Debido al grado de elasticidad del compensador **20**, la anchura  $w$  de uno o más de los surcos **38** puede contraerse, generalmente hasta una medida necesaria para compensar una disminución de la presión en el motor sumergible **14**.

Por lo tanto, se deduce que, a medida que la anchura  $w$  de los surcos **38** se expande y contrae, la separación entre una o más de las crestas **36** aumenta y disminuye en consecuencia. Esto resulta en el movimiento de una o más de las crestas **36** con respecto a la pared interior de la carcasa del compensador **22**. El compensador **20** se coloca generalmente dentro de la carcasa del compensador **22** de tal manera que las crestas **36** del compensador **20** están en contacto, o al menos en estrecha proximidad, con la pared (o paredes) interior de la carcasa del compensador **22**. El contacto entre las crestas **36** y la pared interior de la carcasa del compensador **22** es generalmente leve y, por tanto, insuficiente para evitar el deslizamiento de las crestas **36** a lo largo de la pared, sin embargo, es suficiente para evitar la expansión sustancialmente radial u horizontal del compensador **20**. Además, la fricción de deslizamiento entre las crestas **36** que deslizan a lo largo de la pared interior de la carcasa del compensador **22** es generalmente mínima, debido principalmente a un bajo coeficiente de fricción entre las crestas **36** de PTFE del compensador **20** y el metal de la pared interior de la carcasa del compensador **22**. Esto a su vez facilita el movimiento deslizante del extremo flotante **34** del compensador **20** a lo largo de la pared interior de la carcasa del compensador **22** a medida que la anchura  $w$  y los surcos **38** se expanden y contraen. Además, debido a la naturaleza rígida de la carcasa del compensador **22**, se restringe sustancialmente la expansión y contracción del compensador **20** a lo largo del eje longitudinal alojamiento **41**.

Haciendo referencia de nuevo a las Figuras 2A, 2B y 3, el extremo del tubo de transporte **28** recibido por el extremo

de acoplamiento 32 del compensador 20 define un punto de máxima contracción del compensador 20 pasado el cual el extremo flotante 34 no se puede mover. Más particularmente, el extremo del tubo de transporte 28 dentro del compensador 20 obstruye el movimiento adicional del extremo flotante 34, evitando de este modo cualquier contracción adicional del compensador 20. Además, el extremo 42 de la carcasa del compensador 22 opuesto al extremo de conexión 30 define un punto de máxima expansión del compensador 20 más allá del que el extremo flotante 34 no se puede mover. Más particularmente, el extremo opuesto 42 de la carcasa del compensador 22 obstruye el movimiento adicional del extremo flotante 34, evitando de este modo cualquier expansión adicional del compensador 20. Un tapón de drenaje 40 se puede disponer en el compensador 20 para facilitar el drenaje del líquido refrigerante del motor desde el mismo y desde el motor 14. Aunque se muestra en la Figura 2A como estando situado en la parte inferior del extremo flotante 34, se apreciará por los expertos en la técnica que otros lugares en o cerca de la parte inferior pueden ser también adecuados para el drenaje convencional.

Haciendo referencia a continuación a la Figura 5 en relación con la Figura 2B, hay que señalar que los presentes inventores contemplan también que el extremo flotante 34 se puede acoplar al extremo 42 de la carcasa del compensador 22 opuesto al extremo de conexión 30, en lugar de al extremo flotante axialmente móvil 34 que se muestra en la Figura 2A y que se ha descrito anteriormente. En tal realización, el conjunto de compensador 18 se puede configurar de tal manera que el extremo de acoplamiento 32, manteniendo al mismo tiempo un acoplamiento sobre la superficie exterior del tubo de transporte 28, se puede deslizar a lo largo de la longitud del tubo de transporte 28 con la expansión y contracción de la anchura  $w$  de al menos uno de los surcos 38 con el extremo flotante permaneciendo fijo en su acoplamiento con el extremo opuesto 42 de la carcasa del compensador 22. El tubo de transporte 28 puede comprender un reborde u otra característica para evitar que el extremo de acoplamiento 32 se deslice fuera del tubo de transporte 28 con la contracción del compensador 20.

Además, en dicha realización como la de las Figuras 2B y 5, donde el extremo flotante 34 se fija al extremo opuesto 42 de la carcasa del compensador 22, el extremo flotante 34 está generalmente abierto con un diámetro suficiente para que el extremo flotante 34 reciba una porción del extremo opuesto 42 de la carcasa del compensador 22. Al igual que con el tapón de drenaje 40 que se describe más arriba en relación con la Figura 2A, un tapón de drenaje 44 se puede incorporar en esta porción de la carcasa del compensador 22 insertado en el extremo flotante 34 a fin de permitir un drenaje del líquido de refrigeración del motor desde el interior del compensador 20. Un tapón de drenaje de la carcasa secundaria 46 puede estar provisto también para evitar sustancialmente el drenaje inadvertido del líquido de refrigeración del motor desde el compensador 20.

En la realización de la Figura 2A, donde el extremo flotante 34 no está fijo (es decir, de tal manera que se mueve con relativa libertad a lo largo de la dimensión axial de la carcasa 22), el mismo asciende dentro de la carcasa del compensador 22 con la contracción del líquido de refrigeración del motor y desciende dentro de la carcasa del compensador 22 con la expansión del líquido de refrigeración del motor. En la realización de la Figura 2B, donde el extremo flotante 34 se acopla al extremo opuesto 42 de la carcasa del compensador 22, el extremo de acoplamiento 32 del compensador 20 asciende dentro de la carcasa 22 a lo largo del tubo de transporte 28 con la expansión del líquido de refrigeración del motor y desciende dentro de la carcasa 22 a lo largo del tubo de transporte 28 con la contracción del líquido de refrigeración del motor.

Los presentes inventores contemplan también que el conjunto de compensador 18 se puede proporcionar en un extremo superior o en un lado del motor 14. Además, en los sistemas de bombas sumergibles multi-motor 10, un conjunto del compensador 18 se puede proporcionar para cada motor 14 del sistema 10. Por lo tanto, un conjunto de compensador 18 se puede conectar a un motor sumergible 14 en el extremo de conexión 30 de la carcasa del compensador 22 para el paso de líquido entre los mismos y conectado a otro motor 14 o conjunto de compensador 18 en el extremo opuesto 42 de la carcasa del compensador 22.

Además, como se muestra en la Figura 5, el conjunto de compensador 18 puede comprender también una línea de compensación de presión 48 comprende un soporte 50, un fuelle soldado 52 para conectar la carcasa del compensador 22 a un tubo (o tubos) 54 que se extiende hasta la parte superior de la carcasa del motor 15. La línea de compensación de presión 48 se puede hacer funcionar para controlar la liberación de un aire o líquido presurizado en exceso desde dentro de la carcasa del compensador 22 hasta el exterior de la carcasa del compensador 22. Por ejemplo, con la expansión del compensador 20, el aire presente dentro de la carcasa del compensador 22 se comprime. Como tal, el conjunto de compensador 18 se llena preferentemente para que estén sustancialmente libre de aire, mientras está en una posición vertical (o casi vertical) a través de una conexión desde el extremo inferior del motor 14. Asimismo, el espacio abierto entre la carcasa del compensador 22 y los fuelles del compensador 20 se pueden llenar también a través de la línea de compensación 48, preferentemente al menos hasta que la perforación de drenaje/ventilación superior 55 formada en el extremo de conexión 30 de la carcasa del compensador 22 muestre que está sustancialmente libre de aire, después de lo que el conjunto 18 se tapa después. Para mantener esta línea de compensación 48 llena durante el transporte, el extremo superior se conecta de manera fluida a un pequeño depósito precargado (no mostrado) que se retira a continuación, antes de colocar el conjunto 18 en el pozo.

Durante el funcionamiento, cuando la compresión del aire excede un nivel predeterminado, entonces la línea de compensación 48 permite la liberación de aire desde la carcasa del compensador 22, y fuera a través del tubo 54.

Los presentes inventores contemplan que el tubo **54** puede liberar el líquido directamente en el entorno del pozo o puede encaminar el líquido a otra área del conjunto de compensador **18**, motor sumergible **14** o bomba sumergible **12**. Además, la línea de compensación de presión **48** se puede hacer funcionar para controlar la admisión de agua del pozo o del líquido relacionado en la carcasa del compensador **22**. Tal acción compensa la reducción de la presión dentro de la carcasa del compensador **22** lo que puede ocurrir con la contracción del compensador elastomérico **20** con el fin de evitar sustancialmente la creación de un vacío, así como contra la sobrepresión a medida que el compensador **20** se expande durante el calentamiento del aceite del motor dentro de la carcasa del compensador **22**. Los presentes inventores contemplan también que una línea de compensación de presión **48** se puede proporcionar en el compensador **20** para permitir la transferencia del líquido de refrigeración del motor hacia atrás y adelante a la parte superior del motor **14** o fuera de la carcasa del sistema de bomba sumergible **10**.

Hay que señalar que las recitaciones en el presente documento de un componente de una realización que se está "configurado" de una manera particular o que representa una propiedad particular, o una función en una manera particular, son recitaciones estructurales en comparación con recitaciones de uso previsto. Más específicamente, las referencias en el presente documento a la manera en que un componente está "configurado" denotan una condición física existente del componente y, como tal, se deben tomar como una recitación definida de las características estructurales del componente.

Hay que señalar que los términos como "generalmente", "normalmente", y "típicamente", cuando se utilizan en el presente documento, no se utilizan para limitar el alcance de las realizaciones reivindicadas o dar a entender que ciertas características son fundamentales, esenciales, o incluso importantes para la estructura o función de las realizaciones reivindicadas. Más bien, estos términos tienen meramente la intención de identificar aspectos particulares de una realización o enfatizar características alternativas o adicionales que pueden o no ser utilizadas en una realización particular.

Con la finalidad de describir y definir las realizaciones en el presente documento se señala que los términos "sustancialmente", "principalmente", "significativamente", y "aproximadamente" se utilizan en el presente documento para representar el grado inherente de incertidumbre que se puede atribuir a cualquier comparación, valor, medida u otra representación cuantitativa. Los términos "sustancialmente", "significativamente" y "aproximadamente" se utilizan en el presente documento también para representar el grado por el que una representación cuantitativa puede variar desde una referencia indicada sin resultar en un cambio en la función básica de la materia en cuestión.

Habiendo descrito las realizaciones de la presente invención en detalle, y con referencia a las realizaciones específicas de la misma, será evidente que son posibles modificaciones y variaciones sin apartarse del alcance de las realizaciones definidas en las reivindicaciones adjuntas. Más específicamente, aunque algunos aspectos de las realizaciones de la presente invención se identifican en el presente documento como preferidos o particularmente ventajosos, se contempla que las realizaciones de la presente invención no se limitan necesariamente a estos aspectos preferidos.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de bomba geotérmica sumergible (10) que comprende:

5 una bomba sumergible (12);  
un motor sumergible (14) acoplado a dicha bomba (12) para proporcionar potencia a la misma; y  
el conjunto de compensador (18) que comprende:

10 al menos un compensador se extiende longitudinalmente (20) en comunicación fluida con un suministro de líquido de refrigeración del motor utilizado en dicho motor (14), comprendiendo dicho al menos un compensador (20) un extremo de acoplamiento (32), un extremo flotante (34) y una serie de crestas (36) y surcos (38) alternantes que se extienden a lo largo de un eje longitudinal (41) entre dichos extremos de acoplamiento y flotante (32, 34); y  
15 una carcasa del compensador (22) dispuesta alrededor de dicho al menos un compensador (20), comprendiendo dicha carcasa del compensador (22) un extremo proximal y un extremo remoto, comprendiendo dicho extremo proximal una brida (26) configurada para conectar dicha carcasa del compensador (22) a dicho motor (14) y un tubo de transporte (28) insertable en cada uno de dicho motor (14) y dicho al menos un compensador (20) para establecer la comunicación del líquido de refrigeración del motor entre los mismos, definiendo dicho tubo de transporte (28) una cantidad máxima de contracción de dicho al menos un compensador (20) más allá de la que dicho extremo flotante (34) no se puede mover, definiendo dicho extremo remoto de dicho al menos un compensador (20) un punto de máxima expansión más allá del que dicho extremo flotante (34) no se puede mover, donde dicho al menos un compensador (20) es posesivo de un grado de elasticidad suficiente para una anchura de al menos uno de dichos surcos (38) para expandirse y contraerse en respuesta a la respectiva expansión y contracción térmica de dicho líquido de refrigeración del motor contenido dentro de al menos uno de dicho motor (14) y dicho al menos un compensador (20);  
25

**caracterizado por que:**

30 dichas crestas (36) están configuradas para entrar en contacto con una pared interior de dicha carcasa del compensador (22) con un coeficiente de fricción entre las mismas insuficiente para evitar un deslizamiento de dichas crestas (36) a lo largo de dicha pared interior y el movimiento de dicho extremo flotante (34) en relación con dicho extremo de acoplamiento (32) con la expansión y contracción de dicha anchura del al menos uno de dichos surcos (38); y  
35 el compensador que se extiende longitudinalmente (20) se construye de un material elastomérico configurado para funcionar en un régimen de temperatura de líquido geotérmico de hasta 160°C.

2. El sistema de bomba geotérmica sumergible (10) de la reivindicación 1, donde dicha carcasa del compensador (22) restringe sustancialmente la expansión y contracción de dicho al menos un compensador (20) a lo largo de dicho eje longitudinal (41).  
40

3. El sistema de bomba geotérmica sumergible (10) de la reivindicación 1, donde dicho extremo flotante (34) de dicho al menos un compensador (20) está herméticamente cerrado para evitar el paso del líquido de refrigeración del motor a través del mismo.  
45

4. El sistema de bomba geotérmica sumergible (10) de la reivindicación 1, donde dicho extremo (34) de dicho al menos un compensador (20) está al menos parcialmente abierto para permitir el paso del líquido de refrigeración del motor a través del mismo y puede hacerse funcionar para acoplarse a un extremo de acoplamiento (32) de otro compensador (20B).  
50

5. El sistema de bomba geotérmica sumergible (10) de la reivindicación 4, donde dicho conjunto de compensador (18) comprende además un dispositivo de sujeción para asegurar dicho extremo flotante (34) de dicho al menos un compensador (20) y dicho extremo de acoplamiento (32) de dicho otro compensador (20B).  
55

6. El sistema de bomba geotérmica sumergible (10) de la reivindicación 1, donde dicho material elastomérico es politetrafluoroetileno y/o donde dicha carcasa del compensador (22) está configurada principalmente de metal.  
60

7. El sistema de bomba geotérmica sumergible (10) de la reivindicación 1, donde dicho al menos un compensador (20) comprende una resistencia al calor de al menos aproximadamente 260°C.  
65

8. El sistema de bomba geotérmica sumergible (10) de la reivindicación 1, donde dicho conjunto de compensador (18) comprende además una línea de compensación de presión (48) que puede funcionar para controlar la liberación de un fluido gaseoso desde el interior de dicha carcasa del compensador (22) hasta el exterior de dicha carcasa del compensador (22).  
65

9. El sistema de bomba geotérmica sumergible de la reivindicación 1, donde:

dicho conjunto de compensador (18) comprende múltiples compensadores elastoméricos que se extienden longitudinalmente (20A, 20B) para contener un líquido de refrigeración del motor, una carcasa del compensador (22) para encerrar dichos compensadores elastoméricos (20A, 20B), y al menos un dispositivo para asegurar dichos compensadores elastoméricos (20A, 20B) entre sí dentro de dicha carcasa del compensador (22); el tubo de transporte (28) es parcialmente insertable en cada uno de dicho motor sumergible (14) y un primer de dichos compensadores elastoméricos (20A) para transmitir un líquido de refrigeración del motor entre los mismos, y la brida (26) está configurada para conectar dicho conjunto de compensador (18) a dicho motor sumergible (14); dichos compensadores elastomérico (20A, 20B) comprenden respectivamente un extremo de acoplamiento (32), y un extremo flotante (34) sustancialmente opuesto a dicho extremo de acoplamiento (32), y una serie de crestas (36) y surcos (38) alternantes que se extienden anularmente entre dicho extremo de acoplamiento (32) y dicho extremo flotante (34); dicho extremo flotante (34) de dicho primer de dichos compensadores elastoméricos (20A) está al menos parcialmente abierto para permitir el paso del líquido de refrigeración del motor a través del mismo y puede hacerse funcionar para acoplar dicho extremo de acoplamiento (32) de un segundo de dichos compensadores elastoméricos (20B); dicho al menos un dispositivo para la fijación se puede hacer funcionar para asegurar un acoplamiento entre dicho primer de dichos compensadores elastoméricos (20A) y dicho segundo de dichos compensadores elastoméricos (20B); dicho tubo de transporte (28) recibido por dicho extremo de acoplamiento (32) de dicho primer de dichos compensadores elastoméricos (20A) define un punto de máxima contracción de dichos compensadores elastoméricas (20A, 20B) más allá del que dicho extremo flotante (34) de dicho primer de dichos compensadores elastoméricos (20A) no pueden moverse; y un extremo de dicha carcasa del compensador (22) opuesto a dicho extremo de conexión (34) define un punto de máxima expansión de dichos compensadores elastoméricos (20A, 20B) más allá del que dicho extremo flotante (34) de dicho segundo de dichos compensadores elastoméricos (20A, 20B) no puede moverse.

10. El sistema de bomba geotérmica sumergible (10) de la reivindicación 9, donde dicho extremo flotante (34) de dicho segundo de dichos compensadores elastoméricos (20B) está cerrado herméticamente para evitar el paso del líquido de refrigeración del motor a través del mismo.

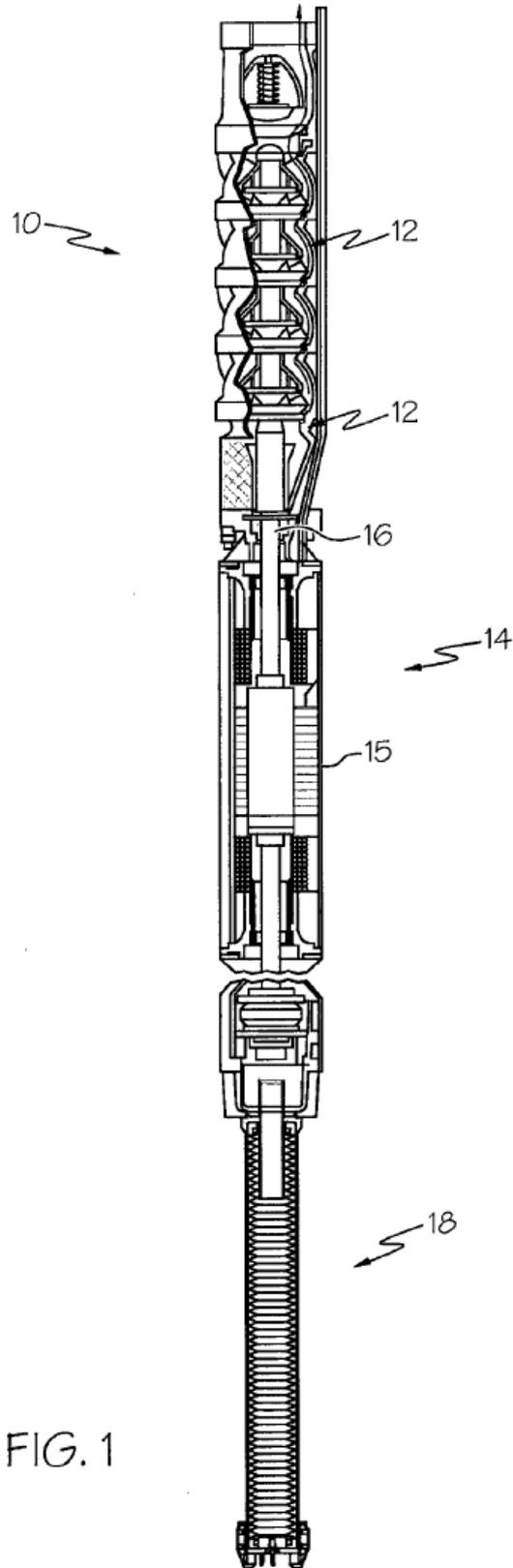
11. El sistema de bomba geotérmica sumergible (10) de la reivindicación 1 o reivindicación 9, donde al menos uno de dichos compensadores elastoméricos (20A, 20B) comprende además un tapón de drenaje (44) para permitir que el líquido de refrigeración del motor se retire del mismo.

12. El sistema de bomba geotérmica sumergible (10) de la reivindicación 1 o reivindicación 9, donde dicha carcasa del compensador (22) comprende además un tapón de drenaje de la carcasa (46) para permitir que el líquido de refrigeración del motor se retire de dicha carcasa del compensador (22).

13. El sistema de bomba geotérmica sumergible (10) de la reivindicación 1 o reivindicación 9, donde dicho conjunto de compensador (18) comprende además una línea de compensación de presión (48) que puede funcionar para controlar la liberación de un fluido gaseoso desde el interior de dicha carcasa del compensador (22) hasta el exterior de dicha carcasa del compensador (22).

14. El sistema de bomba geotérmica sumergible (10) de la reivindicación 9, donde dichos compensadores elastoméricas (20A, 20B) están principalmente configurados de politetrafluoroetileno y dicha carcasa del compensador (22) está principalmente configura de metal.

15. El sistema de bomba geotérmica sumergible (10) de la reivindicación 1 o reivindicación 9, donde dicho extremo de acoplamiento (32) es deslizantemente cooperativo con dicha superficie exterior de dicho tubo de transporte (28) y dicho extremo flotante (34) está acoplado de forma segura a dicho extremo remoto (42) de dicha carcasa del compensador (22).



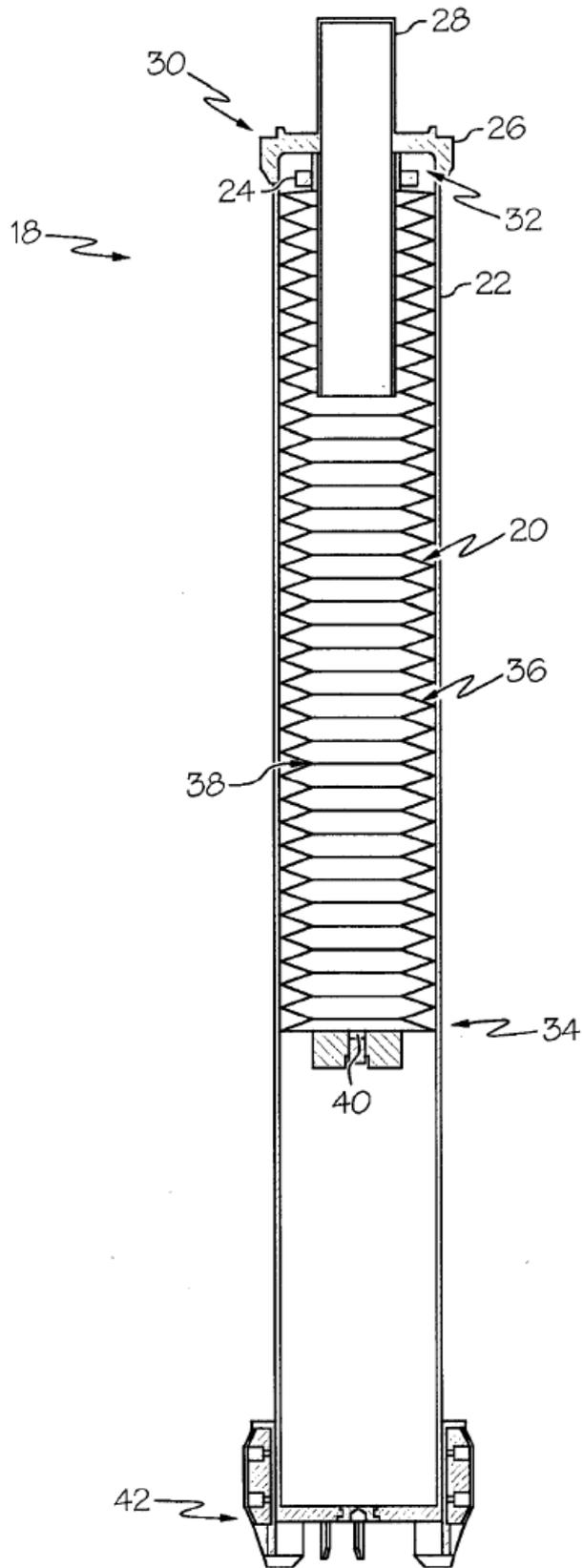


FIG. 2A

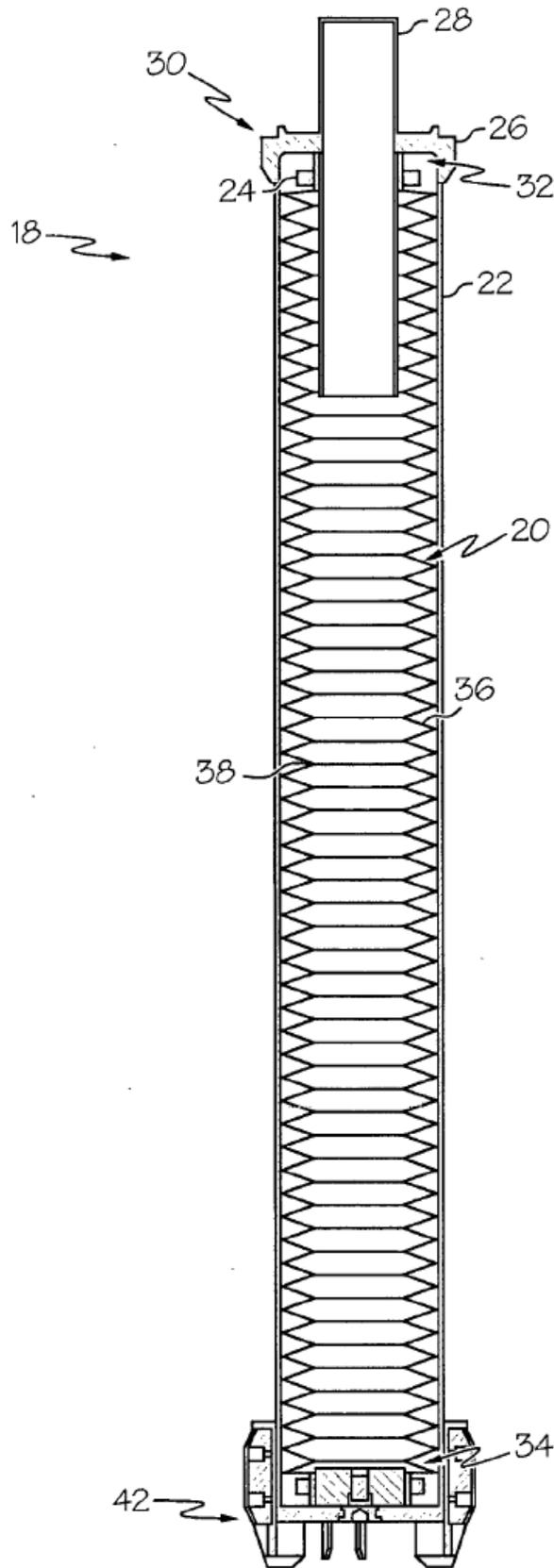


FIG. 2B

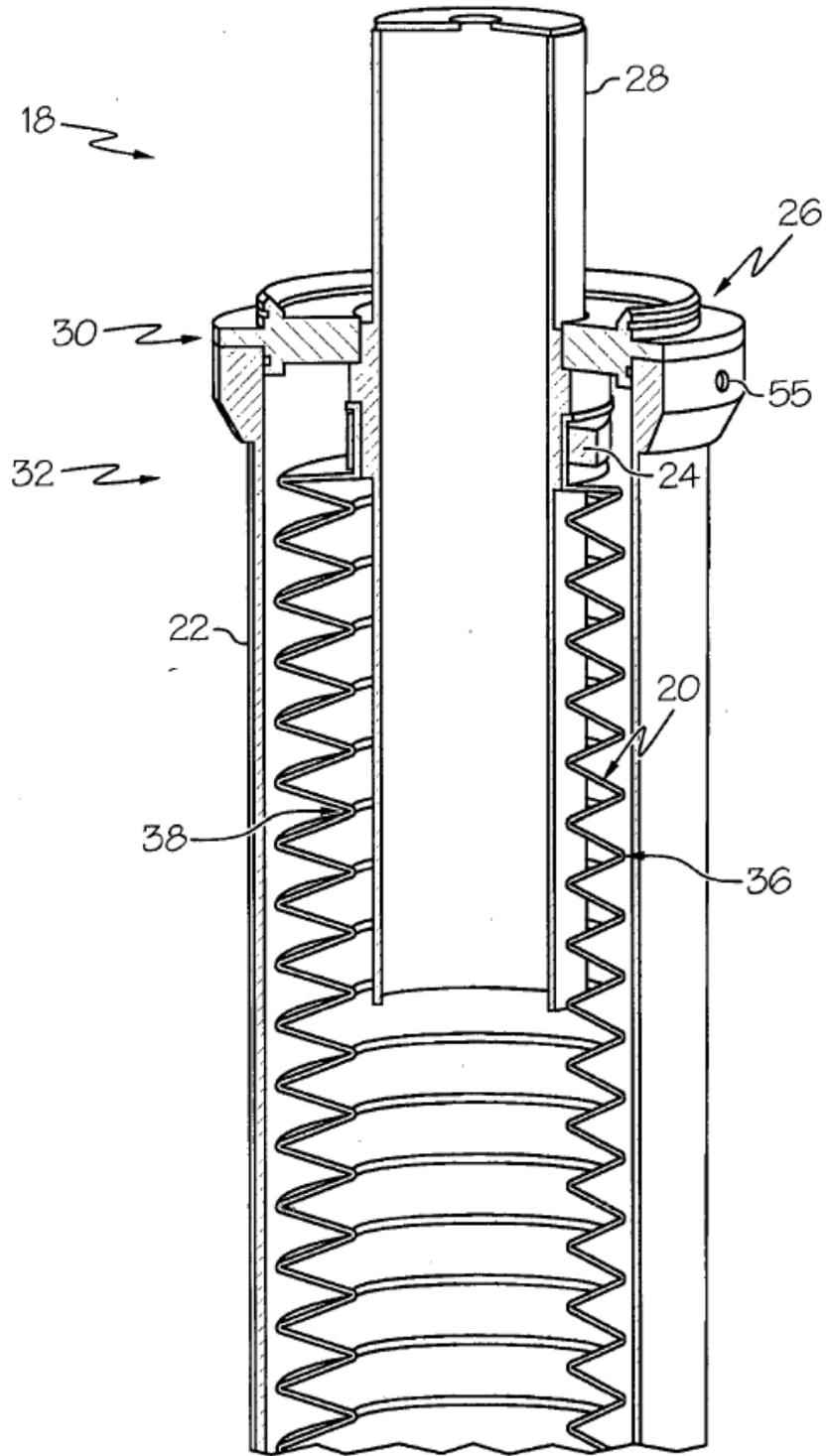


FIG. 3

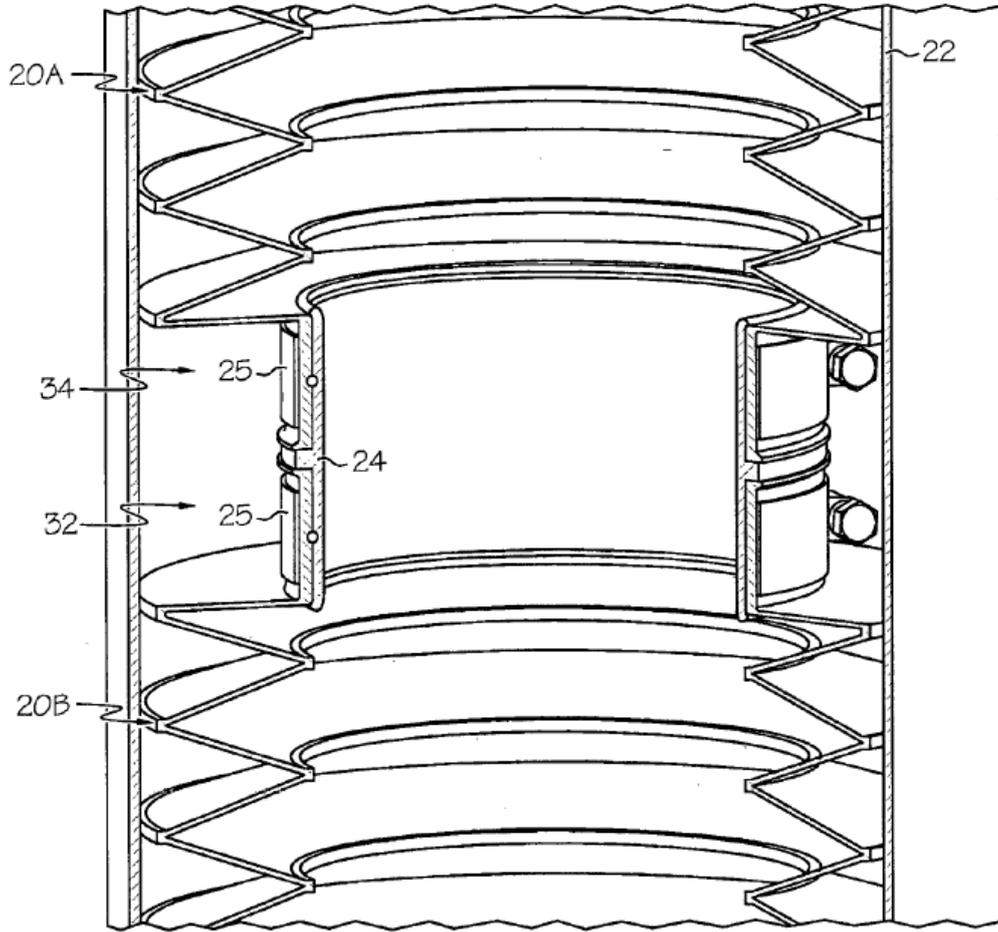


FIG. 4

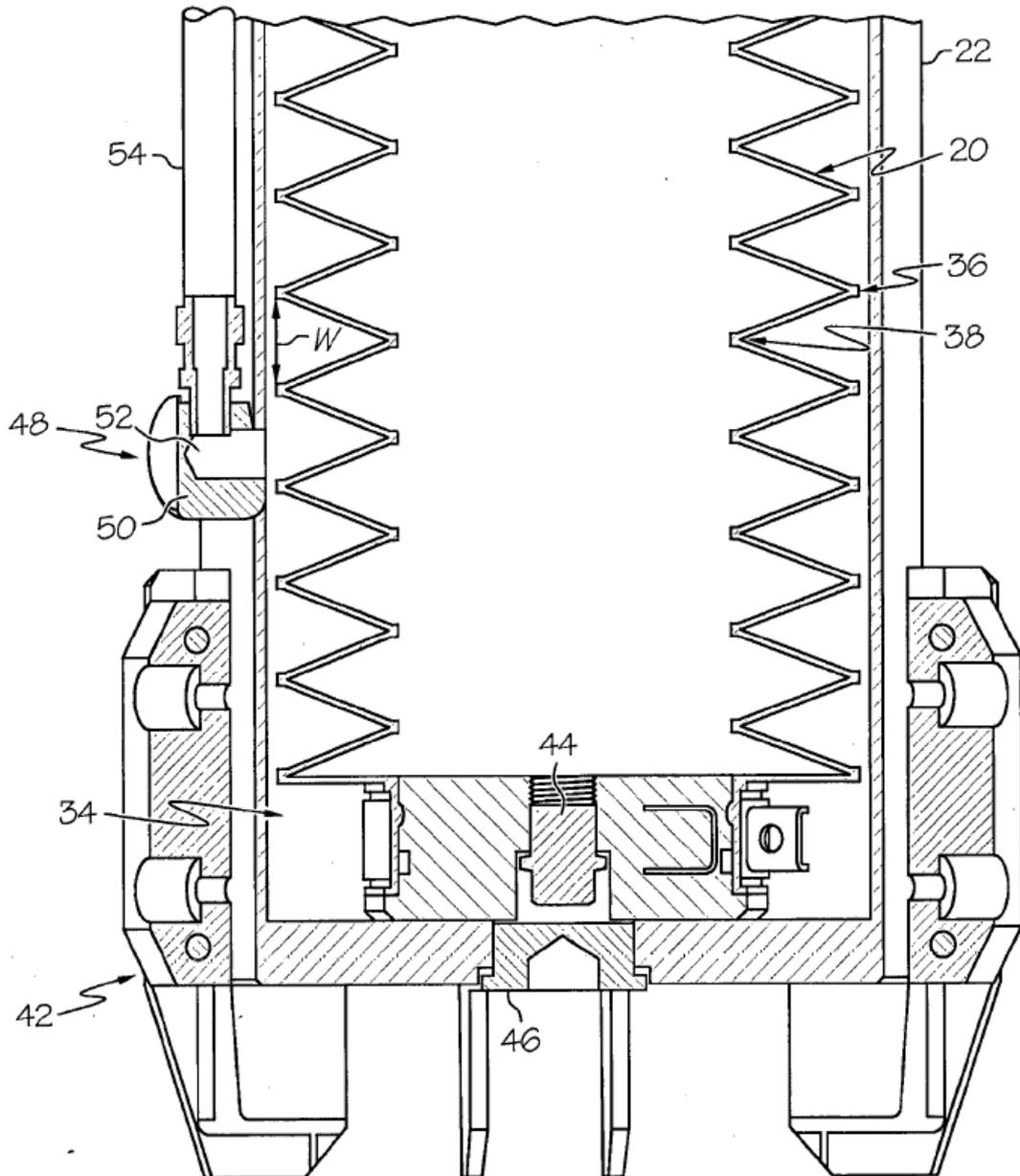


FIG. 5

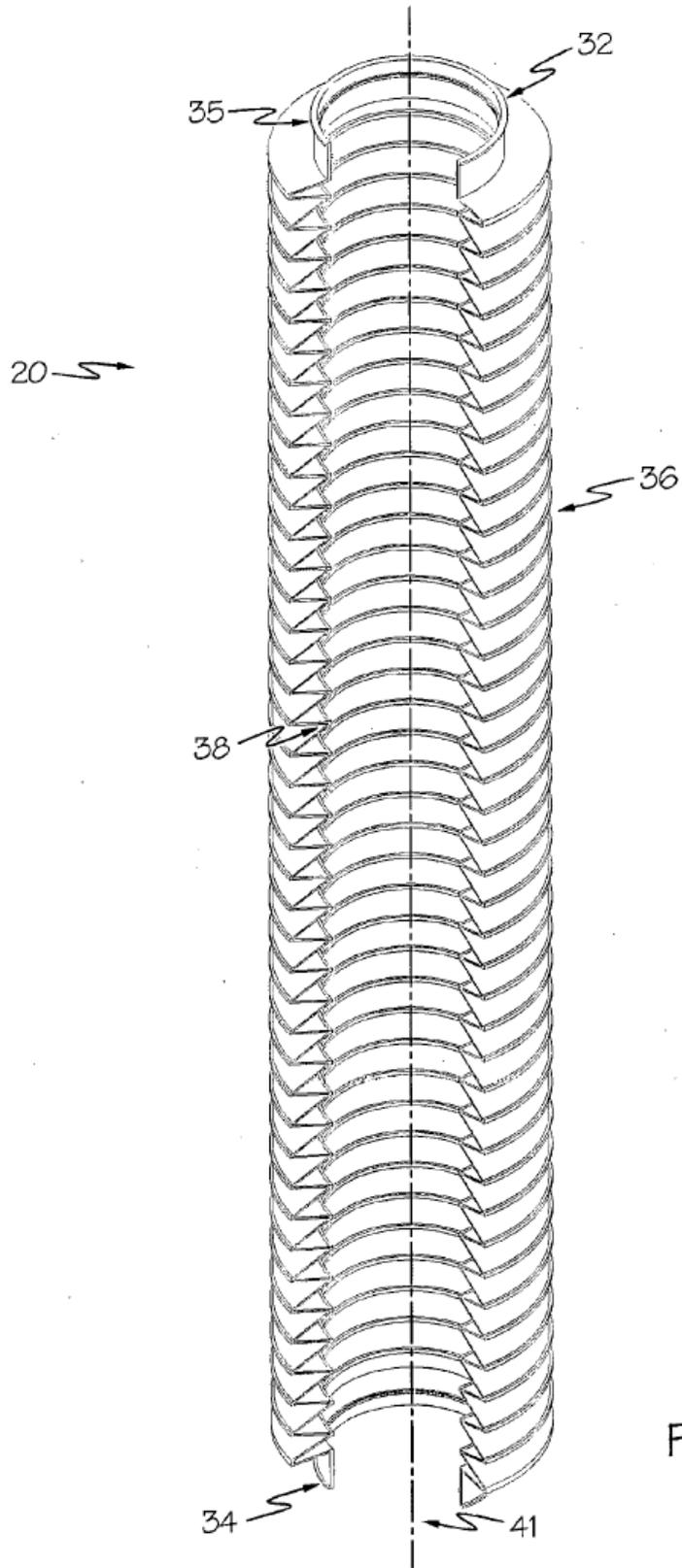


FIG. 6

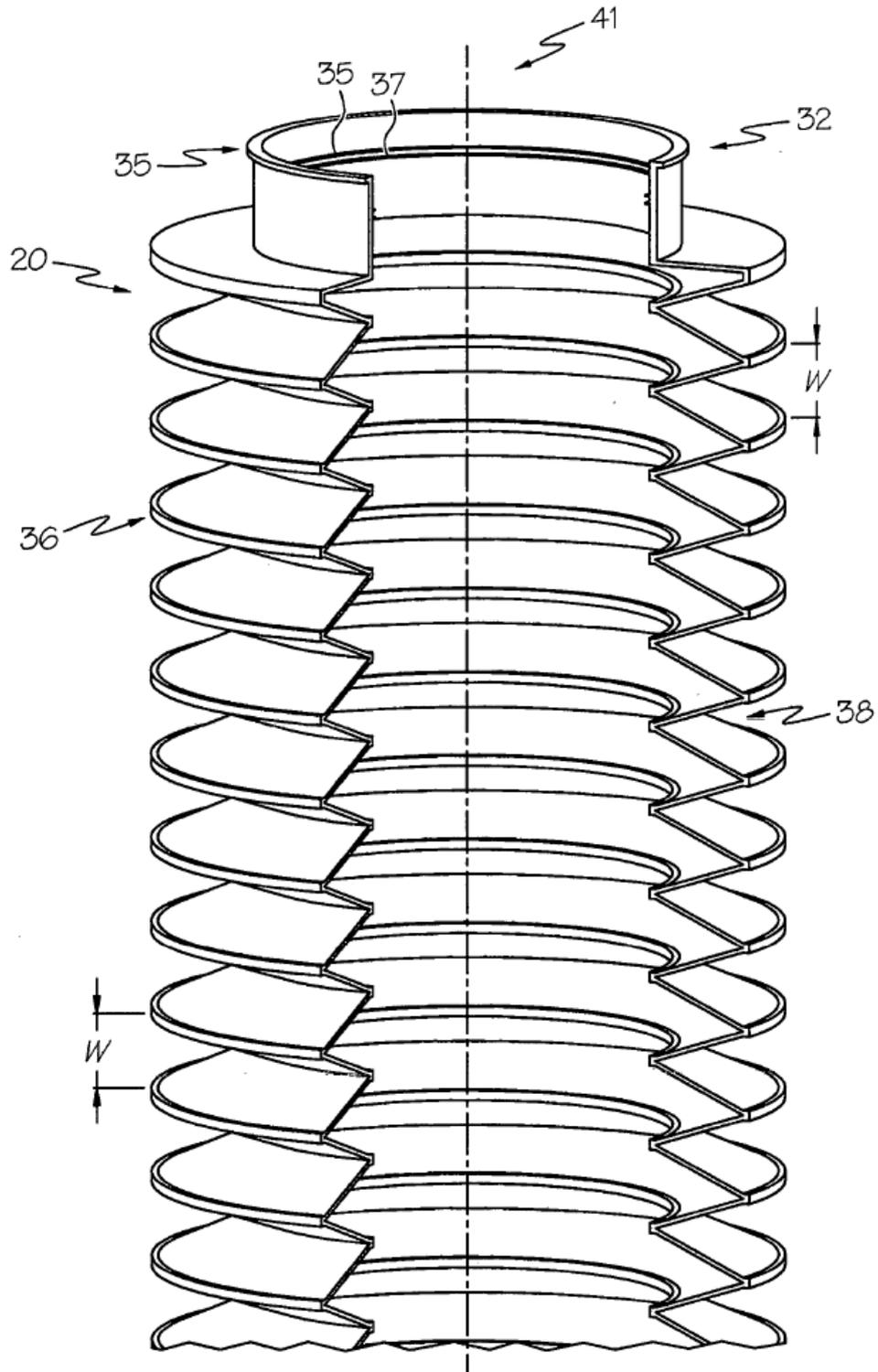


FIG. 7