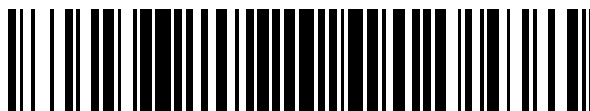


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 623 911**

51 Int. Cl.:

E21B 7/06 (2006.01)

E21B 17/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.09.2011 PCT/CA2011/001006**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.03.2012 WO12031353**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.09.2011 E 11822954 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.03.2017 EP 2614209**

54 Título: **Aparato de perforación rotativo para fondo de pozo con miembros de interfaz de formación y sistema de control**

30 Prioridad:

04.11.2010 US 410099 P
09.09.2010 US 381243 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.07.2017

73 Titular/es:

NATIONAL OILWELL VARCO, L.P. (100.0%)
7909 Parkwood Circle Drive
Houston, TX 77036, US

72 Inventor/es:

CLAUSEN, JEFFERY y
PRILL, JONATHAN RYAN

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 623 911 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

Aparato de perforación rotativo para fondo de pozo con miembros de interfaz de formación y sistema de control

La presente descripción se refiere en general a sistemas y aparatos para la perforación direccional de pozos, particularmente para pozos de petróleo y de gas.

5 Los sistemas rotativos direccionales (RSS) usados actualmente en la perforación de pozos de petróleo y de gas en formaciones de subsuelo usan comúnmente herramientas que operan por encima de la barrena de perforación como herramientas completamente independientes controladas desde la superficie. Estas herramientas se usan para dirigir la sarta de perforación en una dirección deseada lejos de una orientación vertical u otra orientación de pozo deseada, tal como por medio de paneles de dirección o miembros de reacción que ejercen fuerzas laterales contra la pared del pozo para desviar la barrena de perforación con relación a la línea central del pozo. La mayoría de estos sistemas convencionales son complejos y costosos, y tienen tiempos de ejecución limitados debido a limitaciones de batería y limitaciones electrónicas. También requieren que la totalidad de la herramienta sea transportada desde el sitio del pozo a una instalación de reparación y de mantenimiento cuando las partes de la herramienta se rompen. La mayoría de los diseños usados actualmente requieren grandes caídas de presión a través de la herramienta para que las herramientas trabajen de manera adecuada. En la actualidad, no hay ninguna interfaz fácilmente separable entre los sistemas de control RSS y los miembros de reacción de formación-interfaz que permita el control direccional directamente en la barrena de perforación.

20 Hay dos categorías principales de sistemas de perforación rotativos direccionales usados para la perforación direccional. En los sistemas de perforación de tipo "point-the-bit" ("apuntado de barrena de perforación"), la orientación de la barrena de perforación es variada con relación a la línea central de la sarta de perforación para conseguir una desviación deseada en el pozo. En los sistemas de "push-the-bit" ("de tipo "push-the-bit"), se aplica una fuerza lateral o lateral a la sarta de perforación (típicamente en un punto varios metros por encima de la barrena de perforación), desviando de esta manera la barrena de perforación lejos del eje local del pozo para lograr una desviación deseada.

25 Los sistemas rotativos direccionales (RSS) usados actualmente para la perforación direccional se centran en herramientas que se encuentran por encima de la barrena de perforación y o bien empujan la barrena de perforación con una fuerza constante varios metros por encima de la barrena de perforación, o bien apuntan la barrena de perforación para dirigirla en una dirección deseada. Los sistemas de tipo "push-the-bit" son más simples y más robustos, pero tienen limitaciones debidas a que la fuerza lateral aplicada está a varios metros de la barrena de perforación, requiriendo de esta manera la aplicación de fuerzas comparativamente más grandes para desviar la barrena de perforación. Por razones de física básica, la fuerza lateral necesaria para inducir una desviación de barrena de perforación determinada (y, por lo tanto, un cambio determinado en la dirección de la barrena de perforación) aumentará a medida que aumenta la distancia entre la fuerza lateral y la barrena de perforación.

30 Los ejemplos de los sistemas RSS de la técnica anterior pueden encontrarse en las patentes US N° 4.690.229 (Raney); 5.265.682 (Russell et al.); 5.513.713 (Groves); 5.520.255 (Barr et al.); 5.553.678 (Barr et al.); 5.582.260 (Murer et al.); 5.706.905 (Barr); 5.778.992 (Fuller); 5.803.185 (Barr et al.); 5.971.085 (Colebrook); 6.279.670 (Eddison et al.); 6.439.318 (Eddison et al.); 7.413.413.034 (Kirkhope et al.); 7.287.605 (Van Steenwyk et al.); 7.306.060 (Krueger et al.); 7.810.585 (Downton); y 7.931.098 (Aronstam et al.), y en la solicitud internacional N° PCT/US2008/068100 (Downton), publicada como publicación internacional N° WO2009/002996 A1.

40 Los diseños RSS usados actualmente requieren típicamente grandes caídas de presión a través de la barrena de perforación, limitando de esta manera las capacidades hidráulicas en un pozo determinado debido a unos mayores requisitos de potencia de bombeo para hacer circular el fluido de perforación a través del aparato. Los sistemas de tipo "point-the-bit" pueden ofrecer ventajas de rendimiento sobre los sistemas de tipo "push-the-bit", pero requieren diseños de barrena de perforación complejos y costosos; además, pueden ser propensos a problemas de estabilidad de la barrena de perforación en el pozo, haciéndolos menos consistentes y más difíciles de controlar, especialmente cuando se perfora a través de formaciones blandas.

45 Un sistema de tipo "push-the-bit" requiere típicamente el uso de un filtro subterráneo que se extiende por encima de la herramienta para mantener los escombros fuera de las áreas críticas del aparato. Si se permitiera la entrada de escombros de gran tamaño (por ejemplo rocas) o de grandes cantidades de material de circulación perdido (por ejemplo, fluido de perforación) en las disposiciones de válvula en los diseños de herramienta de tipo "push-the-bit" actuales, el resultado sería típicamente un fallo de las válvulas. Sin embargo, los filtros subterráneos también son propensos a los problemas; si el material de circulación perdido o las rocas entran y atascan un filtro subterráneo, puede ser necesario retirar (o "dejar caer") la sarta de perforación y la barrena de perforación del pozo para limpiar el filtro.

50 Debido a las razones anteriores, existe una necesidad de sistemas y aparatos de perforación rotativos direccionales de tipo "push-the-bit" que puedan desviar la barrena de perforación en un grado deseado aplicando fuerzas laterales inferiores a la sarta de perforación que en los sistemas de tipo "push-the-bit" convencionales, produciendo una menor

caída de presión a lo largo de la herramienta de la que se produce usando los sistemas conocidos. Existe también una necesidad de sistemas y aparatos de perforación rotativos direccionales de tipo "push-the-bit" que puedan operar de manera fiable sin necesidad de ser usado en conjunción con los filtros subterráneos.

5 Los diseños RSS de tipo "push-the-bit" actualmente en uso incorporan típicamente un sistema o aparato de control RSS para controlar la operación de la herramienta RSS. Por lo tanto, es necesario desconectar todo el aparato RSS de la sarta de perforación y reemplazarlo con uno nuevo siempre que se desee cambiar los tamaños de la barrena de perforación. Esto resulta en mayores costos y pérdida de tiempo asociados con los cambios de barrena de perforación. Por consiguiente, existe también una necesidad de diseños RSS en los que el aparato de control RSS sea fácilmente separable del mecanismo de direccionamiento y pueda ser usado con múltiples tamaños de barrena de perforación.

10 Existe una necesidad adicional de sistemas y aparatos RSS de tipo "push-the-bit" que pueden ser operados selectivamente en un primer modo para perforación direccional, o un segundo modo en el que el mecanismo de direccionamiento es desactivado para la realización de una perforación recta y no desviada. Dicha capacidad de selección de modo operativo incrementará la vida útil del aparato, así como el tiempo entre los cambios de herramienta en el campo. Además, existe la necesidad de dichos sistemas y aparatos que usen un diseño modular que pueda ser puesto en práctica en el campo, permitiendo que el sistema de control y los componentes del sistema de empuje sean cambiados en el campo, proporcionando de esta manera mayor fiabilidad y flexibilidad al operador de campo, y a un menor costo.

15 El documento EP-A-0728907 describe un aparato de perforación rotativo orientable que tiene un eje longitudinal, que comprende un conjunto de control dispuesto dentro de una carcasa que tiene un extremo inferior; una sección de direccionamiento que tiene un canal central, un extremo superior acoplado al extremo inferior de la carcasa, y un extremo inferior, y una pluralidad de canales de fluido separados circunferencialmente dispuestos alrededor del canal central, en el que cada canal de fluido se extiende axialmente desde el extremo superior; una pluralidad de pistones radialmente extensibles alojados en la sección de direccionamiento; en el que el canal central se extiende axialmente desde el extremo superior de la sección de direccionamiento y está configurado para que fluya fluido de perforación a través de la sección de direccionamiento; en el que cada uno de los canales de fluido se extiende desde el extremo superior de la sección de direccionamiento a uno de los pistones y en el que cada pistón está configurado para moverse radialmente hacia fuera en respuesta al fluido de perforación suministrado por el correspondiente canal de fluido; y un conjunto de dosificación de fluido configurado para medir selectivamente el flujo de fluido de perforación a uno o más de los canales de fluido en la sección de direccionamiento.

20 Un aspecto de la presente invención proporciona un aparato de perforación rotativo orientable tal como se ha descrito anteriormente, caracterizado por que el conjunto de dosificación de fluido comprende un casquillo inferior acoplado al extremo superior de la sección de direccionamiento, en el que el casquillo inferior tiene un orificio central y una pluralidad de entradas de fluido separadas circunferencialmente dispuestas alrededor del orificio central, en el que el orificio central del casquillo inferior está en comunicación de fluido con el canal central de la sección de direccionamiento; y un casquillo superior acoplado al conjunto de control y dispuesto de manera rotativa dentro del orificio central del casquillo inferior, en el que el casquillo superior incluye un orificio central y una abertura de dosificación de fluido; en el que el conjunto de control está configurado para hacer girar el casquillo superior con respecto al casquillo inferior para colocar la abertura de dosificación de fluido del casquillo superior en comunicación de fluido con cada entrada de fluido del casquillo inferior en secuencia.

30 Otro aspecto de la presente invención proporciona un procedimiento para perforar un pozo de perforación con una barrena de perforación que tiene una estructura de corte, en el que el procedimiento comprende (a) hacer fluir fluido de perforación a través de una carcasa a un conjunto de dosificación de fluido, un casquillo superior rotativo con relación al casquillo inferior, en el que el conjunto de dosificación de fluido incluye un casquillo inferior y un casquillo superior giratorio con relación al casquillo inferior, en el que el casquillo inferior incluye un orificio central y una pluralidad de entradas de fluido y el casquillo superior incluye un orificio central y una abertura de dosificación de fluido; en el que el casquillo superior está dispuesto de manera giratoria dentro del orificio central del casquillo inferior; (b) hacer fluir fluido de perforación a través del orificio central del casquillo superior y el orificio central del casquillo inferior a un canal central de una sección de direccionamiento acoplada a un extremo inferior de la carcasa; (c) desviar una primera parte del fluido de perforación que fluye a través de la abertura de dosificación de fluido del casquillo superior y una primera de las entradas de fluido del casquillo inferior a un primer canal de fluido de la sección de direccionamiento durante (b); (d) hacer fluir la primera parte de fluido de perforación a través del primero de entre una pluralidad de canales de fluido separados circunferencialmente a un primer pistón alojado en la sección de direccionamiento, en el que la pluralidad de canales de fluido se extienden axialmente desde un extremo superior de la sección de direccionamiento y están dispuestos alrededor del canal central; y (e) mover el primer pistón radialmente hacia fuera desde la sección de direccionamiento durante (d).

45 En términos generales, la presente descripción enseña realizaciones de aparatos de perforación rotativos direccionales de tipo "push-the-bit" (denominados de manera alternativa, herramientas RSS) compuestos de una barrena de perforación que tiene una estructura de corte, un mecanismo de empuje (o "sección de direccionamiento") para desviar lateralmente la estructura de corte mediante la aplicación de una fuerza lateral a la barrena de perforación, y un conjunto de control para

accionar el mecanismo de empuje de barrena de perforación. Tal como se usa en la presente memoria descriptiva de patente, debe entenderse que la expresión "barrena de perforación" incluye tanto la estructura de corte como la sección de direccionamiento, en el que la estructura de corte está conectada al extremo inferior de la sección de direccionamiento. La estructura de corte puede estar conectada de manera permanente o puede ser integral a la sección de direccionamiento, o puede ser desmontable de la sección de direccionamiento.

La sección de direccionamiento de la barrena de perforación aloja uno o más pistones, cada uno de los cuales tiene una carrera radial. Típicamente, los pistones están separados uniformemente (pero no necesariamente) alrededor de la circunferencia de la barrena, y adaptados para la extensión radialmente hacia afuera desde el cuerpo principal de la sección de direccionamiento. En algunas realizaciones, los pistones están adaptados para el contacto directo con la pared de un pozo perforado en una formación de subsuelo. En otras realizaciones, puede proporcionarse un miembro de reacción (denominado, de manera alternativa, almohadilla de reacción) para cada pistón, con las superficies exteriores de los miembros de reacción dispuestas en un patrón circular que corresponde generalmente al diámetro (es decir, el calibre) del pozo y la estructura de corte de la barrena de perforación. Cada miembro de reacción está montado a la sección de direccionamiento para extenderse sobre al menos una parte de la cara exterior del pistón asociado, de manera que cuando un pistón determinado se extiende, reacciona contra la superficie interior de su miembro de reacción. A su vez, la superficie externa del miembro de reacción reacciona contra la pared del pozo, de manera que la fuerza lateral inducida por la extensión del pistón empujará o desviará la estructura de corte de la barrena de perforación en una dirección que se aleja del pistón extendido, hacia el lado opuesto del pozo. Los miembros de reacción están montados a la sección de direccionamiento de una manera no rígida o resistente para ser desviable hacia el exterior con relación a la sección de direccionamiento, para inducir el desplazamiento lateral de la estructura de corte con relación al pozo cuando un pistón determinado es accionado. Los pistones pueden ser empujados hacia las posiciones retraídas dentro de la sección de direccionamiento, tal como mediante muelles de empuje.

La sección de direccionamiento está formada por uno o más canales de fluido, correspondientes en número al número de pistones, y cada uno se extiende entre el extremo radialmente hacia el interior de un pistón correspondiente a una entrada de fluido en el extremo superior de la sección de direccionamiento, de manera que un fluido que acciona el pistón (tal como lodo de perforación) pueda entrar a cualquier canal de fluido determinado para accionar el pistón correspondiente. Los canales de fluido continúan típicamente hacia abajo más allá de los pistones para permitir que el fluido salga al pozo a través de los chorros terminales de la barrena.

El conjunto de control de la herramienta RSS está dispuesto dentro de una carcasa, cuyo extremo inferior conecta con el extremo más alto de la sección de direccionamiento. El fluido que acciona el pistón, tal como lodo de perforación, fluye hacia abajo a través de la carcasa y alrededor de la sección de direccionamiento. El extremo inferior del conjunto de control se acopla a y acciona un conjunto de dosificación de fluido para dirigir el fluido de accionamiento de pistón a uno (o más) de los pistones a través de los canales de fluido correspondientes en la sección de direccionamiento.

En una de las realizaciones de la herramienta RSS, el conjunto de dosificación de fluido incluye generalmente un miembro casquillo superior cilíndrico que tiene una brida superior y una ranura o apertura de dosificación de fluido en el casquillo debajo de la brida. El conjunto de dosificación de fluido incluye también un casquillo inferior que tiene un orificio central y que define el número de entradas de fluido requerido, en el que cada entrada de fluido se abre al orificio central a través de un rebaje asociado en una región superior del casquillo inferior. El casquillo inferior está montado a o es integral con el extremo superior de la sección de direccionamiento. El casquillo superior puede ser dispuesto dentro del orificio del casquillo inferior, con la ranura en el casquillo superior generalmente a la misma altura que los rebajes en el casquillo inferior. El conjunto de control está adaptado para acoplar y girar el casquillo superior dentro del casquillo inferior, de manera que ese fluido de accionamiento de pistón fluirá desde la carcasa al casquillo superior y, a continuación, será dirigido a través de la ranura en el casquillo superior a un rebaje con el cual está alineada la ranura, y desde allí a la entrada de fluido correspondiente y hacia abajo dentro del canal del fluido correspondiente en la sección de direccionamiento para accionar (es decir para extender radialmente) el pistón correspondiente.

La carcasa y la barrena de perforación girarán con la sarta de perforación, pero el conjunto de control está adaptado para controlar la rotación del casquillo superior con relación a la carcasa. Para usar el aparato para desviar un pozo en una dirección específica, el conjunto de control controla la rotación del casquillo superior para mantenerlo en una orientación angular deseada con relación al pozo, independientemente de la rotación de la sarta de perforación. En este modo operativo, la ranura de dosificación de fluido en el casquillo superior permanecerá orientada en una dirección seleccionada con relación a la tierra; es decir, opuesta a la dirección en la que se desea desviar el pozo. A medida que el casquillo inferior gira debajo de y con relación al casquillo superior, el fluido de accionamiento de pistón será dirigido secuencialmente a cada una de las entradas de fluido, accionando de esta manera cada pistón para ejercer una fuerza contra la pared del pozo, y empujando y desviando de esta manera la estructura de corte de la barrena de perforación en la dirección opuesta con relación al pozo. Con cada alineación momentánea de la ranura de dosificación de fluido del casquillo superior con una de las entradas de fluido, el fluido fluirá al interior de esa entrada de fluido y accionará el pistón correspondiente para desviar la estructura de corte en la dirección lateral deseada (es decir hacia el lado del pozo opuesto al pistón accionado). Por consiguiente, con cada rotación de la sarta de perforación, la estructura de corte será sometida a

un número de empujes momentáneos correspondientes al número de entradas de fluido y pistones.

5 En una variante de realización, los casquillos superior e inferior están adaptados y proporcionados de manera que el casquillo superior sea desplazable axialmente con relación al casquillo inferior, desde una posición superior que permite que el fluido fluya a todas las entradas de fluido simultáneamente, a una posición intermedia que permite que el fluido fluya a sólo una entrada de fluido a la vez y a una posición inferior que previene el flujo de fluido a cualquiera de las entradas de fluido (en cuyo caso todo el fluido simplemente continúa fluyendo hacia abajo a la estructura de corte a través de un orificio o canal central en la sección de direccionamiento).

10 En otra realización de la herramienta RSS, el conjunto de dosificación de fluido comprende una placa superior que puede girar coaxialmente (por medio del conjunto de control) por encima de una placa inferior fija incorporada en el extremo superior de la sección de direccionamiento, en el que la placa inferior fija define el número requerido de entradas de fluido, que están dispuestas en un patrón circular concéntrico con el eje longitudinal (es decir, la línea central) de la sección de direccionamiento, y alineadas con los canales de fluido correspondientes en la sección de direccionamiento. Preferiblemente, las placas superior e inferior están realizadas en carburo de tungsteno u otro material resistente al desgaste. La placa superior tiene una única abertura de dosificación de fluido que se extiende a través de la misma, desplazada una distancia radial que corresponde generalmente al radio de las entradas de fluido en la placa inferior fija. A medida que la carcasa de la herramienta y la barrena de perforación giran con la sarta de perforación, el conjunto de control controla la rotación de la placa superior para mantenerla en una orientación angular deseada con relación al pozo, independientemente de la rotación de la sarta de perforación.

20 La placa superior giratoria se encuentra inmediatamente por encima y paralela a la placa inferior fija, de manera que cuando la abertura de dosificación de fluido en la placa superior está alineada con una entrada determinada de entre las entradas de fluido en la placa inferior fija, el fluido de accionamiento de pistón puede fluir a través de la abertura de dosificación de fluido en la placa superior y la entrada de fluido alineada en la placa inferior fija, y al canal de fluido correspondiente en la sección de direccionamiento. Este flujo de fluido causará que el pistón correspondiente se extienda radialmente hacia fuera desde la sección de direccionamiento, de manera que reaccione contra su miembro de reacción (o reaccione directamente contra el pozo), empujando y desviando de esta manera la estructura de corte de la barrena de perforación en la dirección opuesta.

25 Preferiblemente, la sección de direccionamiento de la barrena de perforación puede ser desmontada del conjunto de control (tal como por medio de una conexión roscada de tipo "pin-and-box" convencional), con la placa superior giratoria incorporada en el conjunto de control. Esto facilita el montaje en campo de los componentes para completar la herramienta RSS en el sitio de la plataforma de perforación y facilita cambios rápidos de barrena de perforación en el sitio de la plataforma, bien para usar una estructura de corte diferente o bien realizar un mantenimiento de la sección de direccionamiento, sin tener que retirar el conjunto de control de la sarta de perforación.

30 Para empujar la estructura de corte en una dirección deseada con relación al pozo, el conjunto de control se configura para mantener la abertura de dosificación de fluido orientada en la dirección opuesta a la dirección de empuje deseada (es decir, dirección de deflexión). La barrena de perforación se hace girar dentro del pozo, mientras que la placa superior no gira con relación al pozo. Con cada rotación de la barrena de perforación, la abertura de dosificación de fluido en la placa superior pasará sobre y se alineará momentáneamente con cada una de las entradas de fluido en la placa inferior fija. Por consiguiente, cuando se introduce un fluido de accionamiento en el interior de la carcasa de herramienta por encima de la placa superior, el fluido fluirá a cada canal de fluido por turnos o sucesivamente durante cada rotación de la sarta de perforación.

35 Con cada alineación momentánea de la abertura de dosificación de fluido de la placa superior con una de las entradas de fluido, fluirá fluido a esa entrada de fluido y accionará el pistón correspondiente para empujar (es decir, desviar) la estructura de corte en la dirección lateral deseada (es decir, hacia el lado del pozo opuesto al pistón accionado). Por consiguiente, con cada rotación de la sarta de perforación, la estructura de corte será sometida a una serie de empujes momentáneos correspondientes al número de entradas de fluido y pistones.

40 Por medio del conjunto de control, la dirección en la que es empujada la estructura de corte puede ser cambiada girando la placa superior para proporcionar a la misma una orientación fija diferente con relación al pozo. Sin embargo, si se desea usar la herramienta para una perforación recta (es decir, no desviada), la herramienta puede ser colocada en un modo de perforación recta (tal como se describirá más adelante en la presente memoria).

45 Al aplicarse una fuerza lateral directamente en la barrena de perforación, cerca de la estructura de corte, en lugar de a una distancia sustancial por encima de la barrena de perforación, como en los sistemas de tipo "push-the-bit" convencionales, se mejora la capacidad de direccionamiento de la barrena de perforación y se reduce la fuerza necesaria para empujar la barrena de perforación. Las fuerzas laterales inferiores en la barrena de perforación, con una barrena que se mantiene en línea con el resto de la sarta de perforación estabilizada posterior, aumenta también la estabilidad y la repetibilidad en formaciones blandas. El término "repetibilidad", tal como se usa en la presente memoria descriptiva de patente, se entiende en la industria de perforación direccional como la capacidad de conseguir repetidamente un radio de curvatura

consistente (o "velocidad de construcción") para la trayectoria de un pozo en una formación de subsuelo determinada, independiente de la resistencia de la formación. Cuanto mayor sea la magnitud de la fuerza aplicada contra la pared de un pozo por un pistón en un sistema de perforación de tipo "push-the-bit", mayor será la tendencia del pistón a cortar en formaciones más blandas y reducir la curvatura de la trayectoria del pozo (en comparación con el efecto de fuerzas similares en formaciones más duras). Por consiguiente, esta tendencia en las formaciones más blandas se reducirá en virtud de las fuerzas de pistón inferiores requeridas para una eficacia igual cuando se usan los sistemas de tipo "push-the-bit" según la presente descripción.

Los sistemas y aparatos de perforación rotativos direccionales de tipo "push-the-bit" según la presente descripción pueden ser de diseño modular, de manera que cualquiera de los diversos componentes (por ejemplo, pistones, miembros de reacción, conjunto de control y componentes del conjunto de control) pueda ser cambiado en campo durante los cambios de barrena. Tal como se ha indicado anteriormente, otra característica ventajosa del aparato es que la placa superior giratoria (o casquillo) del conjunto de dosificación de fluido puede ser desactivado de manera que la herramienta perforará en línea recta cuando no se requiera una desviación del pozo, favoreciendo una mayor vida útil de la batería (por ejemplo, para componentes del conjunto de control alimentados por batería) y extendiendo de esta manera el periodo de tiempo durante el cual la herramienta puede operar sin realizar un cambio de baterías.

El conjunto de control para el aparato de perforación rotativo direccional según la presente descripción puede ser de cualquier tipo funcionalmente adecuado. A modo de ejemplo no limitativo, el conjunto de control podría ser similar o adaptado a partir de un conjunto de control accionado por fluido del tipo según el sistema de perforación vertical descrito en la solicitud internacional N° PCT/US2009/040983 (publicada como publicación internacional N° WO 2009/151786). En otras realizaciones, el conjunto de control podría girar la placa o casquillo superior giratorio usando, por ejemplo, un motor eléctrico o turbinas opuestas.

A continuación, se describirán realizaciones según la presente descripción con referencia a las figuras adjuntas, en las que referencias numéricas designan partes similares, y en las que:

La Figura 1 es una vista isométrica de una primera realización de un aparato de perforación rotatorio según la presente descripción, con pistones deflectores de barrena adaptados para el contacto directo con la pared de un pozo.

La Figura 2 es una sección transversal longitudinal a través de una primera variante del aparato de perforación rotatorio de la Fig. 1, en el que el conjunto de dosificación de fluido comprende un casquillo superior giratorio y un casquillo inferior fijo.

La Figura 2A es un detalle ampliado del conjunto de dosificación de fluido en la Fig. 2.

Las Figuras 3A, 3B y 3C son vistas isométricas, en sección transversal y laterales, respectivamente, del casquillo superior giratorio del aparato de la Fig. 2.

Las Figuras 4A, 4B y 4C son vistas isométricas, transversales y laterales, respectivamente, del casquillo inferior fijo del aparato de la Fig. 2.

La Figura 5 es una sección transversal a través del aparato de la Fig. 2, que muestra la ranura de dosificación de fluido en el casquillo superior giratorio alineada con una entrada de fluido en el casquillo inferior fijo para permitir el flujo de fluido al correspondiente canal de fluido en la barrena de perforación y muestra el pistón correspondiente extendido.

La Figura 6 es una sección longitudinal parcial isométrica a través de una región medial del aparato de la Fig. 2, que muestra el casquillo superior giratorio, el casquillo inferior fijo con entradas de fluido y los canales de fluido en la sección de direccionamiento.

La Figura 7 es una vista inferior del aparato de la Fig. 2, que muestra la barrena de perforación y las carcasas de pistón, con un pistón deflector de barrena extendido.

La Figura 8A es una sección transversal a través de una variante del conjunto de casquillo mostrado en las Figs. 2-6, con el casquillo superior giratorio en una posición superior en la que el fluido de accionamiento de pistón fluye al interior de todos los canales de fluido.

La Figura 8B es una sección transversal a través del conjunto de casquillo de la Fig. 8A, que ilustra el flujo del fluido de accionamiento de pistón al interior de todas las entradas de fluido.

La Figura 9A es una sección transversal a través de la variante del conjunto de casquillo de la Fig. 8A, con el casquillo superior giratorio en una posición intermedia en la que el fluido de accionamiento de pistón fluye sólo a una entrada de fluido.

La Figura 9B es una sección transversal a través del conjunto de casquillo de la Fig. 9A, que ilustra el flujo de fluido de

accionamiento de pistón a la entrada de fluido alineada con la ranura en el casquillo superior giratorio.

La Figura 10A es una sección transversal a través de la variante del conjunto de casquillo de la Fig. 8A, con el casquillo superior giratorio en una posición inferior en la que el fluido de accionamiento no puede fluir a ninguna de las entradas de fluido.

- 5 La Figura 10B es una sección transversal a través del conjunto de casquillo de la Fig. 10A, que ilustra el flujo de fluido a las entradas de fluido bloqueado.

La Figura 11 es una sección transversal longitudinal similar a la Fig. 2, que muestra el aparato de perforación rotatorio en funcionamiento dentro de un pozo, con un pistón extendido radialmente y ejerciendo una fuerza de deflexión de barrena contra un lado del pozo.

- 10 La Figura 12 es una sección transversal longitudinal a través de una segunda realización del aparato de perforación rotatorio en la Fig. 1, con un miembro de reacción montado elásticamente asociado con cada pistón, y en el que el conjunto de dosificación de fluido comprende una placa superior giratoria y una placa inferior fija.

La Figura 12A es una vista en planta de la placa superior giratoria del conjunto de dosificación de fluido en la Fig. 12.

La Figura 12B es una vista en planta de la placa inferior fija del conjunto de dosificación de fluido en la Fig. 12.

- 15 La Figura 13 es una sección transversal a través del aparato de la Fig. 12, que ilustra la abertura de dosificación de fluido en la placa superior giratoria alineada con una entrada de fluido a través de la placa superior fija a la barrena de perforación y que muestra el pistón de deflexión de barrena correspondiente extendido.

La Figura 14A es una vista isométrica de la sección de direccionamiento del aparato de la Fig. 12, con un miembro de reacción flexible montado en la sección de direccionamiento en asociación con cada pistón.

- 20 La Figura 14B es una vista de extremo superior del aparato de la Fig. 14A, que muestra las placas superior e inferior del conjunto de dosificación de fluido, las carcassas de pistón y los miembros de reacción flexibles montados elásticamente.

La Figura 14C es una vista lateral del aparato de la Fig. 14A, con un pistón accionado y que desvía su miembro de reacción flexible asociado.

- 25 La Figura 14D es una sección transversal longitudinal a través del aparato de la Fig. 14A, con un pistón accionado y que desvía su miembro de reacción flexible asociado.

La Figura 15A es una vista isométrica de la sección de direccionamiento del aparato de la Fig. 12, con un miembro de reacción articulado montado en la sección de direccionamiento en asociación con cada pistón.

La Figura 15B es una vista de extremo superior del aparato de la Fig. 15A, que muestra las placas superior e inferior del mecanismo de accionamiento de pistón, las carcassas de pistón y los miembros de reacción articulados.

- 30 La Figura 15C es una vista lateral del aparato de la Fig. 15A, con un pistón accionado y que desvía su miembro de reacción articulado asociado.

La Figura 15D es una sección transversal longitudinal a través del aparato de la Fig. 15A, con un pistón accionado y que desvía su miembro de reacción articulado asociado.

- 35 La Figura 16A es una vista isométrica de una variante de la sección de direccionamiento del aparato de la Fig. 12, en el que el conjunto de dosificación de fluido incorpora un conjunto de casquillo como en las Figs. 2-6.

La Figura 16B es una vista de extremo superior del aparato de la Fig. 16A, que muestra los casquillos superior e inferior del mecanismo de accionamiento de pistón, las carcassas de pistón y los miembros de reacción flexibles montados elásticamente.

- 40 La Figura 16C es una vista lateral del aparato de la Fig. 16A, con un pistón accionado y que desvía su miembro de reacción flexible asociado.

La Figura 16D es una sección transversal longitudinal a través del aparato de la Fig. 16A, con un pistón accionado y que desvía su miembro de reacción flexible asociado.

La Figura 17A es una sección transversal a través de una realización de un conjunto de pistón según la presente descripción, mostrado en una posición retraída.

- 45 La Figura 17B es una sección transversal a través del conjunto de pistón en la Fig. 17A, mostrado en una posición extendida (y con el muelle de empuje no mostrado en aras de una mayor claridad de la ilustración).

La Figura 18A es una vista lateral del conjunto de pistón en las Figs. 17A y 17B, mostrado en una posición retraída.

La Figura 18B es una vista lateral del conjunto de pistón en las Figs. 17A y 17B, mostrado en una posición extendida.

La Figura 19A es una vista isométrica del conjunto de pistón en las Figs. 17A-18B, mostrado en una posición retraída.

La Figura 19B es una vista isométrica del conjunto de pistón en las Figs. 17A-18B, mostrado en una posición extendida.

5 La Figura 20A es una vista isométrica del miembro exterior del conjunto de pistón en las Figs. 17A-19B.

La Figura 20B es una vista isométrica del miembro interior del conjunto de pistón en las Figs. 17A-19B.

La Figura 21 es una vista isométrica del muelle de empuje del conjunto de pistón en las Figs. 17A-19B.

La Figura 22 es una sección transversal a través de la sección de direccionamiento del aparato de perforación de la Fig. 2, que incorpora conjuntos de pistón según las Figs. 17A-21.

10 Las Figs. 1 y 2 ilustran (en vistas isométricas y en sección transversal, respectivamente) un aparato 100 de perforación rotativo direccional (o "herramienta RSS") según una primera realización. La herramienta 100 RSS comprende una carcasa 10 cilíndrica, que encierra un conjunto 50 de control; y una barrena 20 de perforación. Hay un espacio 12 anular formado alrededor del conjunto 50 de control dentro de la carcasa 10, de manera que el fluido de perforación que fluye a la carcasa 10 fluirá hacia abajo a través del espacio 12 anular hacia la barrena 20 de perforación. La barrena 20 de
15 perforación comprende una sección 80 de direccionamiento conectada al extremo inferior de la carcasa 10, y una estructura 90 de corte conectada al extremo inferior de la sección 80 de direccionamiento de manera que pueda girar con la misma. Preferiblemente, la sección 80 de direccionamiento está formada de o está provista con medios para facilitar la retirada de la carcasa 10, tales como ranuras 15 de rotura/interrupción de barrena. La estructura 90 de corte puede ser de cualquier tipo adecuado (por ejemplo, una barrena de perforación compacta de diamante policristalino o una barrena de perforación de tipo rodillo-cono) y una estructura 90 de corte no forma parte de las realizaciones más amplias del aparato según la presente descripción.

La sección 80 de direccionamiento tiene uno o más canales 30 de fluido que se extienden hacia abajo desde el extremo superior de la sección 80 de direccionamiento. Tal como se observa en la Fig. 2, la sección 80 de direccionamiento tiene también un canal 22 axial central para transportar el fluido de perforación a la estructura 90 de corte, donde el fluido de perforación puede salir bajo presión a través de chorros 24 (para mejorar la efectividad de la estructura 90 de corte a medida que perfora en materiales de formación de subsuelo). Cada canal 30 de fluido conduce al extremo radialmente hacia el interior de un pistón 40 correspondiente extensible radialmente hacia el exterior desde la sección 80 de direccionamiento en respuesta a la presión desde un fluido de accionamiento que fluye a presión a través del canal 30 de fluido. Típicamente, cada canal 30 de fluido se extiende más allá de su pistón 40 correspondiente a un chorro 34 de
25 barrena terminal, que permite el drenaje del fluido y la purga de la presión del fluido.

La sección 80 de direccionamiento define e incorpora una pluralidad de carcascas 28 de pistón que sobresalen hacia el exterior desde la sección 80 de direccionamiento (cuyo cuerpo principal tendrá típicamente un diámetro que coincide o casi coincide con el de la carcasa 10). Preferiblemente, el recorrido radial de cada pistón 40 está restringido por cualquier medio adecuado (indicado a modo de ejemplo en la Fig. 12 en forma de un pasador 41 transversal que pasa a través de una abertura 43 ranurada en el pistón 40 y asegurado dentro de la carcasa 28 de pistón en cada lado del pistón 40). Esta característica particular es sólo a modo de ejemplo, y las personas con conocimientos en la técnica apreciarán que pueden idearse fácilmente otros medios para restringir el recorrido del pistón sin apartarse del alcance de la presente descripción. Preferiblemente, los pistones 40 están provistos también de medios de empuje adecuados (tales como, a modo de ejemplo no limitativo, muelles de empuje) que empujan los pistones 40 hacia una posición retraída dentro de sus carcascas 28 de pistón respectivas.
35 40

En un caso típico, el fluido de accionamiento de pistón será una parte del fluido de perforación desviada desde el fluido que fluye a través del canal 22 axial a la estructura 90 de corte. Sin embargo, de manera alternativa, el fluido de accionamiento de pistón podría ser un fluido diferente de y/o procedente de una fuente diferente que el fluido de perforación que fluye a la estructura 90 de corte.

45 La herramienta 100 RSS incorpora un conjunto de dosificación de fluido que, en la realización mostrada en la Fig. 2, comprende un casquillo 110 superior que puede girar por medio de un conjunto 50 de control dentro y con relación a un casquillo 120 inferior, que a su vez está fijado a o es solidario con el extremo superior de la sección 80 de direccionamiento. Tal como se observa mejor en las Figs. 2A, 3A, 3B y 3C, el casquillo 110 superior giratorio tiene un orificio 114 que se extiende a través de una sección 116 cilíndrica que se extiende hacia abajo por debajo de una brida 112 superior anular. La sección 116 cilíndrica tiene una abertura de dosificación de fluido mostrada en la forma de una ranura 118 vertical. Tal como se observa en las Figs. 2A, 4A, 4B y 4C, el casquillo 120 inferior fijo tiene un orificio 121 y un número de entradas 122 de fluido dispuestas geoméricamente para corresponderse con los canales 30 de fluido en la sección 80 de direccionamiento. En las realizaciones ilustradas, las entradas 122 de fluido están dispuestas en un patrón
50

circular centradas alrededor de la línea CL_{RSS} central longitudinal de la herramienta 100 RSS.

Hay rebajes 124 formados en una región superior del casquillo 120 inferior para proporcionar comunicación de fluido entre cada entrada 122 de fluido y el orificio 121. Por consiguiente, y tal como se observa mejor en las Figs. 2A y 6, cuando la sección 116 cilíndrica del casquillo 110 superior está dispuesta dentro del orificio 121 del casquillo 120 inferior, con la ranura 118 de dosificación de fluido alineada con un rebaje 124 determinado en el casquillo 120 inferior, el orificio 114 del casquillo 110 superior estará en comunicación de fluido con el canal 30 de fluido correspondiente en la sección 80 de direccionamiento, a través de la ranura 118, el rebaje 124 y la entrada 122 de fluido. Tal como puede observarse en la Fig. 5, el flujo resultante de fluido de accionamiento bajo presión dentro del canal 30 de fluido correspondiente resulta en el accionamiento y la extensión radialmente hacia el exterior del pistón correspondiente (indicado en la Fig. 5 por el número de referencia 40A para indicar un pistón accionado).

El montaje y el funcionamiento del conjunto de dosificación de fluido descrito anteriormente puede entenderse adicionalmente con referencia a la Fig. 6. El conjunto 50 de control está provisto de medios de acoplamiento del conjunto de dosificación para hacer girar el casquillo 110 superior, y este podría adoptar cualquier forma funcionalmente eficaz. A modo de ejemplo no limitativo, los medios de acoplamiento del conjunto de dosificación se muestran en las Figs. 2, 2A y 6 como comprendiendo un eje 52 conectado operativamente en su extremo superior al conjunto 50 de control, y conectado en su extremo inferior a un yugo 54 cilíndrico que tiene una placa 53 extrema superior con una o más aberturas 53A de fluido. El yugo 54 cilíndrico está conectado concéntricamente en su extremo 54L inferior a la brida 112 del casquillo 110 superior, de manera que el casquillo 110 superior girará con relación al casquillo 120 inferior cuando el eje 52 es girado por el conjunto 50 de control. Un fluido 70 que fluye hacia abajo al interior del espacio 12 anular que rodea el conjunto 50 de control dentro de la carcasa 10 fluye a través de las aberturas 53A de fluido en la placa 53 extrema superior del yugo 54, al interior de la cavidad 55 cilíndrica dentro del yugo 54 y, a continuación, al orificio 114 del casquillo 110 superior. Una parte de fluido 70 es desviada a través de la ranura 118 en la sección 116 cilíndrica del casquillo 110 superior en la entrada 120 de fluido alineada en ese momento con la ranura 118 y, a continuación, al canal 30 de fluido correspondiente para accionar el pistón 40 correspondiente. El resto del fluido 70 fluye al canal 22 axial principal en la sección 80 de direccionamiento para su suministro a la estructura 90 de corte.

La Fig. 7 es una vista inferior de la barrena 20 de perforación, que muestra la estructura 90 de corte con elementos de corte o dientes 92, chorros 24 de barrena, pistones 40 y carcasas 28 de pistón. En la Fig. 13, un pistón, marcado 40A, se muestra en su posición accionada, extendiéndose radialmente hacia el exterior desde su carcasa 28 de pistón.

La Fig. 8A ilustra una variante del conjunto de casquillo mostrado en las Figs. 2 y 6 y dibujos de detalle relacionados. El casquillo 210 superior en la Fig. 8A es generalmente similar al casquillo 110 superior en las Figs. 3A-3C, con una brida 212 y un orificio 214 similar a la brida 112 y el orificio 114 en el casquillo 110 superior, excepto que tiene una sección 216 cilíndrica más larga que la sección 116 cilíndrica en el casquillo 110 superior. La sección 216 cilíndrica tiene una ranura 218 de dosificación de fluido similar a la ranura 118 de dosificación de fluido en la sección 116 cilíndrica, situada en una región inferior de la sección 216 cilíndrica. El casquillo 220 inferior en la Fig. 8A es generalmente similar al casquillo 120 inferior en las Figs. 4A-4C, con entradas 222 de fluido debajo de los rebajes 224 correspondientes (similares a las entradas 122 de fluido y los rebajes 24 en el casquillo 120 inferior) formadas en un cuerpo 225 inferior que tiene un orificio 221 análogo al orificio 121 en el casquillo 120 inferior, más una tapa 226 de tapa que se extiende a través de la parte superior de la parte inferior del cuerpo 25 inferior y que tiene una abertura central para recibir la sección 216 cilíndrica del casquillo 210 superior.

Tal como puede entenderse con referencia a las Figs. 8A y 8B, cuando el casquillo 210 superior está en una posición superior con relación al casquillo 220 inferior, con la sección 216 cilíndrica elevada al menos parcialmente fuera del rebaje 224 en el casquillo 220 inferior, partes del fluido 70 que fluye al orificio 214 en el casquillo 210 superior y el orificio 221 en el casquillo 220 inferior serán desviadas directamente a todos los rebajes 224 y las entradas 222 de fluido para accionar todos los pistones 40. En este modo operativo, los pistones accionados servirán para centralizar y estabilizar la barrena 20 de perforación cuando se perfora una sección no desviada de un pozo. Esto puede ser particularmente beneficioso y ventajoso cuando se perfora una sección recta pero no vertical del pozo, y/o cuando es deseable maximizar el área de flujo total (Total Flow Area, TFA) en la barrena de perforación (definiéndose el TFA como el área total de todas las boquillas o chorros a través de los cuales puede fluir el fluido fuera de la barrena de perforación). El TFA tendrá su mayor valor cuando el casquillo 210 superior está en su posición más alta, en la que el fluido puede fluir a todos los canales 30 de fluido. Esto es debido a que el fluido será capaz de fluir desde todos los chorros 34 de barrena terminales conectados a los canales 30 de fluido, además de fluir desde todos los chorros 24 de barrena en la estructura 90 de corte. En contraste, el TFA tendrá su menor valor cuando el casquillo 210 superior está en su posición más baja (tal como se muestra en las Figs. 10A y 10B), en la que el flujo de fluido a todos los canales 30 de fluido está bloqueado, y el fluido puede salir de la herramienta sólo a través de los chorros 24 de barrena.

La estabilización de la barrena con todos los pistones extendidos puede ser deseable también durante una perforación "recta" para mitigar el "giro de la barrena" ("bit whirl"), lo que puede resultar en una baja calidad del pozo cuando se perfora a través de formaciones blandas.

Las Figs. 9A y 9B ilustran la situación cuando el casquillo 210 superior está en una posición intermedia con relación al casquillo 220 inferior, con la sección 216 cilíndrica extendiéndose por debajo de la placa 226 de tapa para permitir el flujo de fluido desde el orificio 214 a través de la ranura 218 de dosificación de fluido. En este modo operativo, el fluido 70 será desviado a un rebaje 224 alineado con la ranura 218 y, a continuación, a la entrada 222 de fluido correspondiente para accionar el pistón 40 correspondiente; es decir, esencialmente igual que para el conjunto de casquillo mostrado en la Fig. 2A.

Las Figs. 10A y 10B ilustran la situación en la que el casquillo 210 superior está en una posición inferior con relación al casquillo 220 inferior, con la ranura 218 dispuesta debajo de los rebajes 224 de manera que el fluido no pueda entrar en ninguno de los rebajes 224 y las entradas 222 de fluido. En este modo operativo, todo el fluido 70 fluirá directamente a la estructura 90 de corte, sin desvíos. Esto puede ser deseable para una perforación recta a través de materiales de subsuelo comparativamente estables, con un TFA más pequeño en la barrena de perforación.

Para operar un conjunto de dosificación de fluido que incorpora casquillos 210 y 220 superior e inferior como en las Figs. 8A-10B, el conjunto 50 de control incorporará o estará provisto de medios para elevar y bajar el casquillo 210 superior además de girar el casquillo 210 superior. Las personas con conocimientos en la técnica apreciarán que pueden idearse diversos medios para mover axialmente el casquillo 210 superior con relación al casquillo 220 inferior según tecnologías conocidas, y la presente descripción no se limita al uso de ningún medio particular de entre dichos medios.

La Fig. 11 ilustra la herramienta 100 RSS como en la Fig. 2, en funcionamiento dentro de un pozo WB. En esta vista, una parte 70A del fluido 70 desde el espacio 12 anular de RSS 100 ha sido desviada a un canal 30A de fluido "activo" en la sección 80 de direccionamiento a través de la ranura 118 de dosificación de fluido en el casquillo 110 superior giratorio del conjunto de dosificación de fluido. El flujo de fluido bajo presión en el canal 30A de fluido acciona el pistón 40A correspondiente, causando que el pistón 40A accionado se extienda radialmente hacia el exterior desde la sección 80 de direccionamiento y en contacto de reacción con la pared del pozo WB en una región WX de contacto, ejerciendo de esta manera una fuerza transversal contra la sección 80 de direccionamiento desviando la estructura 90 de corte en la dirección alejándose desde la región WX de contacto por una deflexión D, siendo el desplazamiento lateral de la línea CL_{RSS} central axial desviada de la herramienta 100 RSS con relación a la línea CL_{WB} central del pozo WB. La región WX de contacto, para una orientación fija determinada del casquillo 110 superior y su ranura 118 de dosificación de fluido con relación al pozo WB, no será un punto o región fija específica en la pared del pozo, sino que se moverá a medida que la perforación progresa más profundamente en el suelo. Sin embargo, para los modos operativos que permiten el accionamiento de solo un pistón 40 en un momento determinado, la región WX de contacto siempre corresponderá a la posición angular de la ranura 118 de dosificación de fluido.

A medida que la herramienta 100 continúa girando, el flujo de fluido 70A de accionamiento al canal 30A de fluido activo será bloqueado, aliviando de esta manera la fuerza hidráulica accionando el pistón 40A de accionamiento que a continuación será retraído al interior del cuerpo de la sección 80 de direccionamiento. Una rotación adicional de la herramienta 100 causará que el fluido de accionamiento fluya al siguiente canal 30 de fluido en la sección 80 de direccionamiento, accionando y extendiendo de esta manera el siguiente pistón 40 en secuencia, y ejerciendo otra fuerza transversal en la región WX de contacto del pozo WB.

Por consiguiente, para cada rotación de la herramienta 100, se ejercerá una fuerza transversal de desviación de barrena contra el pozo WB, en la región WX de contacto, el mismo número de veces que el número de canales 30 de fluido en la sección 80 de direccionamiento, manteniendo de esta manera una deflexión D efectivamente constante de la estructura 90 de corte en una dirección transversal constante con relación al pozo WB. Como resultado de esta deflexión, la orientación angular del pozo WB cambiará gradualmente, creando una sección curvada en el pozo WB.

Cuando se ha conseguido un grado deseado de curvatura o desviación del pozo, y se desea perforar una sección no desviada del pozo, la operación del conjunto 50 de control es ajustada para girar el casquillo 110 superior de manera que la ranura 118 de dosificación de fluido esté en una posición neutra entre un par adyacente de rebajes 124 en el casquillo 120 inferior, de manera que el fluido 70 no pueda ser desviado a ninguna de las entradas 122 de fluido en el casquillo 120 inferior. A continuación, el conjunto 50 de control (o unos medios de acoplamiento del conjunto de dosificación asociado) es desacoplado del casquillo 110 superior, dejando el casquillo 110 superior libre para girar con el casquillo 120 inferior y la sección 80 de direccionamiento o, de manera alternativa, es accionado para girar a la misma velocidad que la herramienta 100, por lo tanto, en cualquier caso, manteniendo la ranura 118 en una posición neutra con relación al casquillo 120 inferior de manera que el fluido no pueda fluir a ninguno de los pistones 40. A continuación, las operaciones de perforación pueden continuarse sin que ninguna fuerza transversal actúe para desviar la estructura 90 de corte.

En variantes de realización en las que el conjunto de dosificación de fluido incluye un casquillo 210 superior móvil axialmente y un casquillo 220 inferior tal como se muestra en las Figs. 8A-10B, la transición a operaciones de perforación no desviadas es efectuada moviendo el casquillo 210 superior (por medio del conjunto 50 de control) a su posición superior o inferior con relación al casquillo 220 inferior, según se desee o sea apropiado teniendo en cuenta las consideraciones operativas. A continuación, se prevendrá el flujo de fluido a los canales 30 de fluido independientemente

de si el casquillo 210 superior continúa o no girando con relación al casquillo 220 inferior.

La Fig. 12 ilustra una herramienta 200 RSS según una realización alternativa en la que el conjunto de dosificación de fluido comprende una placa 60 superior giratoria y una placa 35 inferior fijada o formada integralmente en el extremo superior de una sección 280 de direccionamiento modificada. La placa 35 inferior tiene una o más entradas 32 de fluido análogas a las entradas 122 de fluido en el casquillo 120 inferior mostrado en las Figs. 2 y 6 (y en otras partes en la presente memoria). En la realización ilustrada, y tal como se muestra en la Fig. 12B, las entradas 32 de fluido están dispuestas en un patrón circular alrededor de la línea CL_{RSS} central de la herramienta 200 RSS. La placa 60 superior es giratoria, con relación a la carcasa 10, alrededor de un eje de rotación coincidente con la línea CL_{RSS} central. Tal como se muestra en la Fig. 12A, la placa 60 superior tiene un orificio 62 de dosificación de fluido desplazado desde la línea CL_{RSS} central en un radio correspondiente al radio del círculo de las entradas 32 de fluido formadas en placa 35 inferior fija. La placa 60 superior tiene también una abertura 63 central para permitir el flujo de fluido hacia abajo al canal 22 axial de la sección 80 de direccionamiento, y la placa 35 inferior tiene una abertura 33 central para el mismo propósito.

El conjunto de dosificación de fluido mostrado en las Figs. 12, 12A y 12B funciona esencialmente de la misma manera que la descrita anteriormente con respecto a las realizaciones de herramienta RSS que tienen un conjunto de dosificación de fluido que incorpora un casquillo 110 (o 210) superior y un casquillo 120 (o 220) inferior. La placa 60 superior es girada por el conjunto 50 de control (tal como por medio de un yugo 54 tal como se ha descrito anteriormente) para mantener el orificio 62 de dosificación de fluido en una orientación fija con relación al pozo WB independientemente de la rotación de la carcasa 10 y la sección 80 de direccionamiento. Cuando la carcasa 10 y la sección 80 de direccionamiento giran con relación al pozo WB, el orificio 62 de dosificación de fluido en la placa 60 superior se alineará con cada una de las entradas 32 de fluido en la placa 35 inferior en secuencia, permitiendo de esta manera que una parte del fluido que fluye desde el espacio 12 anular a través de las aberturas 53A de fluido en la placa 53 extrema superior del yugo 54 sea desviada a cada canal 30 de fluido en secuencia, y causando que los pistones 40 correspondientes se extiendan radialmente en secuencia, induciendo de esta manera una desviación en la orientación del pozo WB tal como se ha descrito anteriormente.

La Fig. 13 es una sección transversal a través de la carcasa 10 justo por encima de la placa 60 superior giratoria, mostrando el orificio 62 de desplazamiento en la placa 60 superior y, en contorno con línea de trazos, las entradas 32 de fluido (cuatro en total en la realización ilustrada) en la placa 35 inferior fija dispuesta debajo de la placa 60 superior. Además, la Fig. 13 ilustra los pistones 40 y sus carcacas 28 de pistón correspondientes (cuatro en total, correspondientes al número de entradas 32 de fluido) y, por debajo de las mismas, la estructura 90 de corte con dientes 92 de barrena de perforación. La Fig. 13 ilustra la alineación del orificio 62 de dosificación de fluido de la placa 60 superior con una de las entradas 32 de fluido en la placa 35 inferior, resultando en una extensión radialmente hacia el exterior de un pistón 40A accionado correspondiente.

Para realizar una transición de la herramienta 200 RSS a operaciones de perforación no desviadas, el conjunto 50 de control es accionado para girar la placa 60 superior a una posición neutra con relación a la placa inferior de manera que el orificio 62 de dosificación de fluido no esté alineado con ninguna de las entradas 32 de fluido en la placa 35 inferior y, a continuación, la placa 60 superior se hace girar a la misma velocidad que la sección 80 de direccionamiento para mantener el orificio 62 de dosificación de fluido en la posición neutra con relación a la placa 35 inferior.

En una realización alternativa del aparato (no mostrada), la placa 60 superior puede ser movida axialmente de manera selectiva y hacia arriba alejándose de la placa 35 inferior, permitiendo de esta manera el flujo de fluido a todos los canales 30 de fluido y causando la extensión hacia el exterior de todos los pistones 40. Esto resulta en que se ejercen fuerzas transversales iguales alrededor del perímetro de la sección 80 de direccionamiento y causa de manera efectiva que la estructura 90 de corte perforo en línea recta, sin desviación, mientras se estabiliza también la estructura 90 de corte dentro del pozo WB, de manera similar al caso de las realizaciones descritas anteriormente que incorporan casquillos 210 y 220 superior e inferior cuando el casquillo 210 superior está en su posición superior con relación al casquillo 220 inferior. El sistema 50 de control puede ser desactivado o puede ser puesto en modo de hibernación cuando la placa 60 superior y la placa 35 inferior no están en contacto, ahorrando de esta manera la vida útil de la batería y el desgaste en los componentes del sistema de control.

En una realización, el conjunto 50 de control comprende un motor de desplazamiento positivo (PD) controlado electrónicamente que hace girar la placa 60 superior (o el casquillo 110 o 210 superior), pero el conjunto 50 de control no se limita a este u otro tipo particular de mecanismo.

Los sistemas de perforación rotativos direccionales según la presente descripción pueden ser adaptados fácilmente para facilitar el cambio de los pistones muy usados durante los cambios de barrena. Esta capacidad de cambiar los pistones independientemente del sistema de control, en un diseño que proporciona una interfaz cambiante en campo, hace que el sistema sea más compacto, más fácil de mantener, más versátil y más fiable que los sistemas direccionales convencionales. Las herramientas RSS según la presente descripción permitirán también el uso de múltiples tamaños y tipos diferentes de barrenas de perforación y/o pistones en combinación con el mismo sistema de control sin tener que

cambiar nada más que el sistema de direccionamiento y/o la estructura de corte. Esto significa, por ejemplo, que el sistema puede ser usado para perforar un pozo de 311 mm (12-1/4"), y posteriormente puede ser usado para perforar un pozo de 222 mm (8-3/4"), sin cambiar el tamaño de la carcasa del sistema de control, ahorrando de esta manera tiempo y requiriendo menos equipo.

5 El sistema puede ser adaptado también para permitir el uso de la barrena de perforación por separado con relación al sistema de control. De manera opcional, el conjunto de control puede tener un diseño modular para controlar no sólo barrenas de perforación, sino también otras herramientas de perforación que pueden hacer un uso beneficioso de la placa superior giratoria (o casquillo) de la herramienta para realizar tareas útiles.

10 Las Figs. 14A, 14B, 14C y 14D ilustran la sección 280 de direccionamiento de una herramienta RSS según la realización mostrada en la Fig. 12. La sección 280 de direccionamiento es sustancialmente similar a la sección 80 de direccionamiento descrita con referencia a la Fig. 12, y se usan números de referencia similares para los componentes comunes a ambas realizaciones. La sección 280 de direccionamiento se muestra a modo de ejemplo no limitativo con un extremo 16 de pasador superior para una conexión roscada al extremo inferior de la carcasa 10, y con un extremo 17 de caja inferior para una conexión roscada al extremo superior de la estructura 90 de corte. La sección 280 de direccionamiento se distingue de la sección 80 de direccionamiento mostrada en la Fig. 2 por la provisión de almohadillas 240 de reacción flexibles, cada una de las cuales tiene un extremo superior montado elásticamente al cuerpo principal de la sección 280 de direccionamiento y un extremo 241 inferior libre que se extiende sobre una carcasa 28 de pistón correspondiente. En la realización ilustrada, el montaje elástico de las almohadillas 240 de reacción flexibles al cuerpo de la sección 280 de direccionamiento se consigue al tener los extremos superiores de las almohadillas 240 de reacción formados integralmente con una banda 242 circular dispuesta dentro de una ranura 243 anular que se extiende alrededor de la circunferencia de la sección 280 de direccionamiento en un punto por debajo del extremo 16 del pasador. Sin embargo, esto es sólo a modo de ejemplo. Las personas con conocimientos en la técnica apreciarán que pueden idearse fácilmente otras maneras de montar elásticamente los extremos superiores de las almohadillas 240 de reacción a la sección 280 de direccionamiento, y la presente descripción no está limitada al uso de ningún medio o procedimiento particular de montaje de las almohadillas 240 de reacción.

20 Tal como se aprecia mejor con referencia a la parte superior de la Fig. 14D, cuando un pistón 40 determinado está en su posición retraída, el extremo 241 inferior libre de su almohadilla 240 de reacción flexible asociada estará preferiblemente enrasada o casi enrasada con la superficie exterior de la carcasa 28 de pistón asociada. Sin embargo, cuando se acciona un pistón (tal como se ilustra mediante el pistón 40A accionado en la parte inferior de la Fig. 14D), desviará el extremo 241 inferior libre de la almohadilla de reacción asociada (indicado mediante el número de referencia 240A en la Fig. 14D) radialmente hacia el exterior. La almohadilla 240A de reacción flexible desviada será empujada de esta manera hacia y contra la pared del pozo, resultando en que la sección 280 de direccionamiento y la estructura 90 de corte son empujadas en la dirección radialmente opuesta. Cuando el pistón 40A accionado es retraído a su carcasa 28 de pistón, el extremo inferior libre de la almohadilla 240A de reacción rebotará elásticamente a su estado y posición sin estrés.

30 Las Figs. 15A, 15B, 15C y 15D ilustran la sección 380 de direccionamiento de una herramienta RSS según una realización alternativa. La sección 380 de direccionamiento es sustancialmente similar a la sección 80 de direccionamiento descrita con referencia a la Fig. 12, y se usan números de referencia similares para los componentes comunes a ambas realizaciones. La sección 380 de direccionamiento se distingue de la sección 80 de direccionamiento por la provisión de almohadillas 340 de reacción articuladas, cada una de las cuales se extiende sobre una carcasa 28 de pistón correspondiente, a cuya almohadilla 340 de reacción está montado en uno o más puntos 342 de articulación de manera que pueda pivotar alrededor de un eje de articulación sustancialmente paralelo al eje longitudinal de la sección 380 de direccionamiento. Los puntos 342 de articulación están situados preferiblemente en los bordes delanteros de las almohadillas 340 de reacción articuladas (la expresión "borde delantero" es relativa al sentido de rotación de la herramienta).

45 Tal como se aprecia mejor con referencia a la parte superior de la Fig. 15D, cuando un pistón 40 determinado está en su posición retraída, su almohadilla 340 de reacción articulada asociada estará preferiblemente enrasada o casi enrasada con la superficie de la carcasa 28 de pistón asociada. Sin embargo, cuando un pistón es accionado (tal como se ilustra mediante el pistón 40A accionado en la parte inferior de la Fig. 15D), empujará hacia el exterior contra su almohadilla 340A de reacción articulada correspondiente, causando que la almohadilla 340A pivote alrededor de su(s) punto(s) 342 de articulación y se desvíe hacia el exterior hacia y contra la pared del pozo, tal como se observa en las Figs. 15C y 15D. Esto resulta en que la sección 380 de direccionamiento y la estructura 90 de corte son empujadas en la dirección radialmente opuesta. Cuando el pistón 40A accionado se retrae a su carcasa 28 de pistón, la almohadilla 340A de reacción articulada desviada puede ser devuelta a su posición original, ayudada apropiadamente por medios de empuje adecuados.

55 Las Figs. 16A, 16B, 16C y 16D ilustran una variante 280-1 de la sección 280 de direccionamiento mostrada en las Figs. 14A, 14B, 14C y 14D, siendo la única diferencia que el conjunto de dosificación de fluido en la sección 280-1 de direccionamiento incorpora casquillos 110 y 120 superior e inferior como en las Figs. 3A-3C y 4A-4C, en lugar de placas

60 y 35 superior e inferior como en la sección 280 de direccionamiento. Los componentes y las características que no tienen números de referencia en las Figs. 16A, 16B, 16C y 16D corresponden a los componentes y las características similares mostrados y referenciados en las Figs. 14A, 14B, 14C y 14D. Las personas con conocimientos en la técnica apreciarán también que la sección 380 de direccionamiento mostrada en las Figs. 15A, 15B, 15C y 15D podría adaptarse de manera similar.

Las herramientas RSS según la presente descripción pueden usar pistones de cualquier tipo y construcción funcionalmente adecuados, y la descripción no se limita al uso de ningún tipo particular de pistón descrito o ilustrado en la presente memoria. Las Figs. 12, 14D, 15D y 16D, por ejemplo, muestran pistones 40 unitarios o de una sola pieza. Las Figs. 17A a 21 ilustran una realización de un conjunto 140 de pistón alternativo que comprende un miembro 150 exterior (o superior), un elemento 160 interior (o inferior), y, en realizaciones preferidas, un muelle 170 de empuje. En la presente descripción del conjunto 140 de pistón y sus elementos constitutivos, los adjetivos "interior" y "exterior" se usan con relación a la línea central de una sección 80 de direccionamiento en conjunción con la cual está instalado el pistón 140; es decir, el miembro 160 interior estará dispuesto radialmente hacia el interior del miembro 150 exterior, mientras que el miembro 150 exterior es extensible radialmente hacia el exterior desde la sección 80 de direccionamiento (y lejos del miembro 160 interior). Sin embargo, de manera conveniente para la descripción de estos componentes, los adjetivos "superior" e "inferior" pueden ser usados indistintamente con "exterior" e "interior", respectivamente, en correspondencia con la representación gráfica de estos elementos en las Figs. 17A a 21.

Tal como se muestra con detalle en las Figs. 17A y 17B, el miembro 150 exterior del conjunto 140 de pistón tiene una pared 152 lateral cilíndrica con un extremo 152U superior cerrado por un miembro 151 de tapa, y un extremo 152L inferior abierto. La superficie 151A superior (o exterior) del miembro 151 de tapa puede ser opcionalmente un contorno tal como el mostrado en las Figs. 17A, 17B, 18A y 18B para adaptarse al diámetro efectivo de una estructura 90 de corte montada en la sección 80 de direccionamiento, en realizaciones destinadas para un contacto directo del pistón con una pared del pozo, sin miembros de reacción intermedios. La realización del miembro 150 exterior mostrada en las Figs. 17A y 17B está adaptada para recibir el extremo superior del muelle 170 de empuje (de una manera que se describirá más adelante en la presente memoria), y para ese propósito está formada con una protuberancia 153 cilíndrica que se proyecta coaxialmente hacia abajo desde el miembro 151 de tapa y que tiene una cavidad 154 con fondo abierto y rosca interior. De esta manera, se forma un espacio 155 anular con fondo abierto entre la protuberancia 153 y la pared 152 lateral del miembro 150 exterior.

Extendiéndose hacia abajo desde la pared 152 lateral cilíndrica hay un par de extensiones 156 de pared lateral separadas, curvilíneas y diametralmente opuestas, cada una de las cuales tiene una parte 157 inferior formada con una lengüeta o elemento 157A de tope que sobresale circunferencialmente en cada extremo circunferencial de la parte 157 inferior. Cada extensión 156 de pared lateral puede ser descrita, de esta manera, como adoptando la forma general de una "T" invertida, con un par de aberturas 156A de pared lateral diametralmente opuestas formadas entre las dos extensiones 156 de pared lateral.

El miembro 160 interior del conjunto 140 de pistón tiene una pared 161 lateral cilíndrica que tiene un extremo 160U superior y un extremo 160L inferior, y que encierra una cavidad 165 cilíndrica que está abierta en cada extremo. Hay formadas un par de aberturas 162 de pasador de retención diametralmente opuestas a través de la pared 161 lateral para recibir un pasador 145 de retención para asegurar el miembro 160 interior a y dentro de la sección 80 de direccionamiento, de manera que la posición del miembro 160 interior con relación a la sección 80 de direccionamiento será fijada radialmente. Hay un par de aberturas 168 de fluido diametralmente opuestas (semi-circulares o semi-ovaladas en la realización ilustrada) formadas en una pared 161 lateral del miembro 160 interior, que interceptan el extremo 160L inferior del miembro 160 interior y en ángulos rectos con las aberturas 162 de los pasadores de retención, de manera que estén alineadas generalmente con los canales 30 de fluido correspondientes cuando el pistón 40 está instalado en la sección 80 de direccionamiento, para permitir el paso del fluido de perforación hacia abajo más allá del miembro 160 interior y a un chorro 34 de barrena correspondiente en la sección 80 de direccionamiento. Tal como se observa mejor en la Fig. 17B, y para propósitos que se describirán más adelante en la presente memoria, hay una ranura 169 anular formada alrededor de la cavidad 165 en el extremo 160U inferior del miembro 160 interior. En la realización ilustrada, la ranura 169 anular es discontinua, estando interrumpida por aberturas 168 de fluido.

Extendiéndose hacia arriba desde la pared 161 lateral cilíndrica, hay un par de extensiones 163 de pared lateral separadas, curvilíneas y diametralmente opuestas, cada una de las cuales tiene una parte 164 superior formada para definir una lengüeta o elemento 164A de tope que sobresale circunferencialmente en cada extremo circunferencial de la parte 164 superior. De esta manera, cada extensión 163 de pared lateral puede ser descrita como teniendo generalmente forma de T, con un par de aberturas 163A de pared lateral diametralmente opuestas formadas entre las dos extensiones 163 de pared lateral. En combinación, las lengüetas 157A y 164A sirven de esta manera como medios limitadores de recorrido que definen la carrera radial máxima del miembro 150 exterior del conjunto 140 de pistón.

Tal como se comprenderá mejor con referencia a las Figs. 18A, 18B, 19A y 19B, el miembro 150 exterior y miembro 160 interior pueden ser montados insertando lateralmente las extensiones 163 de pared lateral de las partes superiores del

miembro 160 interior en las aberturas 156A de pared lateral del miembro 150 exterior de manera que el miembro 150 exterior y el miembro 160 interior estén alineados coaxialmente. El miembro 150 exterior es móvil axialmente con relación al miembro 160 interior (es decir, radialmente con relación a la sección 80 de direccionamiento), estando el movimiento axial hacia el exterior del miembro 150 exterior limitado por el tope de las lengüetas 157A en el miembro 150 exterior contra las lengüetas 164A en el miembro 160 interior, tal como se observa en las Figs. 17B, 18B y 19B.

El muelle 170 de empuje, mostrado en vista isométrica en la Fig. 21, comprende una pared 173 lateral cilíndrica que tiene un extremo 173U superior y un extremo 173L inferior, y que define una cámara 174 interior cilíndrica. El extremo 173U superior de la pared 173 lateral está formado o está provisto de una lengüeta 171 anular que sobresale hacia el interior, y un extremo 173L inferior de la pared 173 lateral está formado o está provisto de un reborde 179 anular que sobresale hacia el exterior. Hay una ranura 175 helicoidal formada a través de la pared 173 lateral de manera que la pared 173 lateral adopta la forma de un muelle helicoidal, en el que la ranura 175 helicoidal tiene un extremo superior adyacente a la lengüeta 171 anular y un extremo inferior adyacente al reborde 179 anular. Hay un par de aberturas 172 de pasador de retención diametralmente opuestas formadas a través de la pared 173 lateral para recibir un pasador 145 de retención cuando el muelle 170 de empuje es montado con un miembro 160 interior del conjunto 140 de pistón y es instalado en una sección 80 de direccionamiento (tal como se describirá más adelante en la presente memoria). En la realización ilustrada del muelle 170, el extremo inferior de la ranura 175 helicoidal coincide con una de las aberturas 172 de pasador de retención, pero esto es por conveniencia más que por cualquier razón funcionalmente esencial. Hay un par de aberturas 168 de fluido diametralmente opuestas (semicirculares o semi-ovaladas en la realización ilustrada) formadas en la pared 173 lateral, que interceptan el extremo 173L inferior de la pared 173 lateral y en ángulos rectos con las aberturas 172 de pasador de retención, de manera que estén alineados generalmente con las aberturas 168 de fluido en la pared 161 lateral del miembro 160 interior cuando el muelle 170 de empuje es montado con un miembro 160 interior.

El montaje del conjunto 140 de pistón puede entenderse mejor con referencia a las Figs. 17A, 17B y 22. La primera etapa de montaje es insertar un muelle 170 de empuje hacia arriba en la cavidad 165 del miembro 160 interior de manera que el reborde 179 anular en el muelle 170 de empuje se acople, de manera retenida, dentro de la ranura 169 anular en el extremo 160L inferior del miembro 160 interior. La siguiente etapa es montar el subconjunto del miembro 160 interior y muelle 170 de empuje con el miembro 150 exterior, insertando el extremo superior del muelle 170 de empuje en el extremo inferior del miembro 150 exterior de manera que el reborde 171 del muelle 170 de empuje sea dispuesto dentro del espacio 155 anular en el miembro 150 exterior. A continuación, un separador 180 generalmente cilíndrico que tiene una lengüeta 180A anular que sobresale hacia el interior en su extremo inferior es posicionado sobre y alrededor de la protuberancia 153 cilíndrica, y una tapa 182 roscada es insertada hacia arriba a través de la abertura en el separador 180 y es enroscada en la cavidad 154 en la protuberancia 153, asegurando de esta manera el separador 180 y el extremo superior del muelle 170 de empuje al miembro 150 exterior.

Montado de esta manera, el pistón 140 incorpora el muelle 170 de empuje con su extremo superior (exterior) retenido de manera segura dentro del miembro 150 exterior y con su extremo inferior (interior) retenido de manera segura por el miembro 160 interior. Por consiguiente, cuando un fluido de accionamiento de pistón fluye al canal 30 de fluido asociado en la sección 80 de direccionamiento, el fluido fluirá al pistón 140 y ejercerá presión contra el miembro 151 de tapa del miembro 150 exterior, para superar la fuerza de empuje del muelle 170 de empuje y extender el miembro 150 exterior radialmente hacia el exterior desde la sección 80 de direccionamiento. Cuando se libera la presión del fluido, el muelle 170 de empuje devolverá el miembro 150 exterior a su posición retraída tal como se muestra en las Figs. 17A y 18A. La magnitud de la fuerza de empuje proporcionada por el muelle 170 de empuje puede ser ajustada ajustando la posición axial de la tapa 182 roscada, y/o usando separadores 180 de longitudes axiales diferentes.

A continuación, el pistón o los pistones 140 pueden ser montados en la sección 80 de direccionamiento tal como se muestra en la Fig. 22. Los pasadores 145 de retención son insertados a través de las aberturas transversales en la sección 80 de direccionamiento y a través de las aberturas 162 y 172 de pasador de retención en el miembro 160 interior y el muelle 170 de empuje respectivamente, asegurando de esta manera el miembro 160 interior y el extremo inferior del muelle 170 de empuje contra un movimiento radial con relación a la sección 80 de direccionamiento.

La configuración particular del muelle 170 de empuje mostrada en las Figuras, y los medios particulares usados para montar el muelle 170 de empuje con el miembro 150 exterior y el miembro 160 interior, son sólo a modo de ejemplo. Las personas con conocimientos en la técnica apreciarán que pueden idearse configuraciones y medios de montaje alternativos según las técnicas conocidas, y que se pretende que dichas configuraciones y medios de montaje alternativos estén comprendidos dentro del alcance de la presente descripción.

El conjunto 140 de pistón proporciona beneficios y ventajas significativas sobre los diseños de pistón existentes. El diseño del conjunto 140 de pistón facilita una carrera de pistón larga dentro de un conjunto de pistón comparativamente corto, con una fuerza mecánica de retorno elevada proporcionada por el muelle 170 de empuje integrado. Este conjunto de pistón es también menos propenso a los residuos que causan que los pistones se unan dentro de la sección de direccionamiento o limiten la carrera del pistón cuando se opera en entornos de fluidos sucios. También permite que un conjunto de pistón precargado con muelle sea montado y asegurado en su lugar dentro de la sección de direccionamiento

usando un pasador simple, sin necesidad de precargar el muelle durante la inserción en la sección de direccionamiento, haciendo que el conjunto del pistón sea más fácil de mantener o reemplazar.

5 Las personas con conocimientos en la técnica apreciarán fácilmente que pueden idearse diversas modificaciones de las realizaciones enseñadas por la presente descripción sin apartarse de la enseñanza y el alcance de la presente descripción, incluyendo modificaciones que usan estructuras o materiales equivalentes concebidos o desarrollados posteriormente. Debe entenderse especialmente que la presente descripción no pretende limitarse a ninguna realización descrita o ilustrada, y que la sustitución de una variante de un elemento o característica reivindicado, sin ningún cambio sustancial de funcionamiento resultante, no constituirá un alejamiento con relación al alcance de la presente descripción. Debe apreciarse también que las diferentes enseñanzas de las realizaciones descritas y presentadas en la presente memoria pueden ser empleadas por separado o en cualquier combinación adecuada para producir diferentes realizaciones que proporcionan los resultados deseados.

10 Las personas con conocimientos en la técnica apreciarán también que los componentes de las realizaciones descritas que se describen o ilustran en la presente memoria como componentes unitarios podrían construirse también a partir de múltiples subcomponentes sin efecto material sobre la función o el funcionamiento, a menos que el contexto requiera claramente que dichos componentes sean de construcción unitaria. De manera similar, los componentes descritos o ilustrados como ensamblados a partir de múltiples subcomponentes pueden proporcionarse como componentes unitarios a menos que el contexto requiera lo contrario.

15 En el presente documento de patente, debe entenderse que cualquier forma de la palabra "comprender" en su sentido no limitativo indica que cualquier artículo que sigue a dicha palabra está incluido, pero no se excluyen los artículos no mencionados específicamente. Una referencia a un elemento con el artículo indefinido "a" no excluye la posibilidad de que haya presentes más elementos que dicho elemento, a menos que el contexto requiera claramente que sólo exista uno de esos elementos.

20 Cualquier uso de cualquier forma de los términos "conectar", "enganchar", "acoplar", "fijar" u otros términos que describen una interacción entre elementos no pretende limitar dicha interacción a una interacción directa entre los elementos en cuestión y puede incluir también una interacción indirecta entre los elementos, tal como a través de una estructura secundaria o intermediaria.

25 Los términos relacionales tales como "paralelo", "perpendicular", "coincidente", "entrecruzado", "igual", "coaxial" y "equidistante" no pretenden indicar o requerir precisión matemática o geométrica absoluta. Por consiguiente, debe entenderse que dichos términos indican o requieren sólo una precisión sustancial (por ejemplo, "sustancialmente paralelo") a menos que el contexto requiera claramente lo contrario.

30 Cuando se usan en la presente memoria, los términos "típico/a" y "típicamente" deben ser interpretados en el sentido de uso o práctica representativos o comunes y no debe considerarse que implican esencialidad o invariabilidad.

35 En el presente documento de patente, ciertos componentes de las realizaciones de herramienta RSS descritas se describen usando adjetivos tales como "superior" y "inferior". Dichos términos se usan para establecer un marco de referencia conveniente para facilitar la explicación y mejorar la comprensión del lector de las relaciones espaciales y las ubicaciones relativas de los diversos elementos y características de los componentes en cuestión. No debe interpretarse que el uso de dichos términos implique que serán técnicamente aplicables en todas las aplicaciones prácticas y usos de herramientas RSS según la presente descripción, o que dichas sub-herramientas deben usarse en orientaciones espaciales que sean estrictamente consistentes con los adjetivos indicados anteriormente. Por ejemplo, las herramientas RSS según la presente descripción pueden ser usadas para perforar pozos horizontales u orientados angularmente. Por lo tanto, para una mayor precisión, los adjetivos "superior" e "inferior", cuando se usan con referencia a una herramienta RSS, deberían entenderse en el sentido de "hacia el extremo superior (o inferior) de la sarta de perforación", independientemente de cuál sea la orientación espacial real de la herramienta RSS y la sarta de perforación en un uso práctico determinado. La interpretación apropiada y pretendida de los adjetivos "interior", "exterior", "superior" e "inferior" para propósitos específicos de los conjuntos de pistón ilustrados y sus componentes será evidente a partir de partes correspondientes de la descripción.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (100, 200) de perforación rotativo direccional que tiene un eje longitudinal, que comprende:

un conjunto (50) de control dispuesto dentro de una carcasa (10) que tiene un extremo inferior;

5 una sección (80, 280, 280-1, 380) de direccionamiento que tiene un canal (22) central, un extremo superior acoplado al extremo inferior de la carcasa (10), y un extremo inferior, y una pluralidad de canales (30) de fluido separados circunferencialmente dispuestos alrededor del canal (22) central, en el que cada canal (30) de fluido se extiende axialmente desde el extremo superior;

una pluralidad de pistones (40) extensibles radialmente alojados en la sección (80, 280, 280-1, 380) de direccionamiento;

10 en el que el canal (22) central se extiende axialmente desde el extremo superior de la sección (80, 280, 280-1, 380) de direccionamiento y está configurado para hacer fluir fluido de perforación a través de la sección (80, 280, 280-1, 380) de direccionamiento;

15 en el que cada uno de los canales (30) de fluido se extiende desde el extremo superior de la sección (80, 280, 280-1, 380) de direccionamiento a uno de los pistones (40), y en el que cada pistón (40) está configurado para moverse radialmente hacia el exterior en respuesta al fluido de perforación suministrado por el canal (30) de fluido correspondiente; y

un conjunto de dosificación de fluido configurado para dosificar selectivamente el flujo de fluido de perforación a uno o más de los canales (30) de fluido en la sección (80, 280, 280-1, 380) de direccionamiento, **caracterizado por que** el conjunto de dosificación de fluido comprende:

20 un casquillo (120, 220) inferior acoplado al extremo superior de la sección (80, 280, 280-1, 380) de direccionamiento, en el que el casquillo (120, 220) inferior tiene un orificio (121, 221) central y una pluralidad de entradas (122, 222) de fluido separadas circunferencialmente dispuestas alrededor del orificio (121, 221) central, en el que el orificio (121, 221) central del casquillo (120, 220) inferior está en comunicación de fluido con el canal (22) central de la sección (80, 280, 280-1, 380) de direccionamiento; y

25 un casquillo (110, 210) superior acoplado al conjunto (50) de control y dispuesto de manera giratoria dentro del orificio (121, 221) central del casquillo (120, 220) inferior, en el que el casquillo (110, 210) superior incluye un orificio (114, 214) central y una abertura (118, 218) de dosificación de fluido;

30 en el que el conjunto (50) de control está configurado para hacer girar el casquillo (110, 210) superior con relación al casquillo (120, 220) inferior para colocar la abertura (118, 218) de dosificación de fluido del casquillo (110, 210) superior en comunicación de fluido con cada entrada (122, 222) de fluido del casquillo (120, 220) inferior en secuencia.

2. Aparato (100, 200) de perforación rotativo direccional según la reivindicación 1, en el que el conjunto (50) de control está configurado para mover axialmente el casquillo (110, 210) superior con relación al casquillo (120, 220) inferior entre:

35 (a) una posición superior que permite que el fluido de perforación fluya a todas las entradas (122, 222) de fluido del casquillo (120, 220) inferior simultáneamente;

(b) una posición intermedia que permite que el fluido de perforación fluya a una sola entrada (122, 222) de fluido del casquillo (120, 220) inferior en cada momento; y

40 (c) una posición inferior que previene el flujo de fluido de perforación a cualquiera de las entradas (122, 222) de fluido del casquillo (120, 220) inferior.

3. Aparato (100, 200) de perforación rotativo direccional según la reivindicación 1, que comprende además una pluralidad de almohadillas (240, 340) de reacción acopladas a la sección (80, 280, 280-1, 380) de direccionamiento, en el que se proporciona una almohadilla (240, 340) de reacción para cada pistón (40);

45 en el que cada pistón (40) está configurado para desviar la almohadilla (240, 340) de reacción correspondiente radialmente alejándose de la sección (80, 280, 280-1, 380) de direccionamiento en respuesta al flujo de fluido de perforación a través del canal (30) de fluido correspondiente.

4. Aparato (100, 200) de perforación rotativo direccional según la reivindicación 3, en el que la almohadilla (240) de reacción comprende un miembro flexible montado elásticamente a la sección (80, 280, 280-1, 380) de direccionamiento.

5. Aparato (100, 200) de perforación rotativo direccional según la reivindicación 3, en el que la almohadilla (340) de reacción comprende un miembro articulado acoplado de manera pivotante a la sección (80, 280, 280-1, 380) de direccionamiento y configurado para pivotar alrededor de un eje de articulación orientado paralelo al eje longitudinal de la sección (80, 280, 280-1, 380) de direccionamiento.
- 5 6. Aparato (100, 200) de perforación rotativo direccional según la reivindicación 1, que comprende además un medio (170) de empuje para cada pistón (40), en el que cada medio (170) de empuje está configurado para empujar el pistón (40) correspondiente a una posición radialmente retraída dentro de la sección (80, 280, 280-1, 380) de direccionamiento tras cesar el flujo de fluido de perforación al pistón (40).
- 10 7. Aparato (100, 200) de perforación rotativo direccional según la reivindicación 1, en el que al menos uno de los pistones (40) comprende:
- un miembro (160) interior montado en la sección (80, 280, 280-1, 380) de direccionamiento y fijado radialmente con respecto a la misma; y
- un miembro (150) exterior acoplado de manera móvil al miembro (160) interior y configurado para moverse radialmente con relación al miembro (160) interior y la sección (80, 280, 280-1, 380) de direccionamiento; y
- 15 medios limitadores de recorrido para restringir la carrera radial del miembro (150) exterior con relación al miembro (160) interior y la sección (80, 280, 280-1, 380) de direccionamiento.
- 20 8. Aparato (100, 200) de perforación rotativo direccional según la reivindicación 7, en el que los medios limitadores de recorrido comprenden una pluralidad de primeros elementos (157A) de tope formados sobre el miembro (150) exterior y una pluralidad de segundos elementos (164A) de tope formados sobre el miembro (160) interior, en el que los elementos (157A, 164A) de tope primeros y segundos están configurados y dispuestos de manera que cada primer elemento (157A) de tope reaccionará contra uno de los segundos elementos (164A) de tope cuando la carrera del miembro (150) exterior alcanza un límite preestablecido.
- 25 9. Aparato (100, 200) de perforación rotativo direccional según la reivindicación 8, en el que al menos uno de los pistones (40) comprende además medios (170) de empuje para retraer el miembro (150) exterior a la sección (80, 280, 280 -1, 380) de direccionamiento al cesar el flujo de fluido de perforación al pistón (40).
- 30 10. Aparato (100, 200) de perforación rotativo direccional según la reivindicación 1, en el que el extremo inferior de la sección (80, 280, 280-1, 380) de direccionamiento comprende una estructura (90) de corte giratoria con el mismo.
11. Un procedimiento para perforar un pozo con una barrena (20) de perforación que tiene una estructura (90) de corte, en el que el procedimiento comprende:
- 35 (a) hacer fluir fluido de perforación a través de una carcasa (10) a un conjunto de dosificación de fluido, en el que el conjunto de dosificación de fluido incluye un casquillo (120, 220) inferior y un casquillo (110, 210) superior que puede girar con relación al casquillo (120, 220) inferior, en el que el casquillo (120, 220) inferior incluye un orificio (121, 221) central y una pluralidad de entradas (122, 222) de fluido y el casquillo (110, 210) superior incluye un orificio (114, 214) central y una abertura (118, 218) de dosificación de fluido; en el que el casquillo (110, 210) superior está dispuesto giratoriamente dentro del orificio (121, 221) central del casquillo (120, 220) inferior;
- 40 (b) hacer fluir fluido de perforación a través del orificio (114, 214) central del casquillo (110, 210) superior y el orificio (121, 221) central del casquillo (120, 220) inferior a un canal (22) central de una sección (80, 280, 280-1, 380) de direccionamiento acoplada a un extremo inferior de la carcasa (10);
- 45 (c) desviar una primera parte del fluido de perforación que fluye a través de la abertura (118, 218) de dosificación de fluido del casquillo (110, 210) superior y una primera de las entradas (122, 222) de fluido del casquillo (120, 220) inferior a un primer canal (30) de fluido de la sección (80, 280, 280-1, 380) de direccionamiento durante (b);
- (d) hacer fluir la primera parte de fluido de perforación a través de uno de entre una pluralidad de canales (30) de fluido separados circunferencialmente a un primer pistón (40) alojado en la sección (80, 280, 280-1, 380) de direccionamiento, en el que cada uno de entre la pluralidad de canales (30) de fluido se extiende axialmente desde un extremo superior de la sección (80, 280, 280-1, 380) de direccionamiento y están dispuestos alrededor del canal (22) central; y
- 50 (e) mover el primer pistón (40) radialmente hacia el exterior desde la sección (80, 280, 280-1, 380) de direccionamiento durante (d).
12. Procedimiento según la reivindicación 11, que comprende además:

(f) desviar una segunda parte del fluido de perforación que fluye a través de la abertura (118, 218) de dosificación de fluido del casquillo (110, 210) superior y una segunda de entre las entradas (122, 222) de fluido del casquillo (120, 220) inferior a un segundo canal (30) de fluido de la sección (80, 280, 280-1, 380) de direccionamiento durante (b) y después de (c);

5 (g) hacer fluir la segunda parte de fluido de perforación a través del segundo canal (30) de fluido a un segundo pistón (40) alojado en la sección (80, 280, 280-1, 380) de direccionamiento; y

(h) mover el segundo pistón (40) radialmente hacia el exterior desde la sección (80, 280, 280-1, 380) de direccionamiento durante (g).

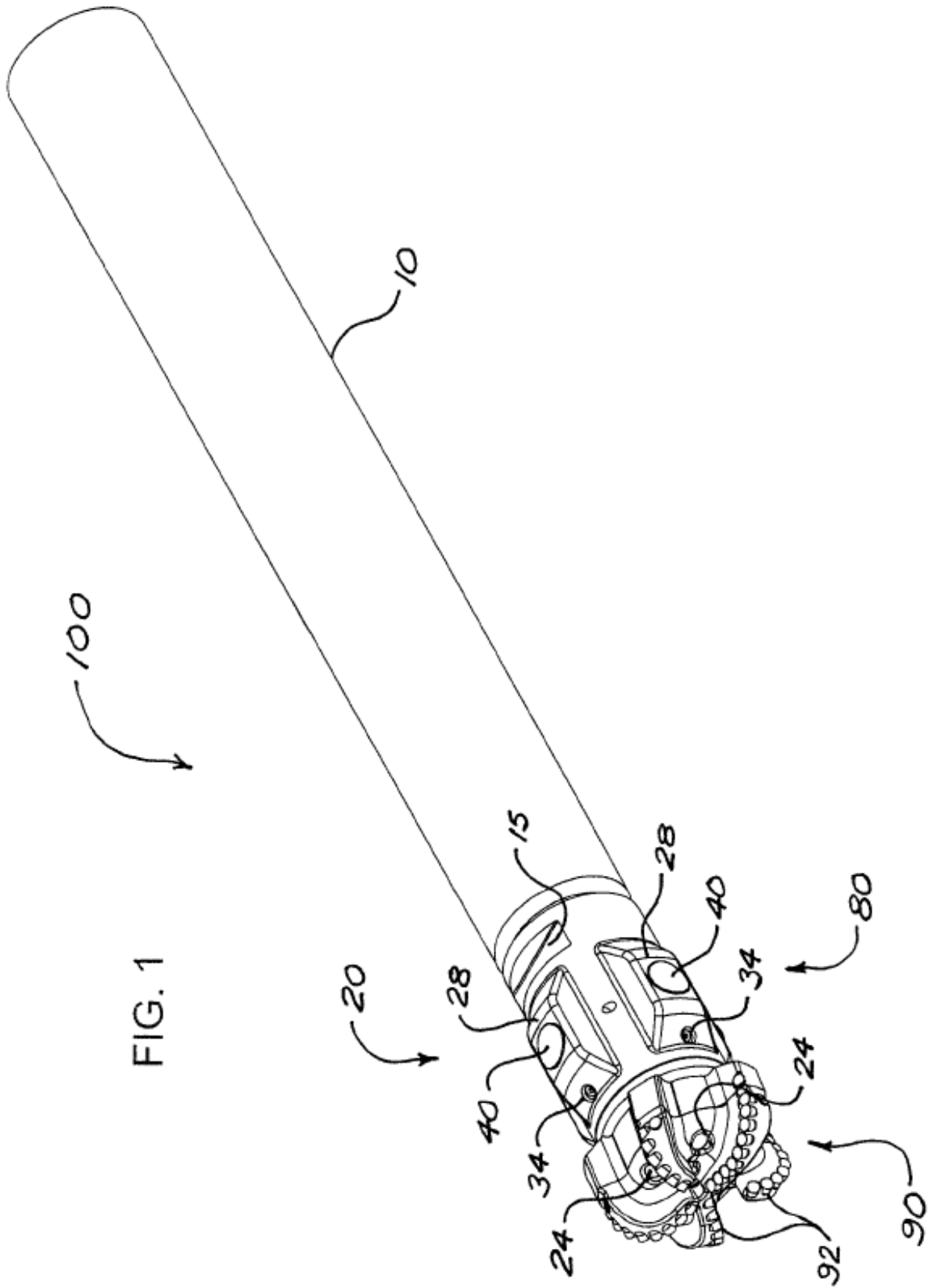
10 13. Procedimiento según la reivindicación 12, en el que (c) comprende hacer girar el casquillo (110, 210) superior con relación al casquillo (120, 220) inferior para alinear la abertura (118, 218) de dosificación de fluido del casquillo (110, 210) superior con la primera de las entradas (122, 222) de fluido del casquillo (120, 220) inferior; y

en el que (f) comprende hacer girar el casquillo (110, 210) superior con relación al casquillo (120, 220) inferior para alinear la abertura (118, 218) de dosificación de fluido del casquillo (110, 210) superior con la segunda de las entradas de fluido del casquillo (120, 220) inferior.

15 14. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que la abertura (118, 218) de dosificación de fluido se extiende radialmente a través del casquillo (110, 210) superior y las entradas (122, 222) de fluido que se extienden axialmente a través del casquillo (120, 220) inferior.

15. Procedimiento según la reivindicación 11, que comprende además:

20 (i) mover el casquillo (110, 210) superior axialmente con relación al casquillo (120, 220) inferior para hacer fluir el fluido de perforación a todas las entradas (122, 222) de fluido simultáneamente.



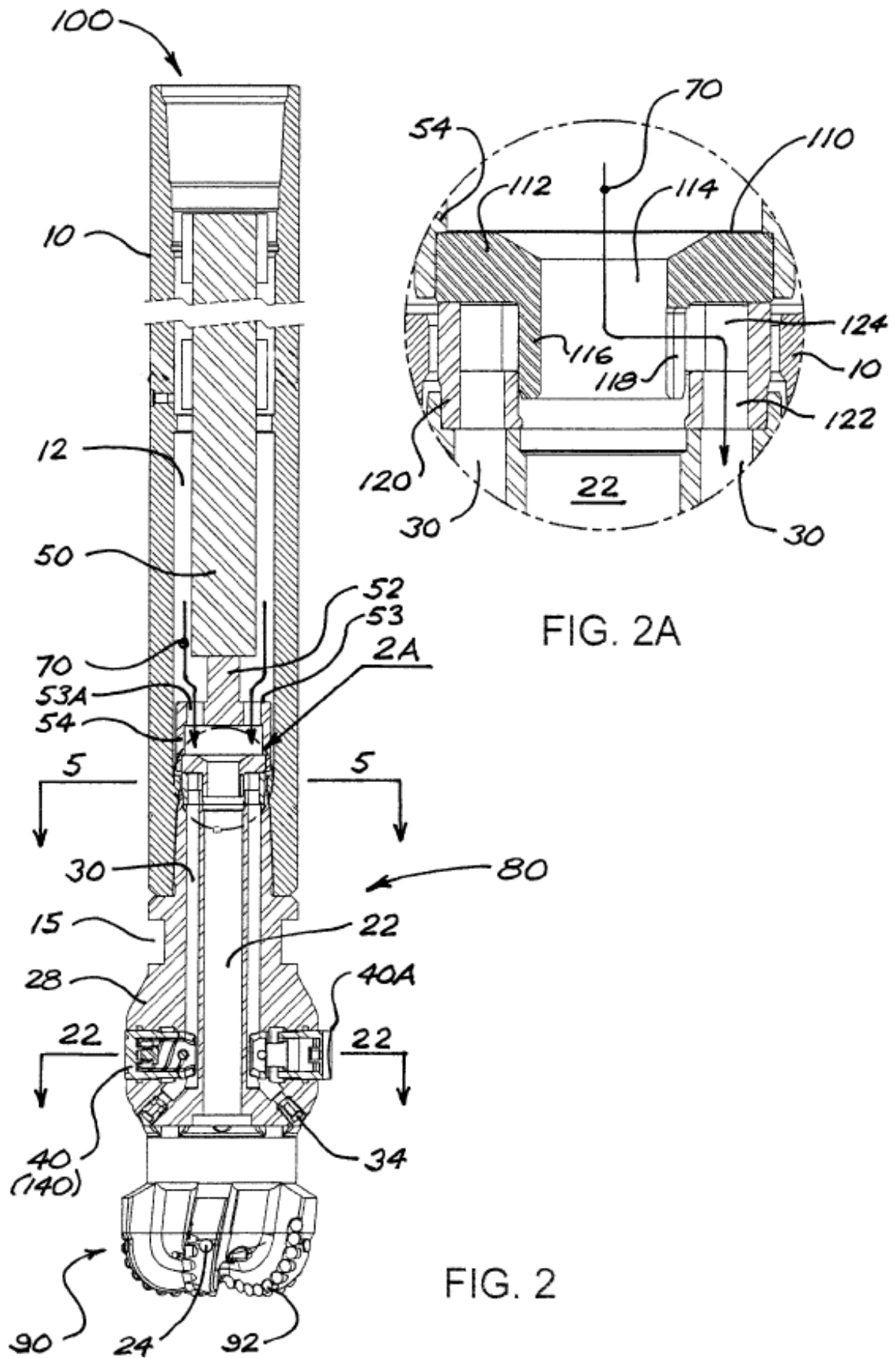


FIG. 3A

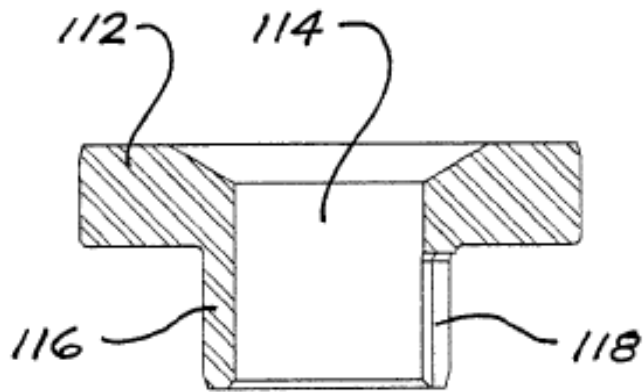
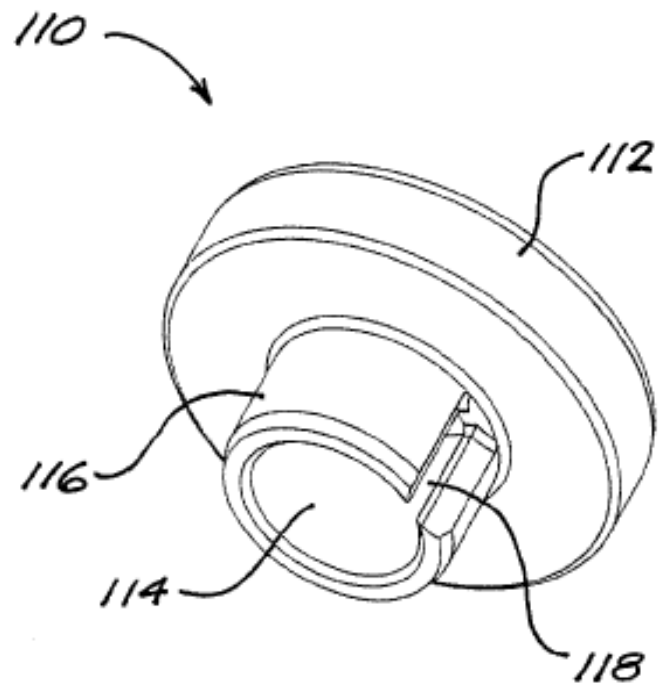


FIG. 3B

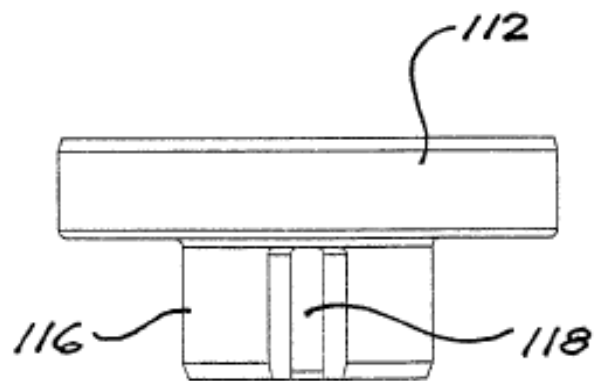


FIG. 3C

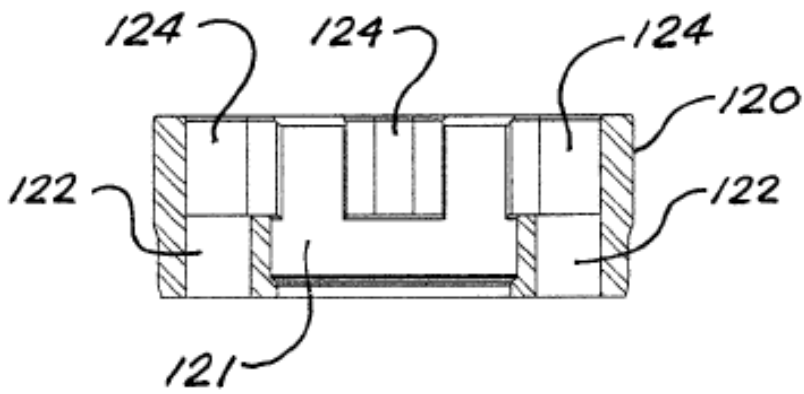
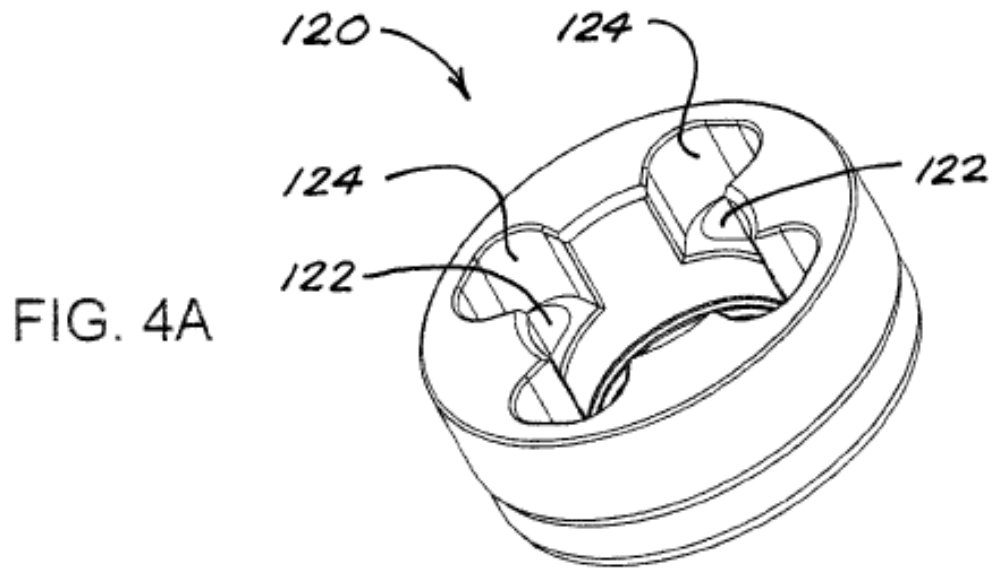
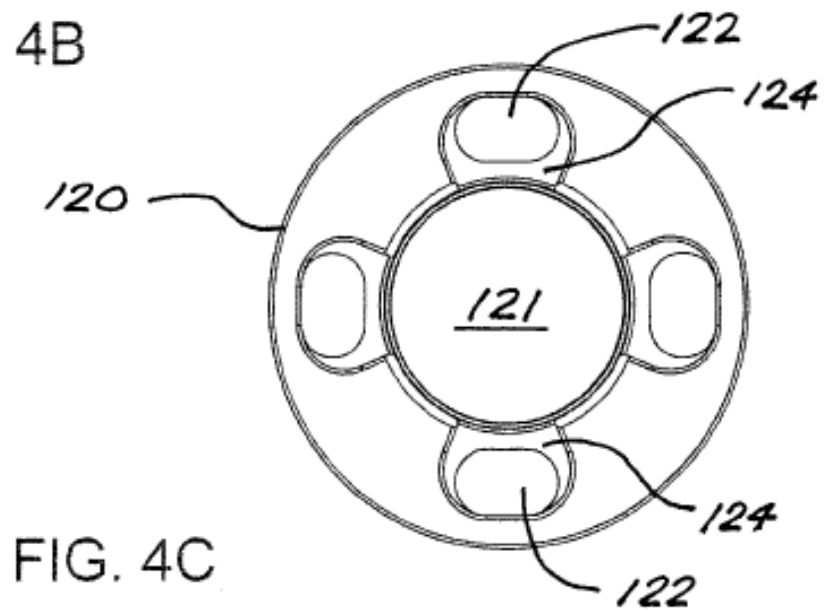


FIG. 4B



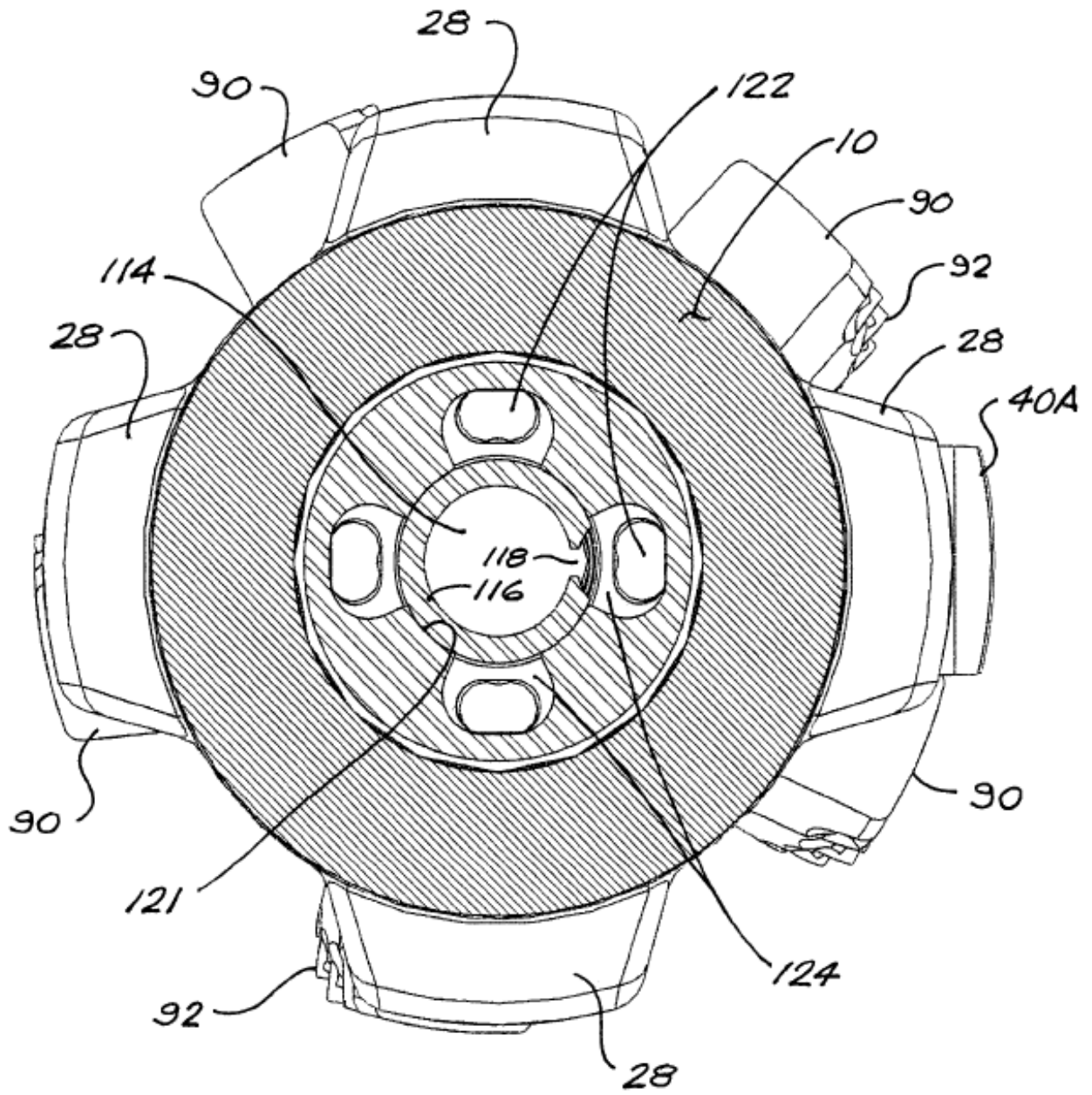


FIG. 5

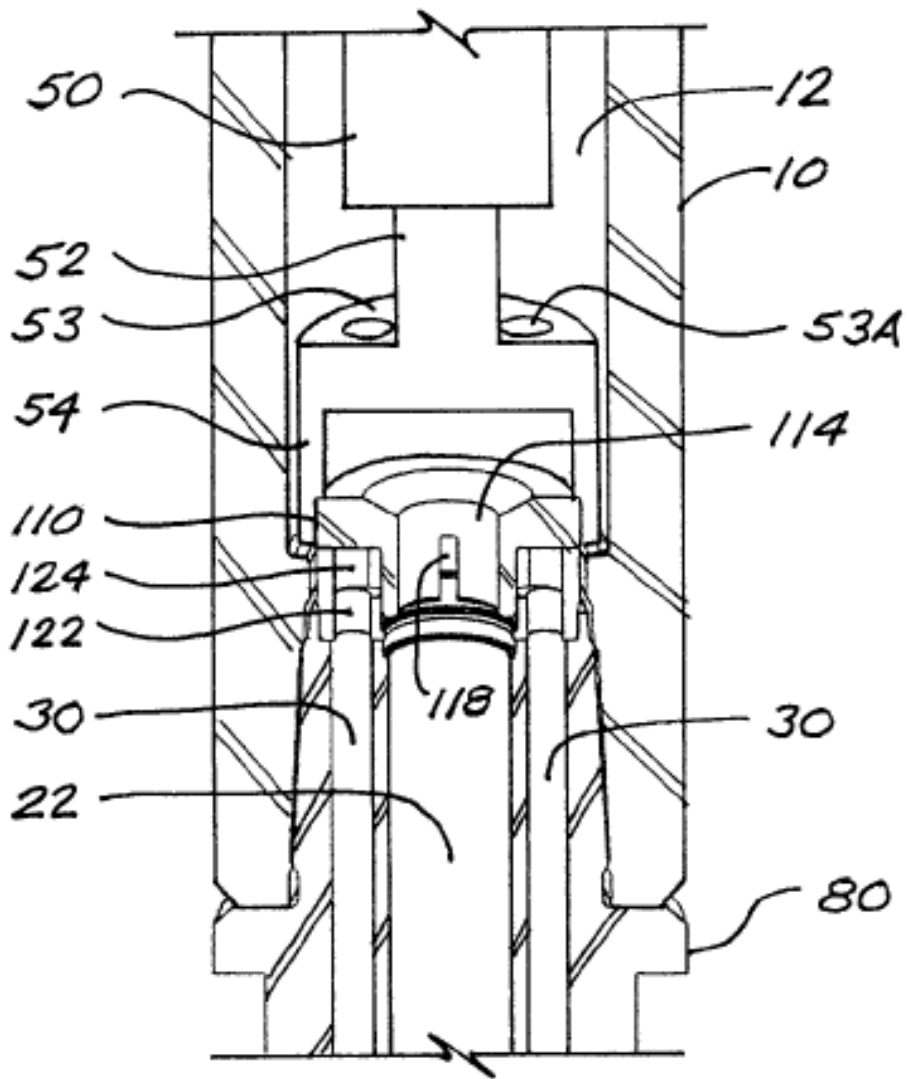


FIG. 6

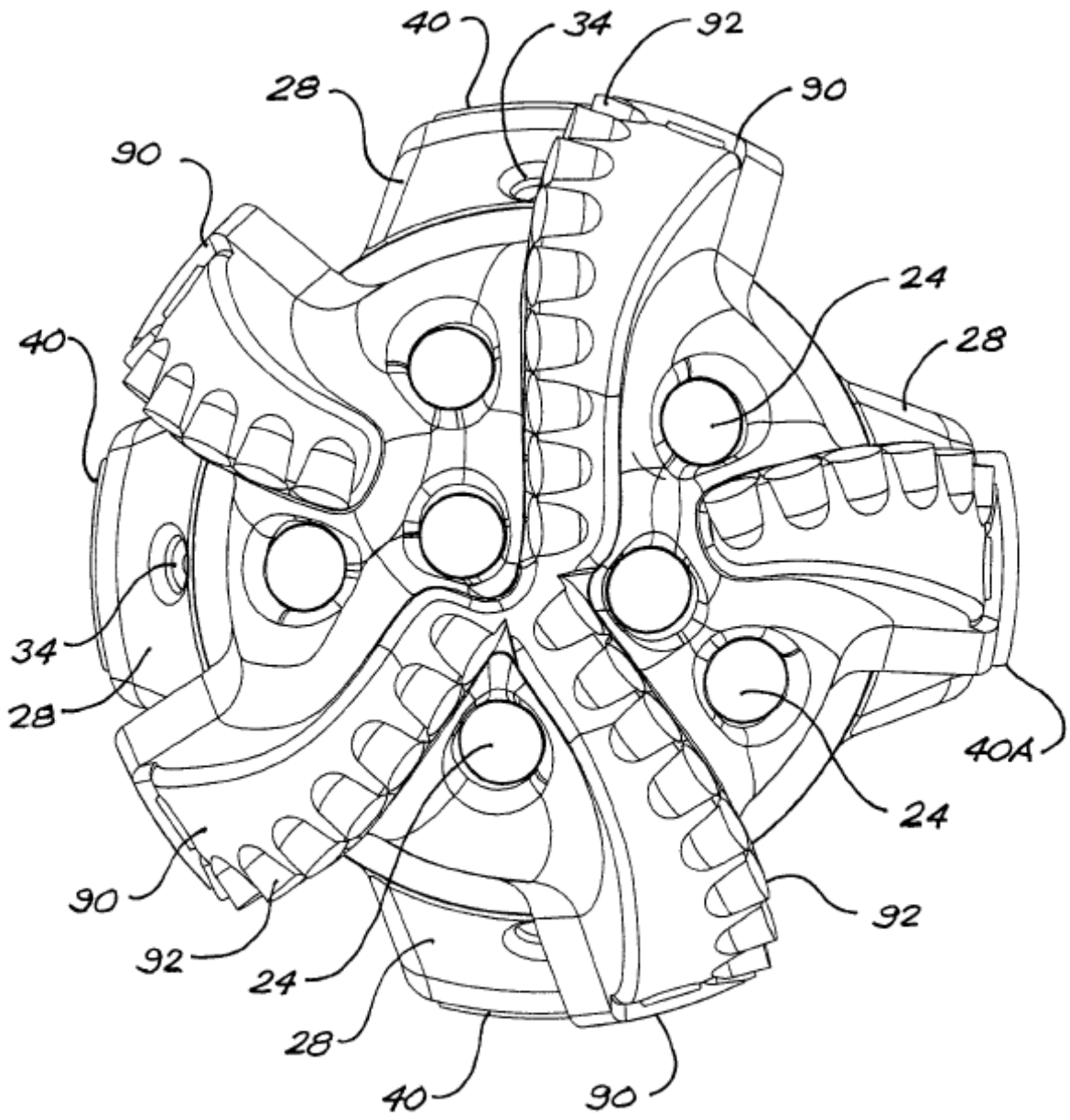


FIG. 7

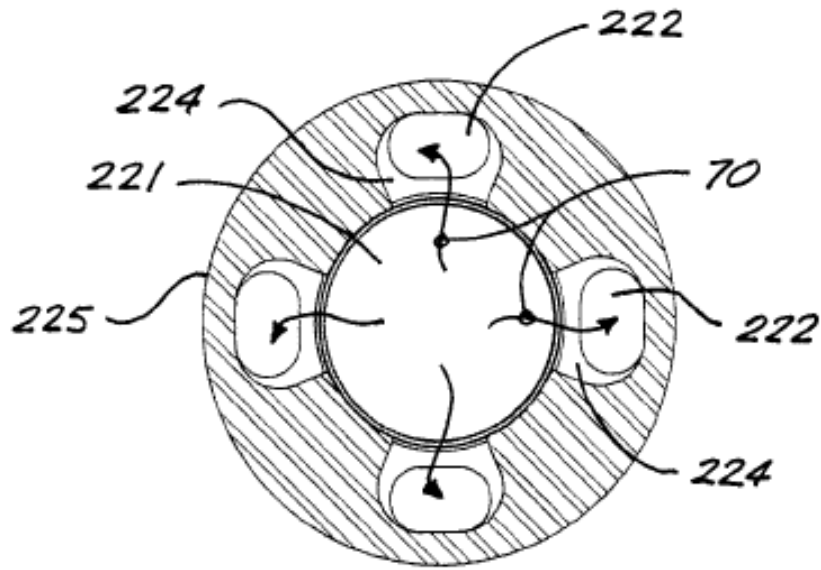


FIG. 8B

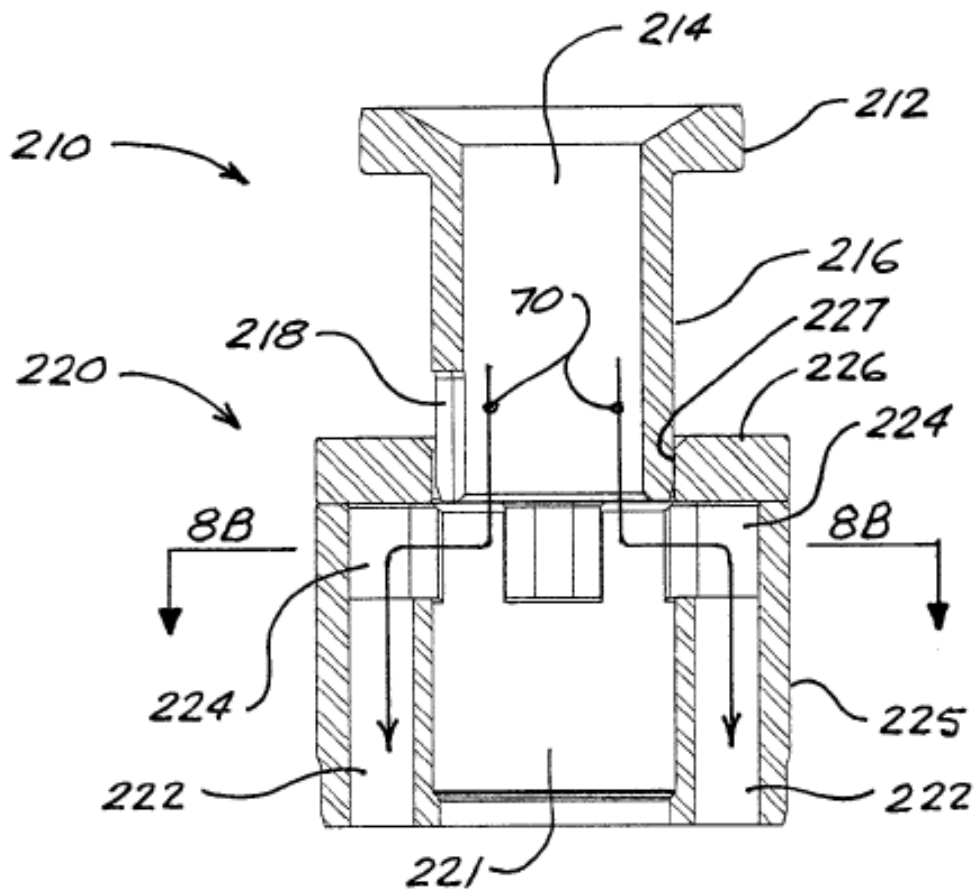


FIG. 8A

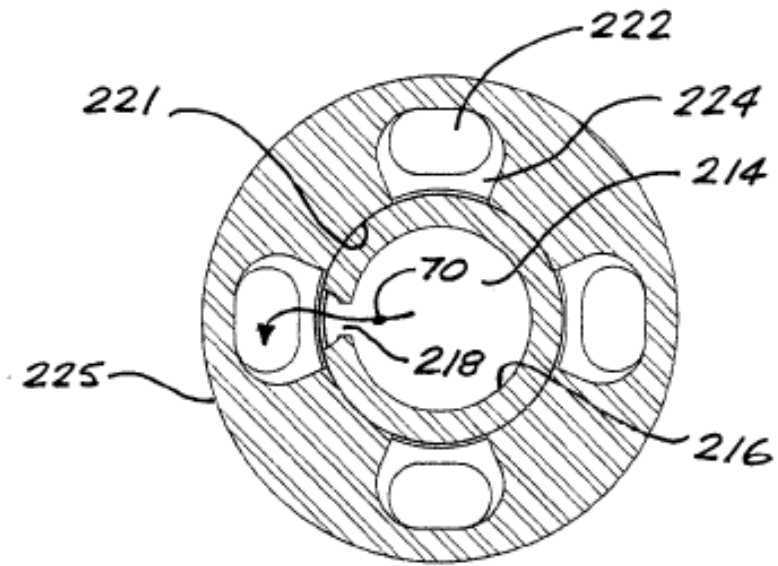


FIG. 9B

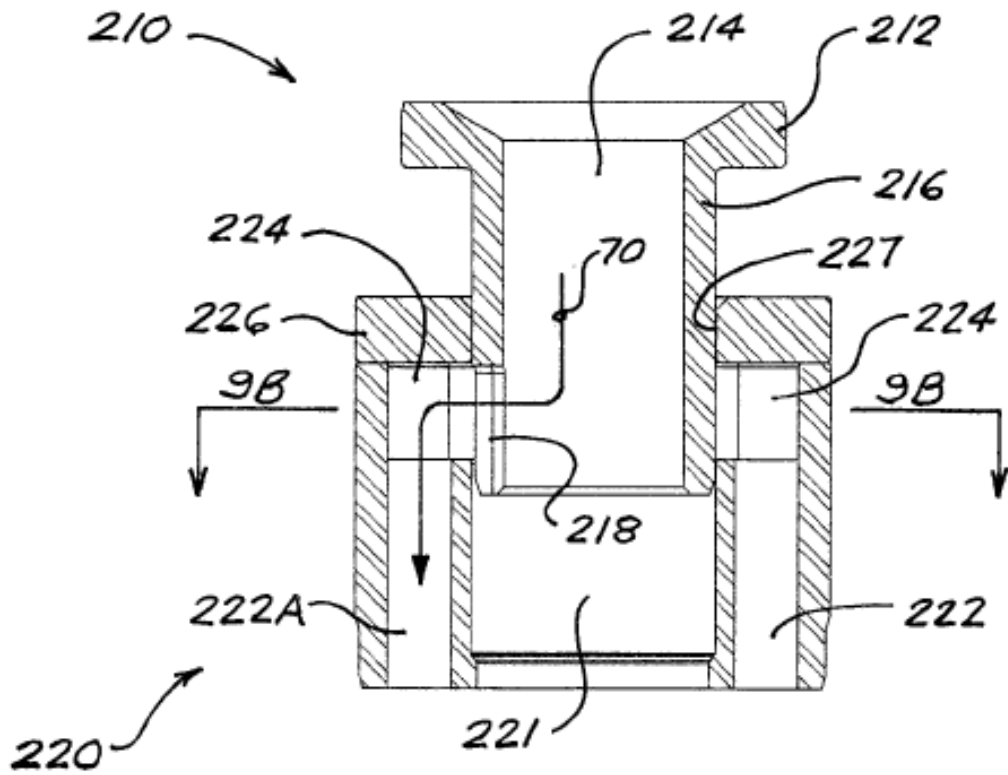


FIG. 9A

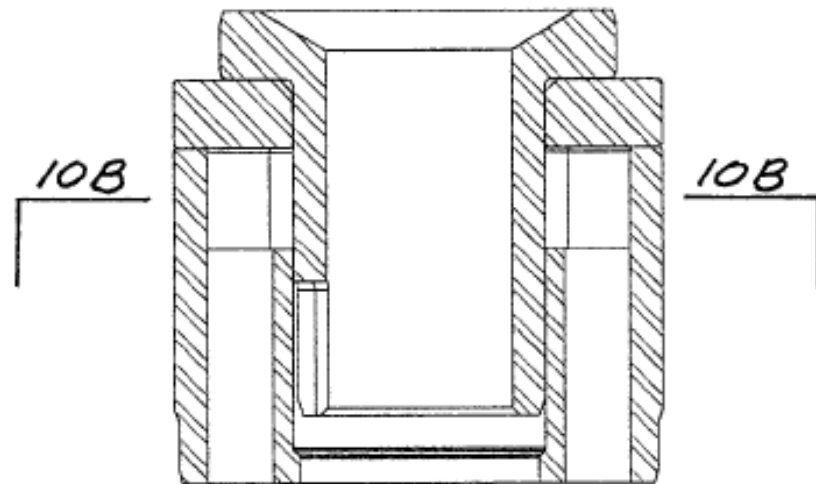
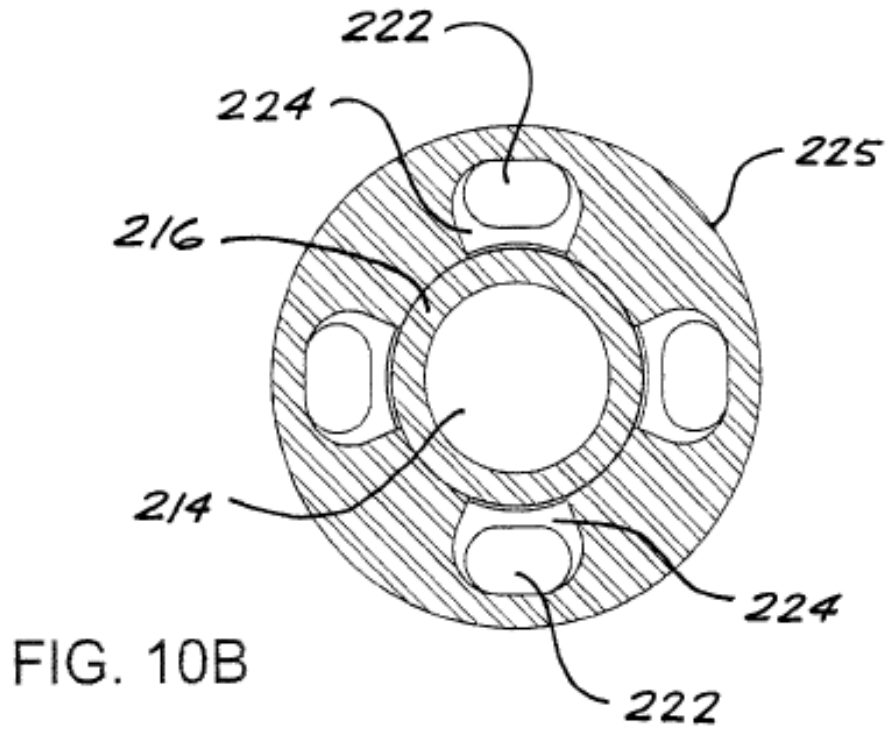
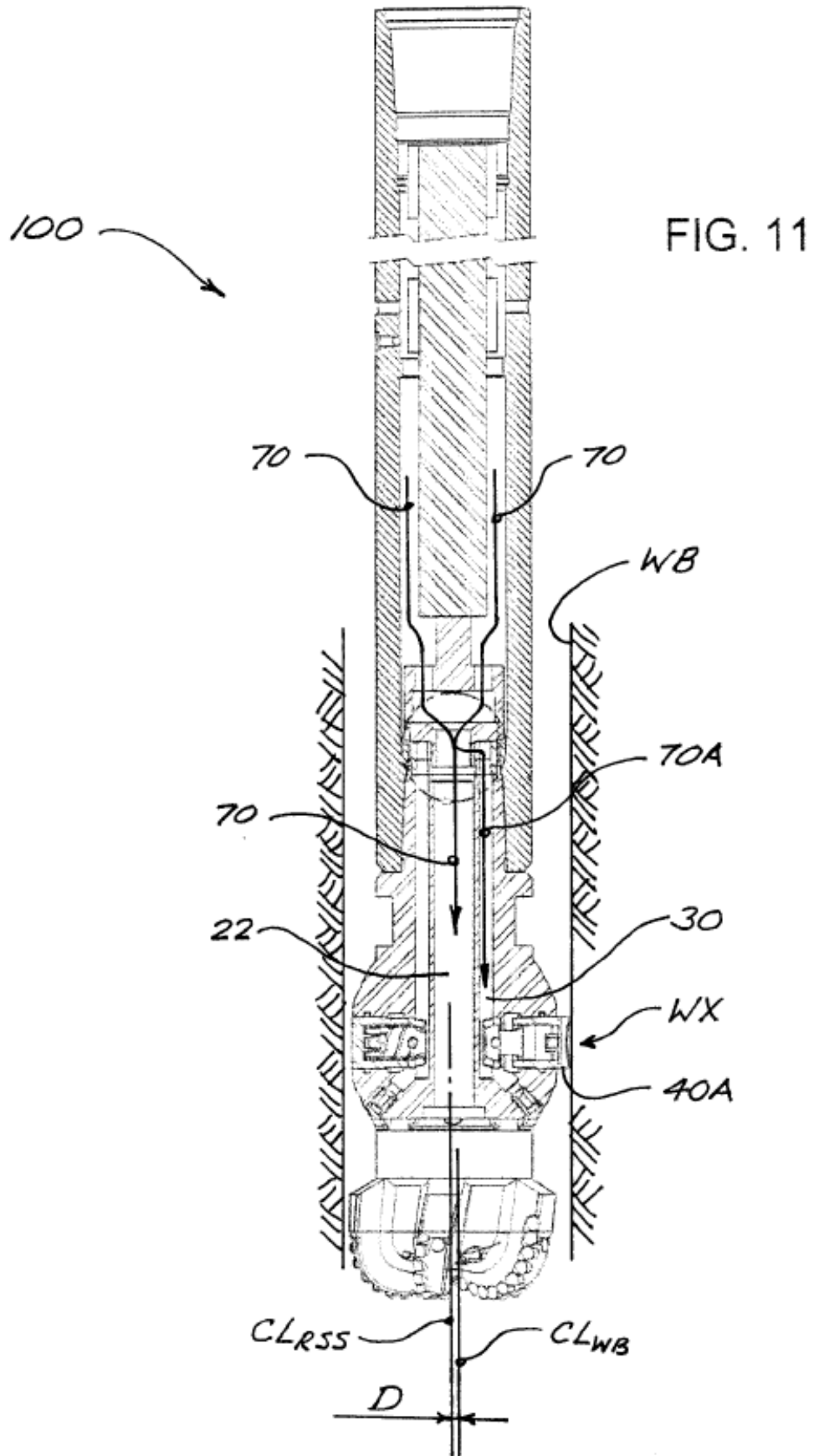
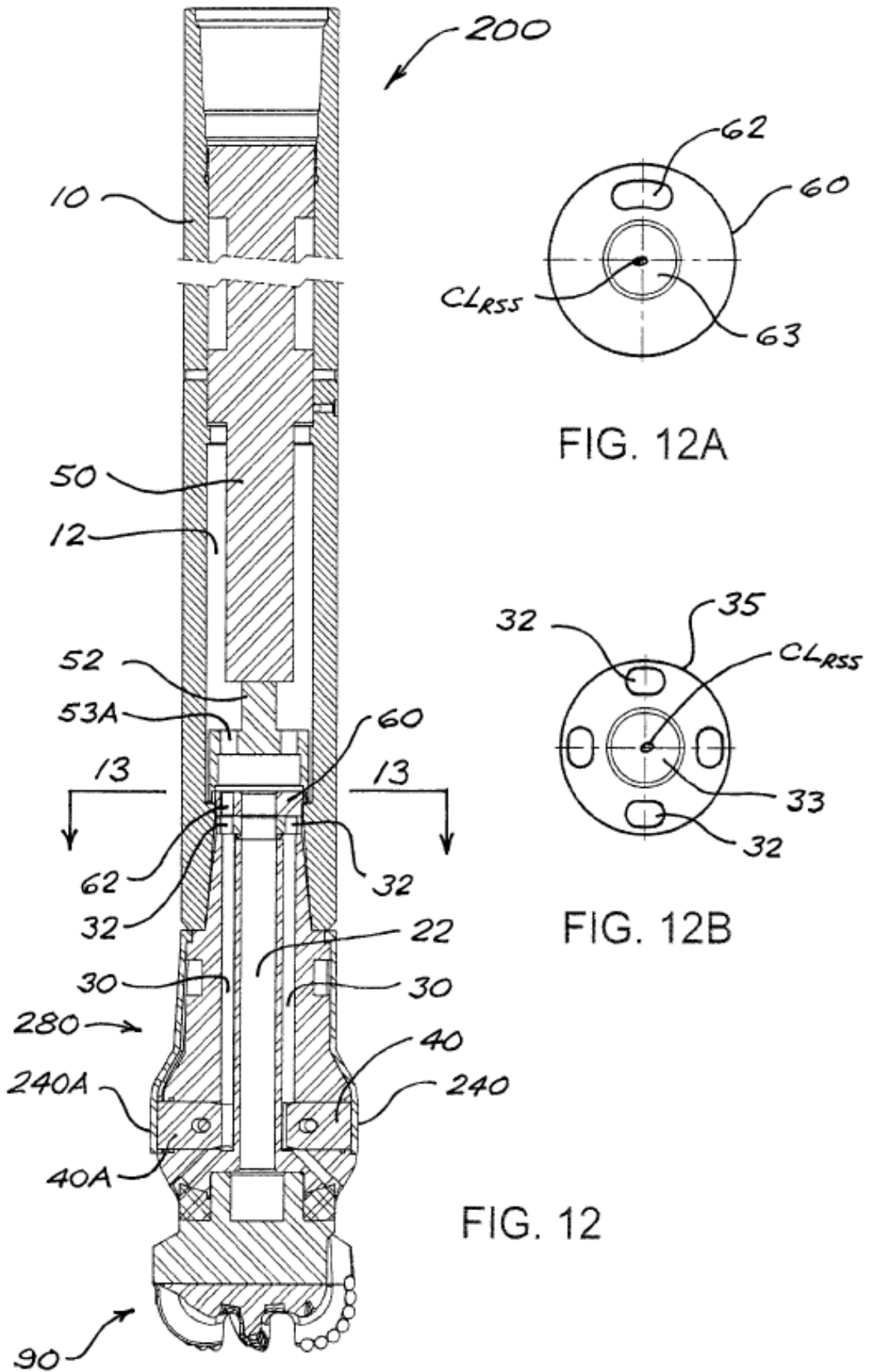


FIG. 10A





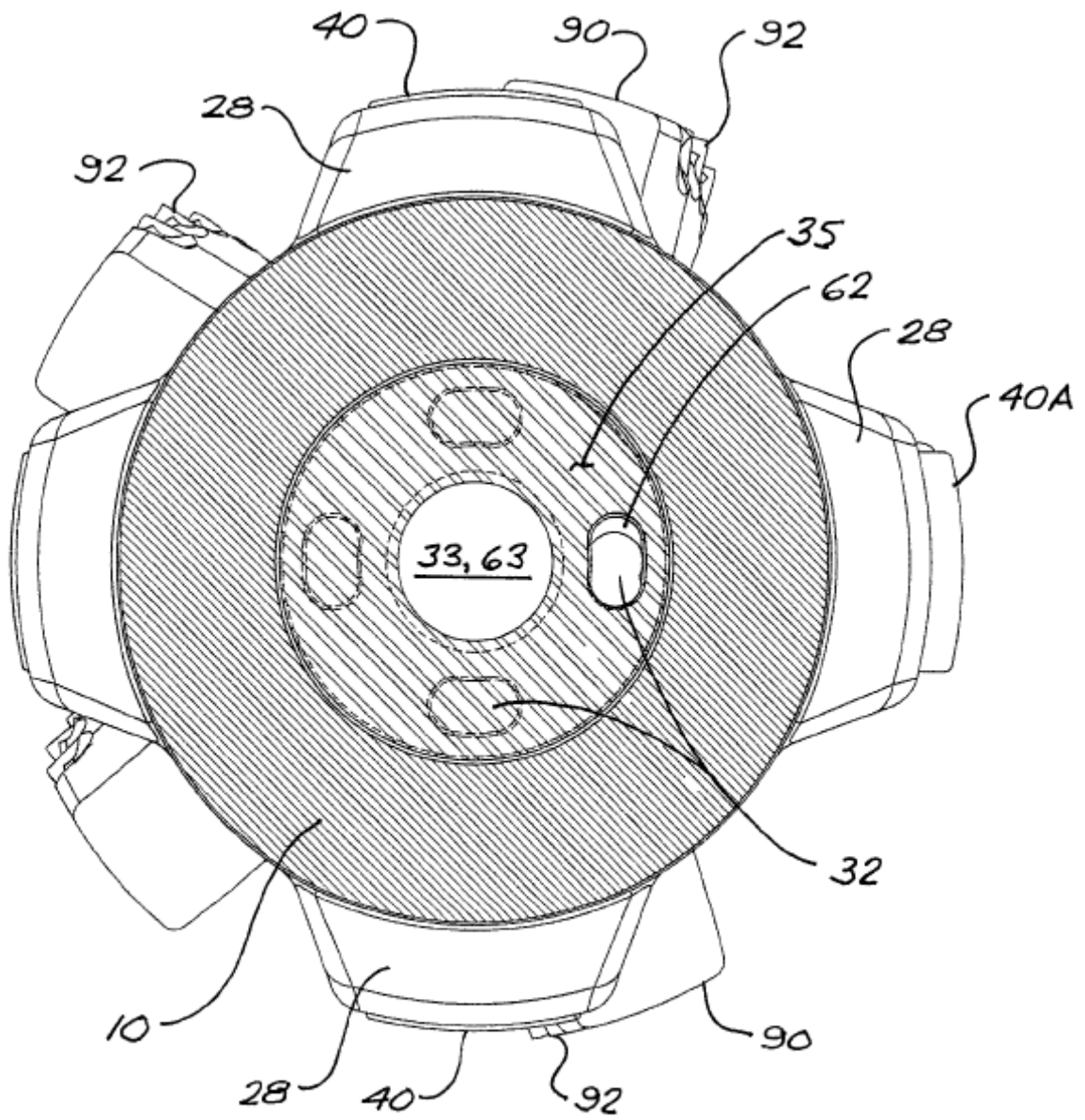
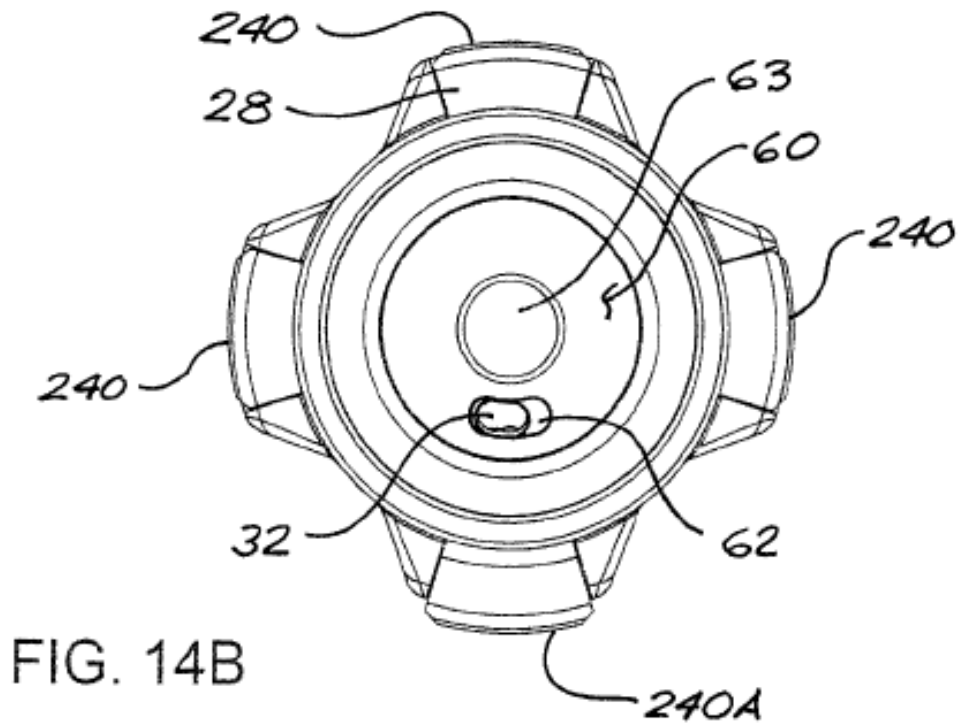
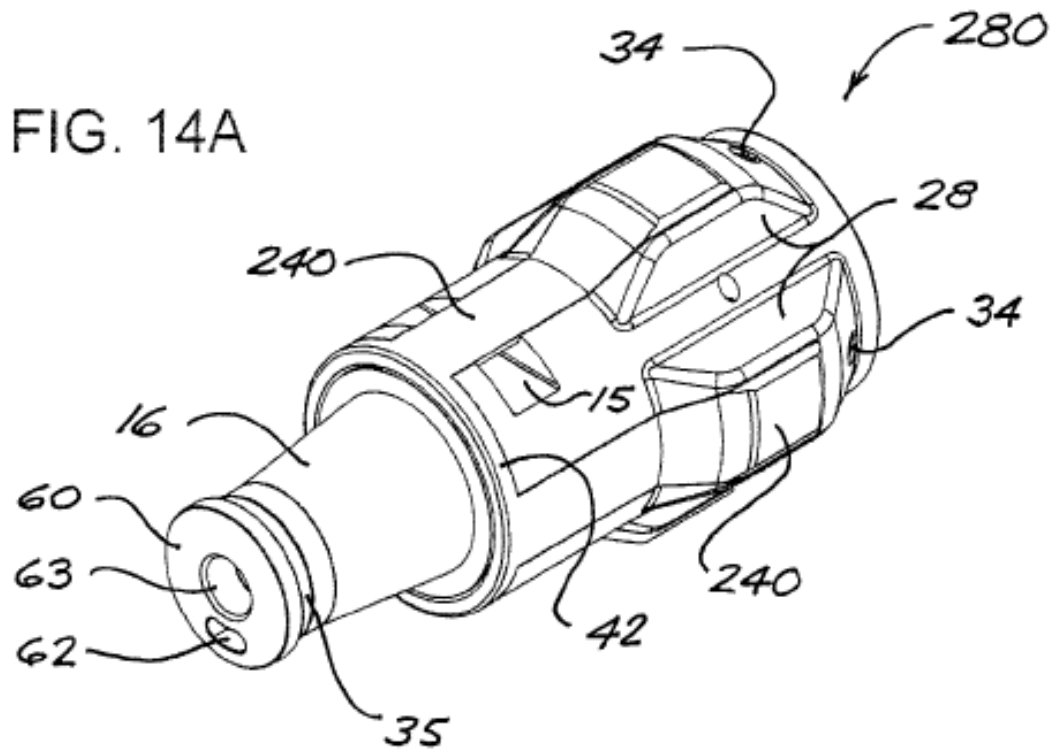


FIG. 13



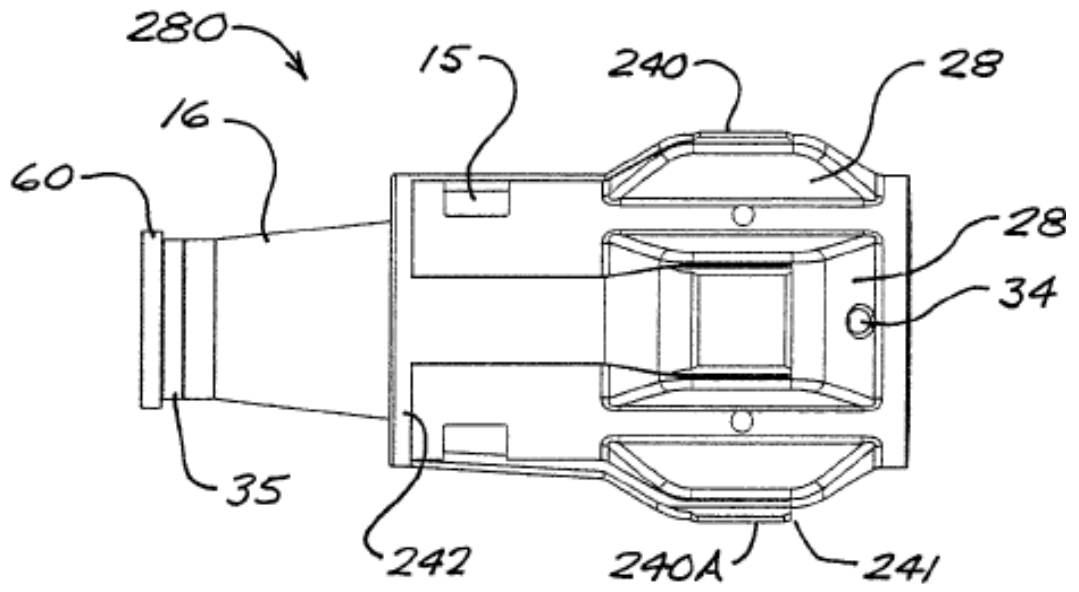


FIG. 14C

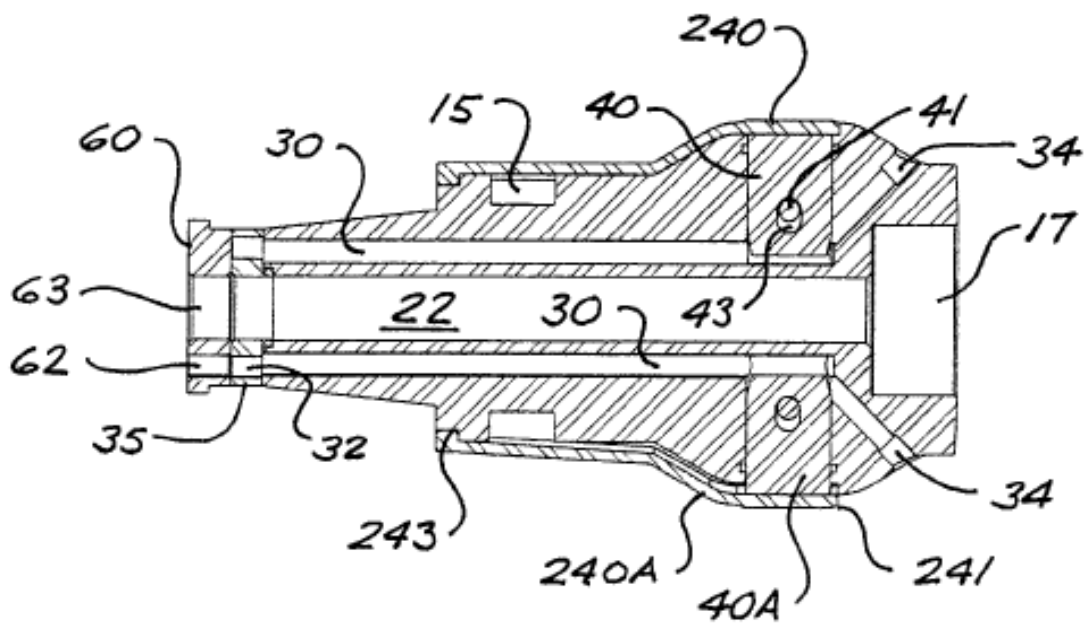
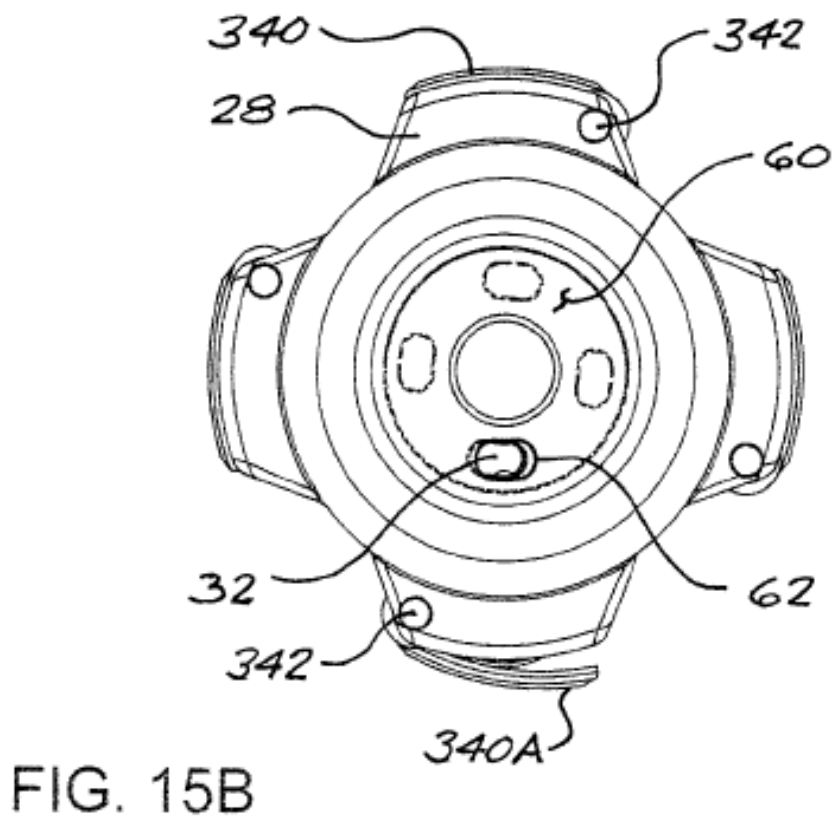
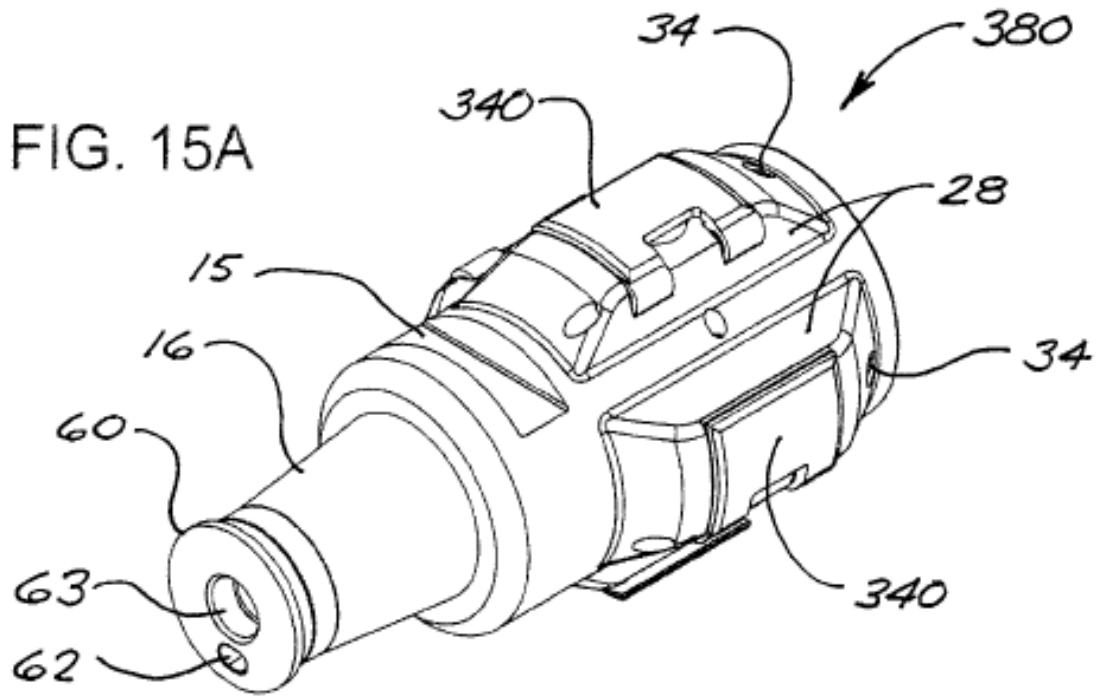


FIG. 14D



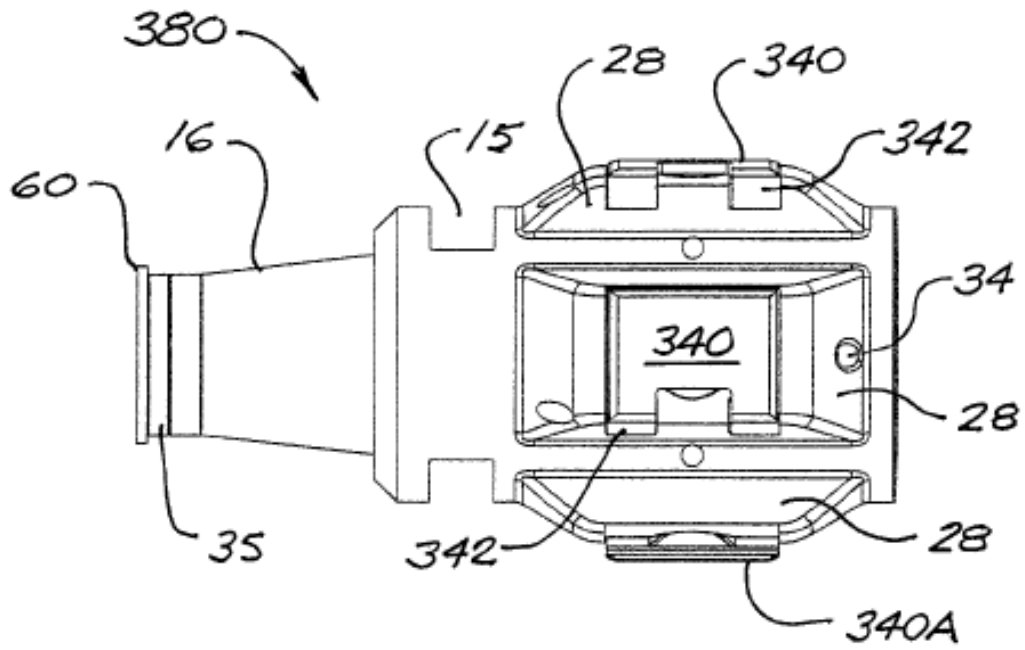


FIG. 15C

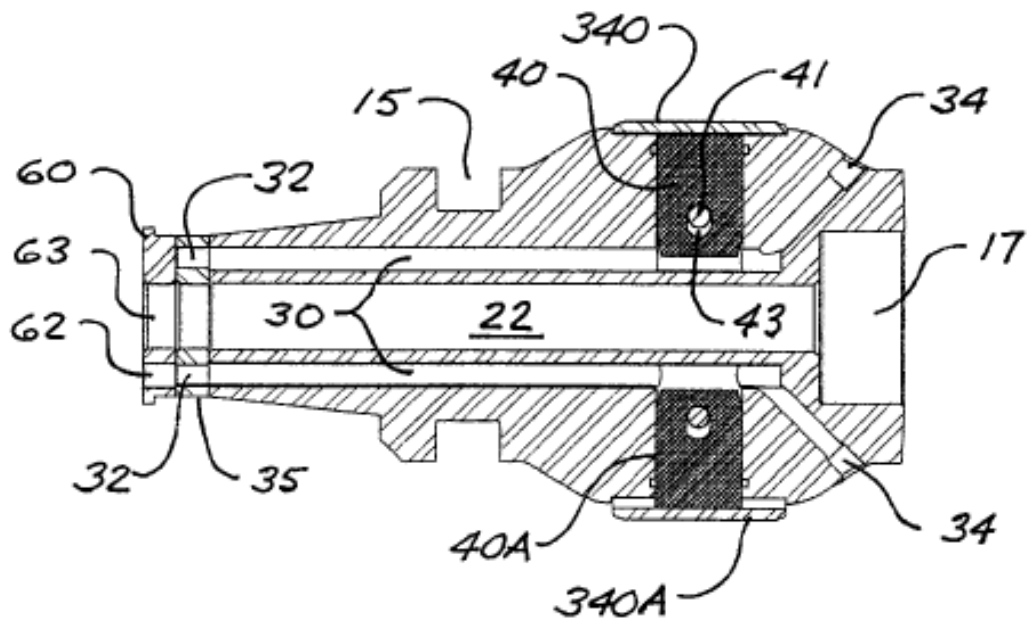


FIG. 15D

FIG. 16A

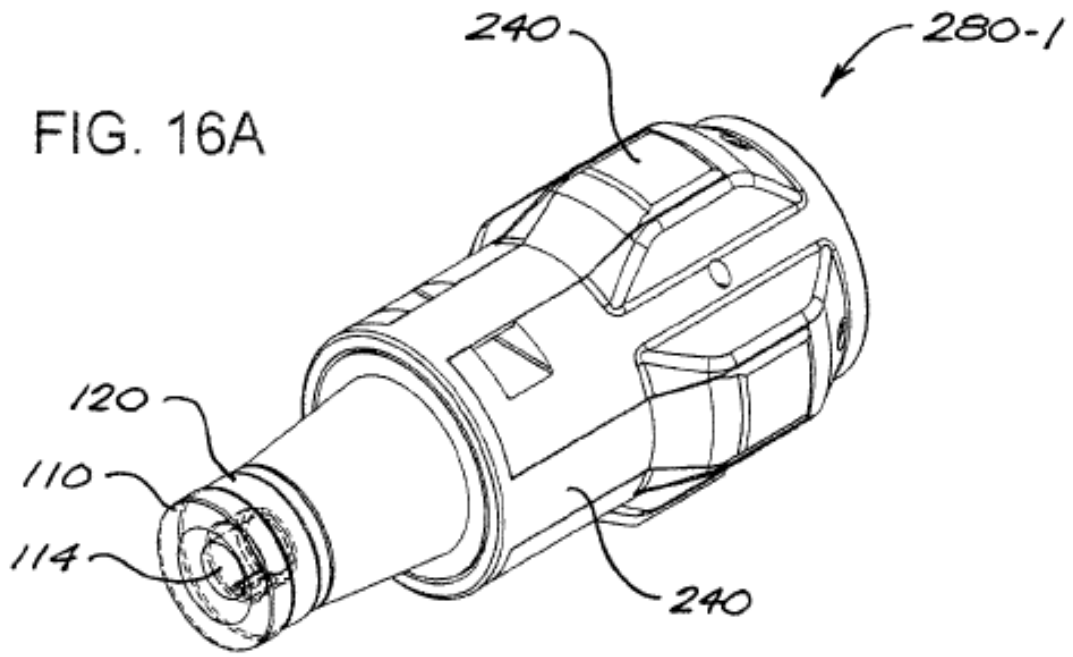
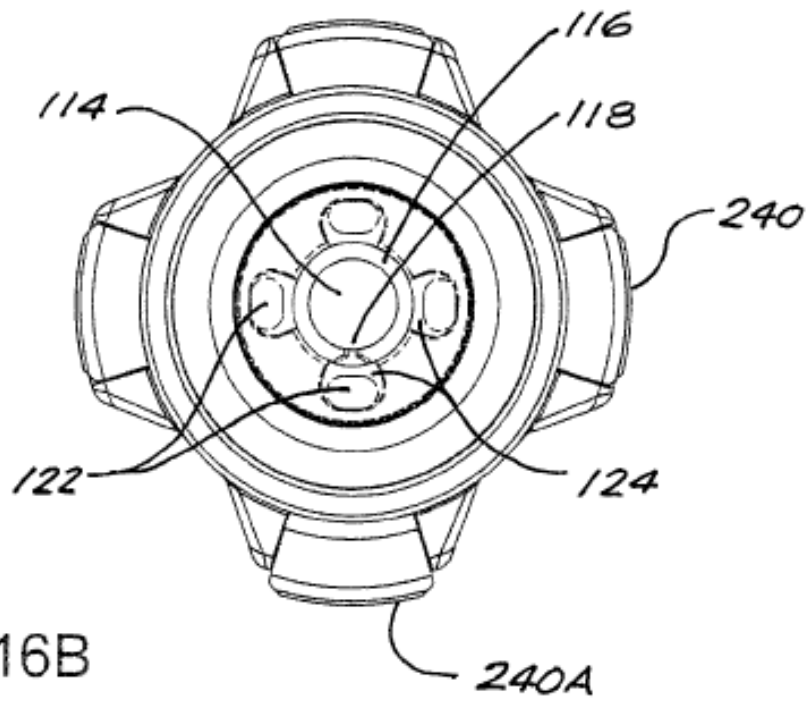


FIG. 16B



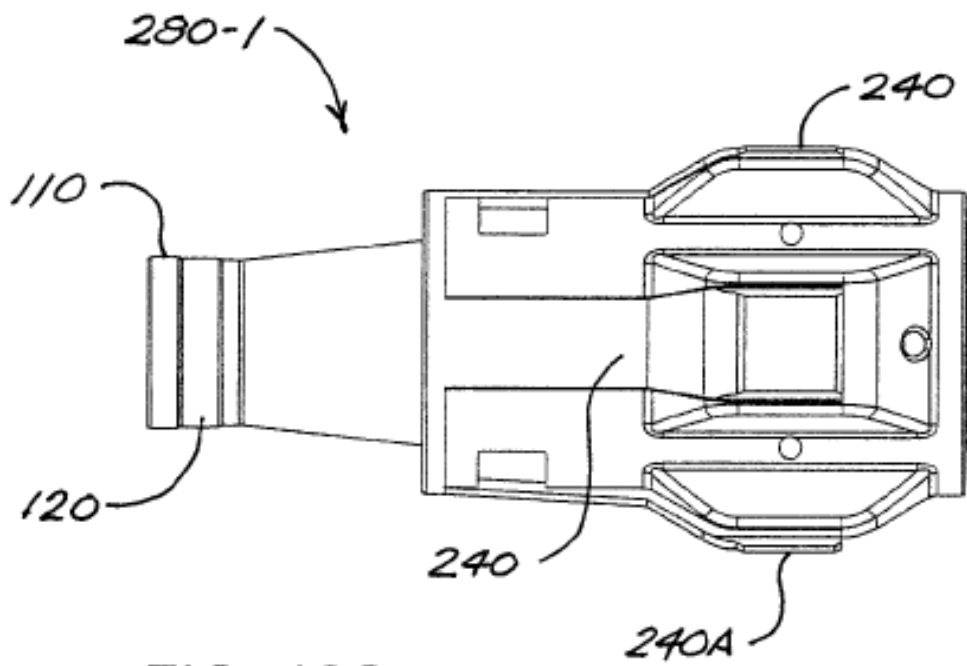


FIG. 16C

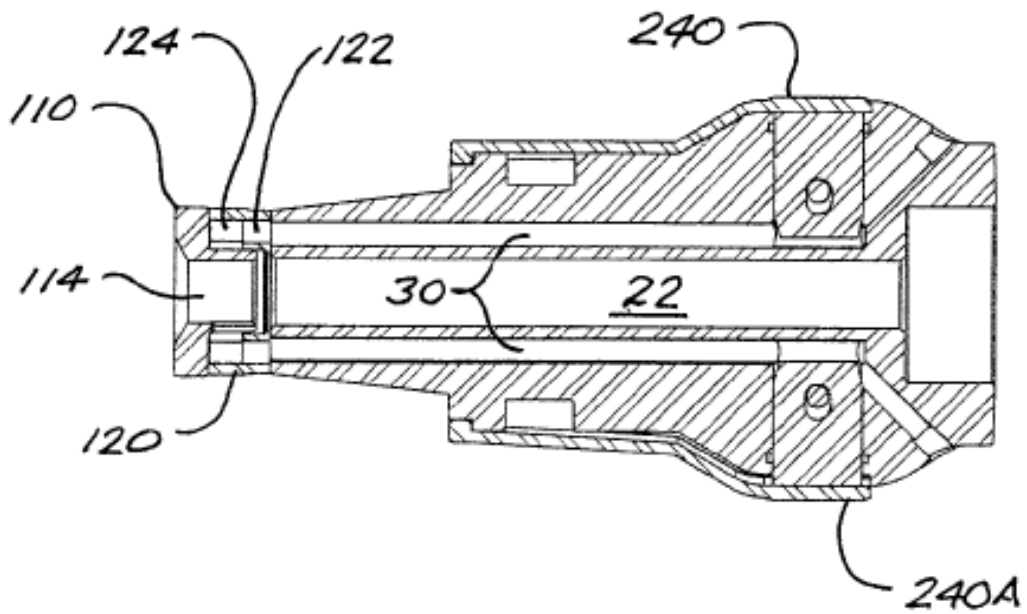


FIG. 16D

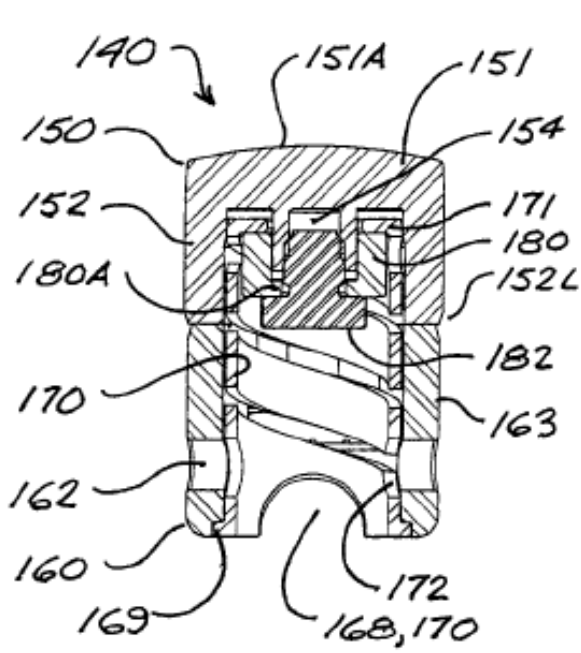


FIG. 17A

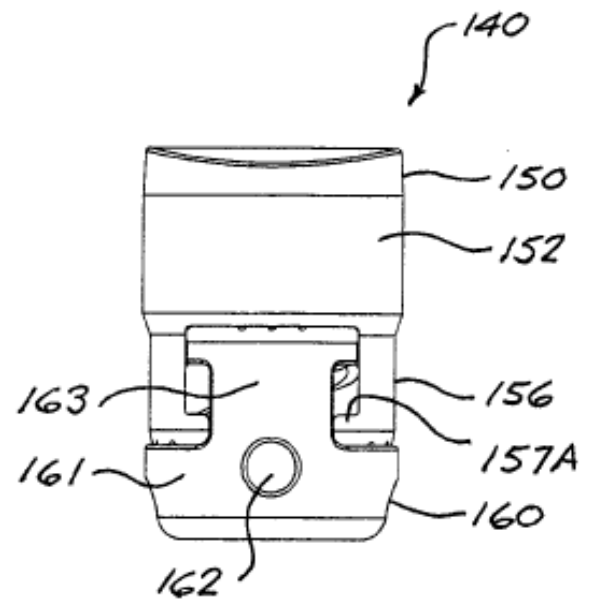


FIG. 18A

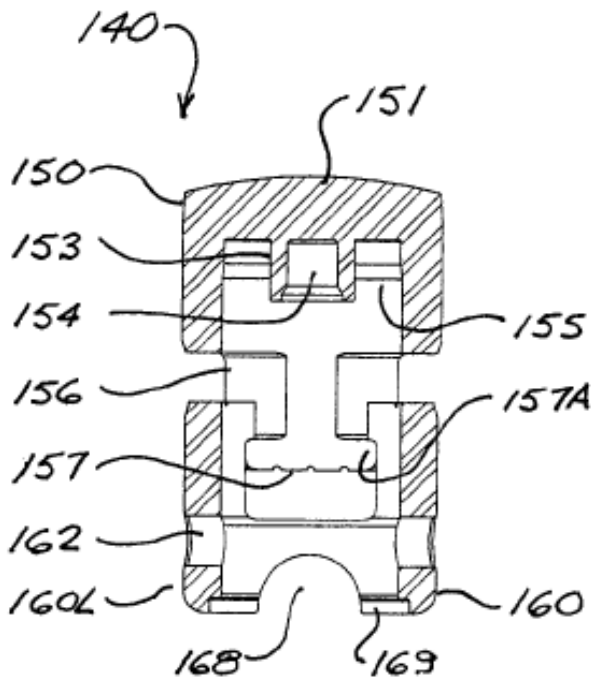


FIG. 17B

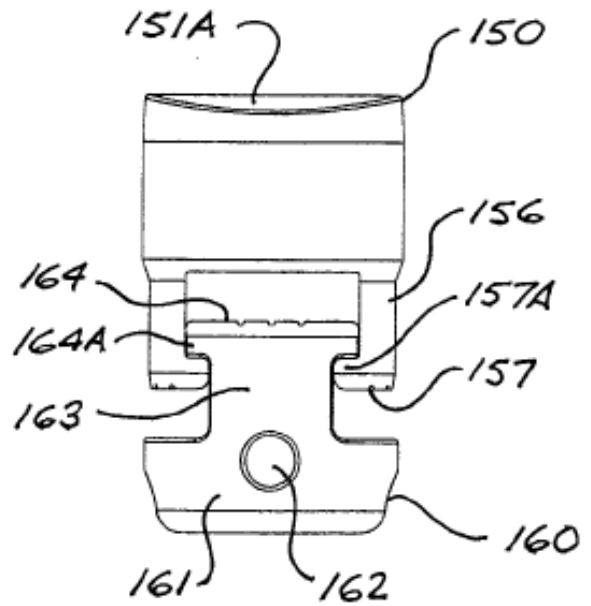
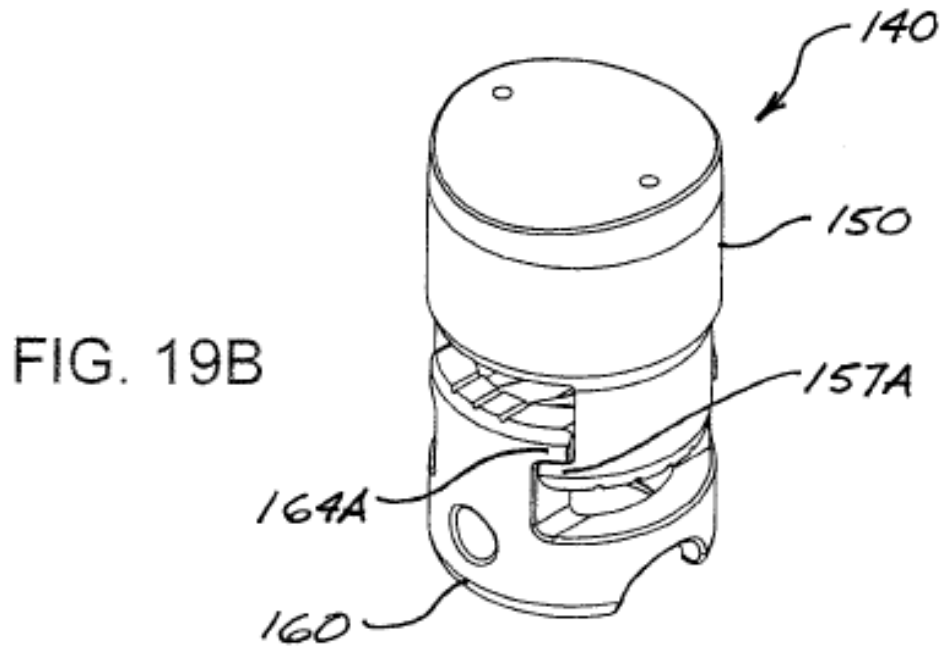
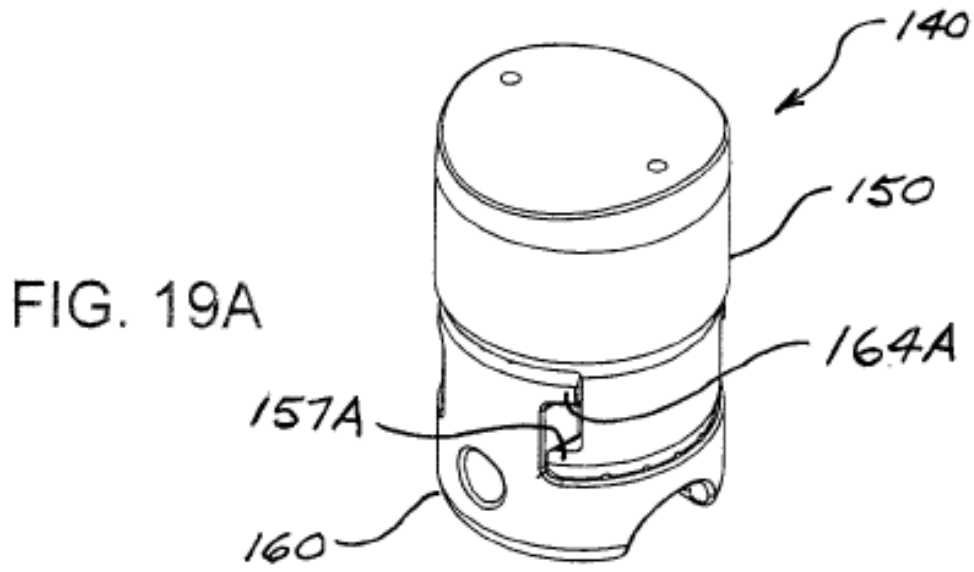
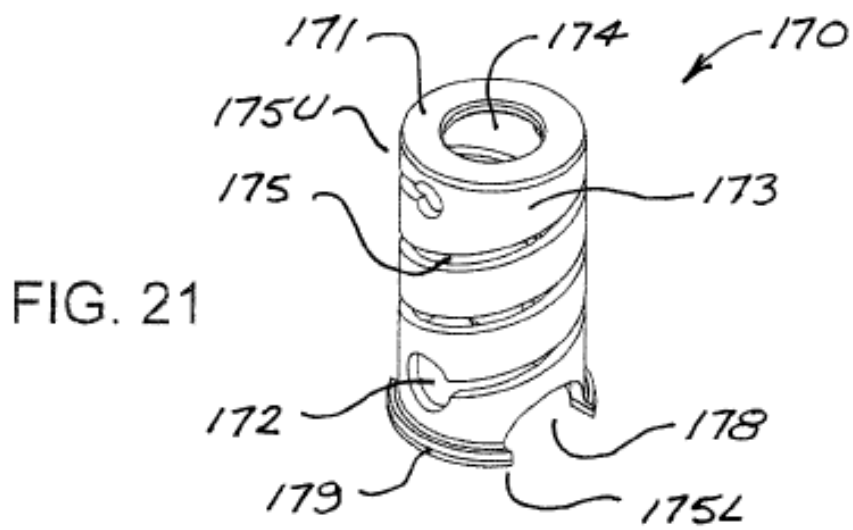
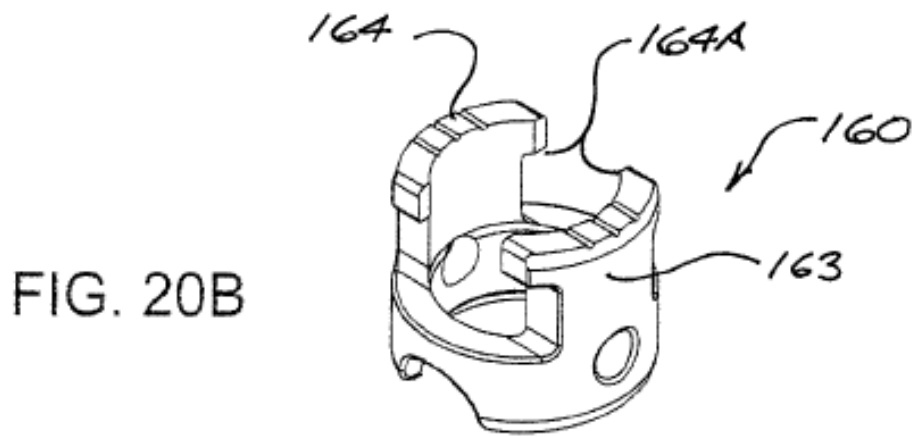
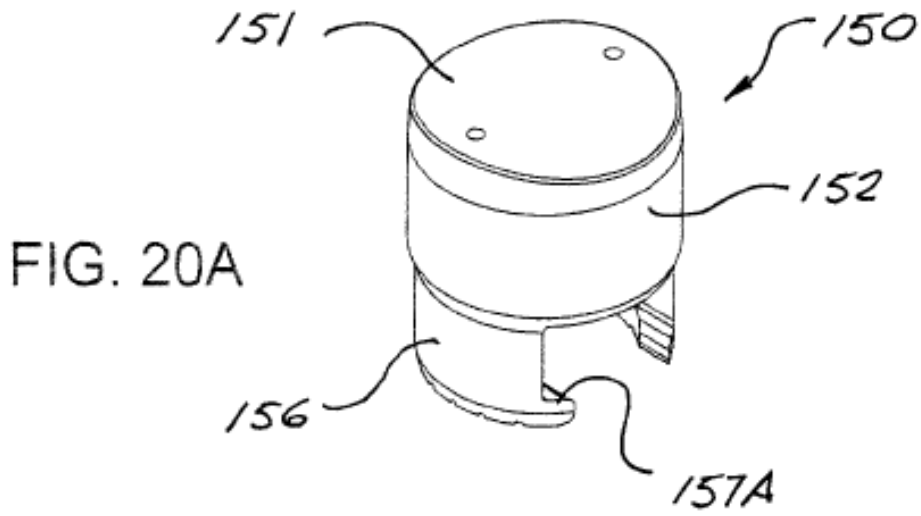


FIG. 18B





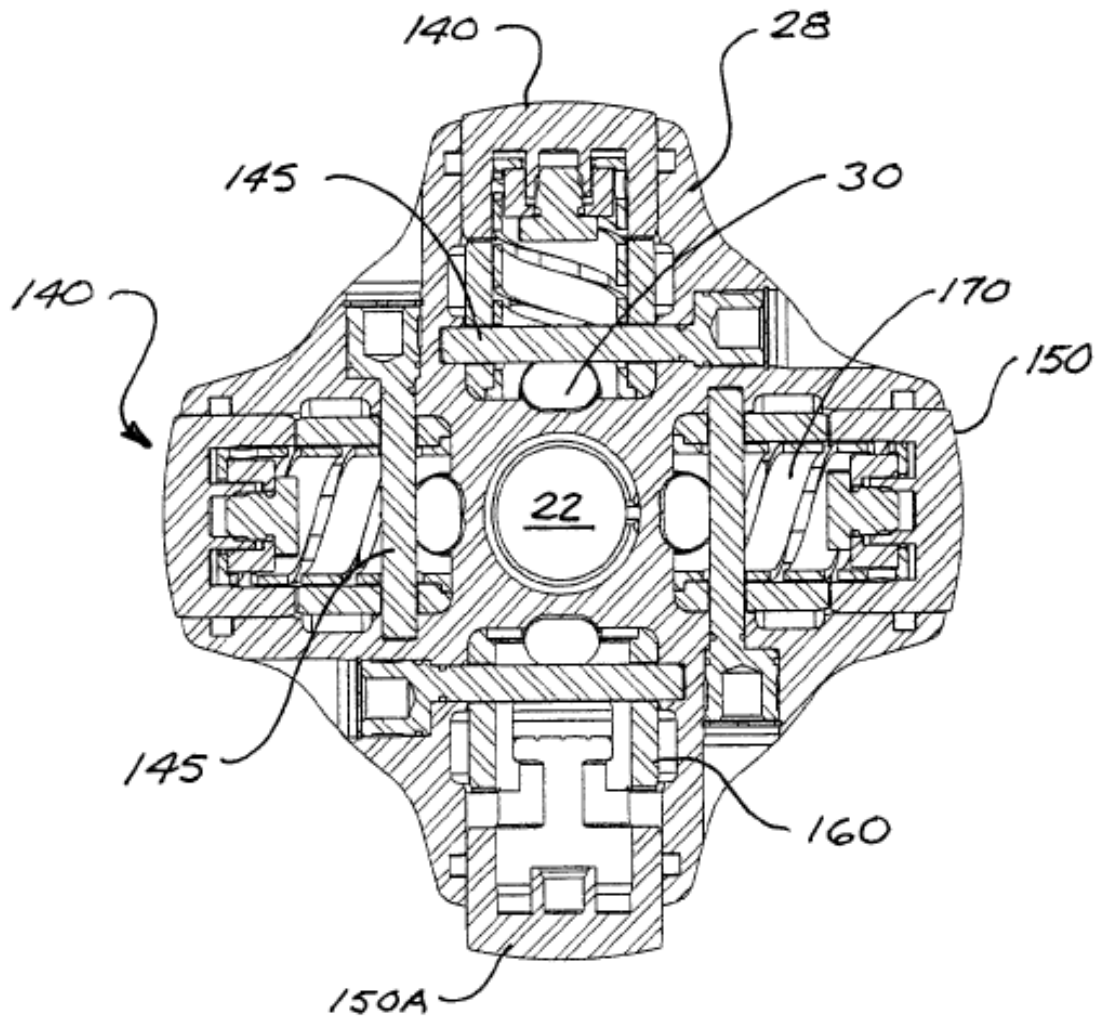


FIG. 22