

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 995 083**

51 Int. Cl.:

E21B 4/02 (2006.01)

E21B 7/06 (2006.01)

E21B 4/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.05.2021 PCT/EP2021/061992**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.11.2021 WO21224391**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.05.2021 E 21726341 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.07.2024 EP 4146900**

54 Título: **Turbina de perforación y procedimiento de perforación direccional**

30 Prioridad:

07.05.2020 DE 102020205764

05.03.2021 DE 102021105398

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.02.2025

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN
FORSCHUNG E.V. (100.00%)
Hansastraße 27c
80686 München, DE**

72 Inventor/es:

GEISSLER, NIKLAS

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 995 083 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

Turbina de perforación y procedimiento de perforación direccional

5 La invención se refiere a una turbina de perforación con una carcasa, en la que está montado de forma giratoria un árbol de accionamiento, y con un rodete de turbina que está concebido para poner en rotación el árbol de accionamiento, pudiendo unirse el árbol de accionamiento a una herramienta de perforación, y presentando la carcasa al menos un conducto de accionamiento con al menos una boca de accionamiento, a través de la cual puede dirigirse un fluido de accionamiento al rodete de turbina. Además, la invención se refiere a un procedimiento de perforación
10 direccional.

Del documento US 4, 333, 539 se conocen una turbina de perforación de este tipo y un procedimiento de este tipo. Esta conocida turbina de perforación presenta una turbina de aire comprimido que acciona una herramienta de perforación a través de un engranaje reductor.

15 Esta conocida turbina de perforación tiene el inconveniente de gran longitud total, de modo que solo pueden realizarse perforaciones direccionales con un radio mínimo grande. Además, el uso en perforaciones profundas llenas de agua es difícil o imposible debido a la presión hidrostática.

20 Otra turbina de perforación se conoce por el documento CN 110 500 041 A.

Partiendo del estado de la técnica, la invención tiene, por tanto, el objetivo de proporcionar una turbina de perforación y un procedimiento de perforación direccional que haga posibles unos radios mínimos estrechos y que también pueda aplicarse en capas de rocas acuíferas. Además, la invención tiene el objetivo de proporcionar una turbina de
25 perforación y un procedimiento de perforación direccional que sea adecuado para roca dura.

De acuerdo con la invención, el objetivo se consigue mediante una turbina de perforación de acuerdo con la reivindicación 1 y un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11.

30 Variantes ventajosas de la invención se hallan en las reivindicaciones subordinadas.

De acuerdo con la invención, se propone una turbina de perforación con una carcasa. La carcasa puede ser de un metal o de una aleación o de materia sintética, en particular de materias sintéticas reforzadas con fibras. La carcasa puede fabricarse mediante conformado primario y/o mecanizado con arranque de virutas. La carcasa puede tener una
35 forma básica cilíndrica. En la carcasa pueden estar formados varios conductos o canales de fluido para transportar un fluido de accionamiento suministrado a puntos predefinibles dentro de la carcasa o para permitir que salga a través de varias aberturas dispuestas en puntos predefinibles.

En la carcasa está soportado de forma giratoria al menos un árbol de accionamiento. El árbol de accionamiento también puede estar fabricado a partir de un metal o una aleación mediante conformado primario y/o mecanizado con arranque de virutas. El árbol de accionamiento puede estar equilibrado de forma conocida para hacer posible una
40 marcha suave en la carcasa y evitar o reducir las vibraciones. El soporte del árbol de accionamiento puede realizarse por medio de un rodamiento, un cojinete liso o un cojinete hidrodinámico.

Además, la turbina de perforación de acuerdo con la invención contiene al menos un rodete de turbina que está concebido para poner en rotación el árbol de accionamiento. Para ello, el rodete de turbina puede unirse al árbol de accionamiento, por ejemplo, mediante pegado y/o soldadura indirecta y/o soldadura directa y/o sujeción por apriete. La carcasa puede estar fabricada a partir de un metal o de una aleación o de materia sintética, en particular de materias sintéticas reforzadas con fibras. El rodete de turbina puede estar hecho en una sola pieza, por ejemplo, mediante
45 fresado o laminado. De esta manera, se pueden reducir los desequilibrios y/o aumentar la resistencia. En otras formas de realización de la invención, el rodete de turbina puede estar realizado en varias piezas, juntándose los componentes individuales para su montaje final. Esto puede facilitar las reparaciones y el mantenimiento.

Además, se propone unir el árbol de accionamiento a una herramienta de perforación durante el funcionamiento de la
55 turbina de perforación. La herramienta de perforación puede estar seleccionada de entre una fresa, una barrena o una herramienta de amolar. La herramienta de perforación puede estar hecha de un metal o una aleación. La herramienta de perforación puede estar provista opcionalmente de un recubrimiento de material duro, por ejemplo TiN o DLC o diamante. En algunas formas de realización de la invención, la herramienta de perforación puede estar unida directamente al árbol de accionamiento o el árbol de accionamiento puede formar el vástago o parte del vástago de la herramienta de perforación. En otras formas de realización de la invención, la herramienta de perforación puede estar
60 unida al árbol de accionamiento a través de una herramienta tensora. En otras formas de realización de la invención, la herramienta de perforación puede estar fijada sobre el rodete de turbina.

En algunas formas de realización de la invención, todos los componentes de la turbina de perforación están hechos de materiales resistentes a las temperaturas y no se utilizan elastómeros, por ejemplo. Esto ofrece la ventaja de que
65 la turbina de perforación puede hacerse funcionar también a temperaturas de funcionamiento muy elevadas, por

ejemplo en yacimientos geotérmicos.

En algunas formas de realización de la invención, puede estar presente una herramienta tensora que está unida al árbol de accionamiento y en la que se recibe la herramienta de perforación. Esto permite cambiar rápidamente la herramienta de perforación.

Por último, la carcasa presenta al menos un conducto de accionamiento. Un primer extremo del conducto de accionamiento está configurado como boca de accionamiento o está provisto de al menos una boca de accionamiento. Cuando la turbina de perforación está en funcionamiento, se puede suministrar un fluido de accionamiento al conducto de accionamiento a través del segundo extremo opuesto. El fluido de accionamiento sale del conducto de accionamiento a través de la boca de accionamiento y es dirigido hacia el rodete de turbina, de modo que el rodete de turbina genera un par de accionamiento en el árbol de accionamiento. La boca de accionamiento puede estar realizada como extremo de tubo de soplado libre. De esta manera, la turbina de perforación puede estar estructurada de forma especialmente sencilla. En otras formas de realización de la invención, la boca de accionamiento puede comprender o estar constituida por una boquilla, cuya geometría está diseñada de tal manera que la velocidad de flujo y/o el diámetro de chorro y/o la geometría de chorro del fluido de accionamiento saliente se adaptan a valores teóricos predefinibles.

De acuerdo con la invención, se propone unir el rodete de turbina directamente al árbol de accionamiento. Igualmente, la herramienta de perforación o la herramienta tensora para recibir la herramienta de perforación también está unida directamente al árbol de accionamiento, de modo que el rodete de turbina, el árbol de accionamiento y la herramienta de perforación rotan a la misma velocidad durante el funcionamiento. Esta característica tiene el efecto de aumentar el número de revoluciones y reducir el par en comparación con las turbinas de perforación conocidas. Debido a la alta velocidad y el bajo par, son adecuadas las herramientas de corte con un mecanismo de destrucción de roca por amolado o raspado y una reducida agresividad de la barrena. De esta manera, solo es necesario aplicar un reducido par en el árbol de accionamiento para hacer girar la herramienta de perforación. De esta manera, durante el proceso de perforación se producen recortes de perforación muy finos, de modo que se forma una suspensión tras mezclarse con el fluido de accionamiento que refluye. Además, se va formando un pozo con una pared de pozo uniforme y rectilínea. Ambas cosas repercuten ventajosamente en la evacuación de los recortes de perforación de la perforación. Dado que la barrena está unida directamente al rodete de turbina sin engranaje intercalado, la turbina de perforación puede construirse de forma muy pequeña y compacta. Esto hace posible un pequeño radio de desviación de la perforación. Además, no se producen pérdidas mecánicas ni puntos débiles a través un posible engranaje.

De acuerdo con la invención, la carcasa tiene una longitud de aproximadamente 3 cm a aproximadamente 15 cm y/o un diámetro de aproximadamente 3 cm a aproximadamente 7,5 cm. Las dimensiones exteriores compactas hacen posibles unos radios de guía estrechos, de modo que incluso a partir de orificios verticales comparativamente pequeños, por ejemplo, con un diámetro de aproximadamente 10 cm a aproximadamente 15 cm o de aproximadamente 10 cm a aproximadamente 25 cm, se pueden realizar perforaciones direccionales en un ángulo de aproximadamente 30° a aproximadamente 90° o de aproximadamente 35° a aproximadamente 60°.

En algunas formas de realización de la invención, la turbina de perforación está concebida como turbina de presión constante. Una turbina con álabes de presión constante puede tener un par de arranque superior en comparación con otras turbinas. Esto reduce el riesgo de que la herramienta de perforación se atasque durante el proceso de perforación. Otra ventaja puede ser que el accionamiento de turbina puede construirse de forma muy compacta.

En algunas formas de realización de la invención, la turbina de perforación puede hacerse funcionar con agua reciclada. Para ello, el fluido de accionamiento que sale de la turbina de perforación se recoge, se limpia de recortes de perforación e impurezas y se vuelve a introducir en la turbina de perforación como agua reciclada, a través de una bomba. La limpieza puede realizarse a través de al menos un separador de sólidos y/o al menos una capa filtrante y/o al menos un separador ciclónico y/o mediante al menos un tanque de sedimentación.

En algunas formas de realización de la invención, la carcasa de la turbina de perforación está provista de una pluralidad de patines guía. De esta manera, se puede hacer posible un avance fácil de la turbina de perforación por el pozo y/o aumentar la estabilidad direccional durante la perforación.

En algunas formas de realización de la invención, la pluralidad de patines guía puede seleccionarse entre aproximadamente 3 y aproximadamente 8 patines guía. Esto hace posible un guiado estable con reducidas superficies de contacto, lo que permite reducir las fuerzas de avance.

En algunas formas de realización de la invención, las superficies exteriores de los patines guía están dispuestas sobre una envolvente, cuyo diámetro corresponde aproximadamente al diámetro de la herramienta de perforación. En algunas formas de realización de la invención, el diámetro de la envolvente puede ser entre aproximadamente 0 % y aproximadamente 5 % menor que el diámetro de la herramienta de perforación. Esto puede evitar o reducir el atasco de la turbina de perforación en el pozo.

En algunas formas de realización de la invención, la carcasa presenta un solo conducto de suministro que está provisto

de un segundo acoplamiento de manguera. El segundo acoplamiento de manguera puede estar realizado como acoplamiento rápido para hacer posible un cambio rápido en el campo. De esta manera, pueden conectarse conductos de diferentes longitudes y/o diámetros para adaptar la turbina de perforación a diferentes condiciones de uso.

5 En algunas formas de realización de la invención, el conducto de suministro dispuesto dentro de la carcasa puede estar dividido en una pluralidad de subconductos de suministro. Esto permite distribuir el fluido de accionamiento en la carcasa de forma que allí siempre estará disponible un caudal parcial allí donde se necesite respectivamente. Al mismo tiempo, la turbina de perforación puede conectarse a un conducto de alimentación central que hace posible un fácil manejo.

10 En algunas formas de realización de la invención, al menos un subconducto de suministro está conectado a al menos un conducto de accionamiento. De esta manera, pueden estar dispuestos varios conductos de accionamiento o varias bocas de accionamiento a lo largo de la circunferencia de la carcasa, que generen un flujo redundante y uniforme del medio de accionamiento. De esta manera, pueden incrementarse la seguridad operativa de la turbina de perforación y/o el par en el árbol de accionamiento y/o puede ser más uniforme la emisión de potencia.

En algunas formas de realización de la invención, a al menos un subconducto de suministro está conectado al menos un conducto de retorno. En algunas formas de realización de la invención, el conducto de retorno desemboca en al menos una abertura de retorno que está dispuesto en el extremo de la carcasa que está opuesto a la herramienta de perforación. Esto hace posible un avance uniforme de la turbina de perforación, de manera que puede generar una perforación direccional con el curso deseado. La abertura de retorno puede estar realizada como un extremo de tubo de soplado libre. De esta manera, la turbina de perforación puede estar estructurada de forma especialmente sencilla. En otras formas de realización de la invención, la abertura de retorno puede contener o estar constituida por una boquilla, cuya geometría está diseñada de tal manera que la velocidad de flujo y/o el diámetro de chorro y/o la geometría de chorro y/o la dirección de chorro del fluido de accionamiento saliente se adaptan a valores teóricos predefinibles. De esta manera, se puede conseguir un control de la turbina de perforación durante el avance y/o disipar el par que actúa sobre la carcasa debido a las fuerzas de corte. La turbina de perforación puede estabilizarse mediante una orientación de la boquilla inclinada hacia fuera de forma ligeramente oblicua.

30 En algunas formas de realización de la invención, la carcasa presenta al menos un primer conducto de suministro y al menos un segundo conducto de suministro. En algunas formas de realización de la invención, el primer conducto de suministro y el segundo conducto de suministro pueden estar dispuestos concéntricamente uno respecto a otro. En este caso, la turbina de perforación puede ser alimentada de fluido de accionamiento a través de un conducto de suministro, que presenta un conducto interior y un conducto exterior que lo circunda. Estas características tienen el efecto de que la cantidad de fluido suministrado a los conductos de retorno y la cantidad de fluido suministrado a los conductos de accionamiento pueden ser controladas o reguladas por separado. Esto permite ajustar por separado la fuerza de avance y el par de accionamiento.

40 En algunas formas de realización de la invención, pueden estar previstos varios primeros conductos de suministro para, de esta manera, poder ajustar por separado la presión y/o la cantidad del fluido de accionamiento en diferentes conductos de retorno con respectivamente al menos una abertura de retorno. Esto permite influir en la dirección de avance de la turbina de perforación de acuerdo con la invención durante el proceso de perforación.

45 En algunas formas de realización de la invención, el conducto de accionamiento presenta al menos una sección longitudinal que forma un ángulo de aproximadamente 20° a aproximadamente 70° con respecto al eje longitudinal de la turbina de perforación. En otras formas de realización de la invención, el conducto de accionamiento presenta al menos una sección longitudinal que forma un ángulo de aproximadamente 30° a aproximadamente 60° con respecto al eje longitudinal de la turbina de perforación. A su vez, en otras formas de realización de la invención, el conducto de accionamiento presenta al menos una sección longitudinal que forma un ángulo de aproximadamente 45° con respecto al eje longitudinal de la turbina de perforación. En algunas formas de realización de la invención, el rodete de turbina está provisto de una pluralidad de elementos deflectores que tienen respectivamente una superficie deflectora. El conducto de accionamiento puede presentar al menos una sección longitudinal que discurra de forma aproximadamente paralela al vector normal de las superficies deflectoras. Esto puede incrementar el par generado y/o el número de revoluciones.

55 En algunas formas de realización de la invención, los elementos deflectores pueden tener superficies deflectoras curvadas. La curvatura puede ser cóncava en el lado orientado hacia el chorro. De esta manera, se puede incrementar la eficiencia de la turbina de presión constante en comparación con superficies deflectoras planas.

60 En algunas formas de realización de la invención, la carcasa presenta al menos una cámara de alojamiento que contiene al menos un rodamiento de bolas para el árbol de accionamiento. El soporte por al menos un rodamiento de bolas ofrece la ventaja de una baja resistencia a la fricción incluso a altas velocidades y con elevadas fuerzas que actúan en dirección axial. Además, los rodamientos de bolas pueden sustituirse de forma económica como piezas de desgaste.

65 En algunas formas de realización de la invención, el árbol de accionamiento puede estar soportado en la carcasa con

al menos un hidrosoporte y/o al menos un cojinete liso.

En algunas formas de realización de la invención, la carcasa presenta al menos una cámara de alojamiento y al menos un conducto de unión, desembocando el conducto de unión en la cámara de alojamiento a partir del conducto de suministro y/o de un subconducto de suministro. De esta manera, a la cámara del alojamiento puede suministrarse una parte del fluido de accionamiento. La ventaja de esta forma de realización es que hace posible de una manera sencilla una buena lubricación y refrigeración de los cojinetes. Además, se puede prescindir de estanqueizar la cámara de alojamiento, ya que los recortes de perforación no pueden ser arrastrados a la cámara de alojamiento contra el flujo del fluido de accionamiento o son evacuados de la cámara de alojamiento por el fluido de accionamiento. De este modo, se evitan las pérdidas por fricción por una estanqueización.

En algunas formas de realización de la invención, el árbol de accionamiento puede tener al menos un orificio hueco. Este puede estar unido a al menos una abertura de lavado a través de la cual puede conducirse un fluido hacia una superficie frontal de la herramienta de perforación durante el funcionamiento de la turbina de perforación. Esto hace posible la lubricación y/o refrigeración de la herramienta de perforación y la evacuación de los recortes de perforación producidos, de modo que es posible una rápida propulsión con una larga vida útil de la herramienta de perforación.

En algunas formas de realización de la invención, la carcasa tiene un diámetro de aproximadamente 3 cm a aproximadamente 7,5 cm. En otras formas de realización de la invención, la carcasa tiene un diámetro de aproximadamente 2,5 cm a aproximadamente 4,5 cm.

En algunas formas de realización de la invención, la carcasa tiene una longitud de aproximadamente 3 cm a aproximadamente 7 cm. En otras formas de realización de la invención, la carcasa tiene una longitud de aproximadamente 4 cm a aproximadamente 6 cm. Las dimensiones exteriores compactas hacen posibles unos radios de guía estrechos, de modo que incluso a partir de orificios verticales comparativamente pequeños, por ejemplo, con un diámetro de aproximadamente 10 cm a aproximadamente 15 cm o de aproximadamente 10 cm a aproximadamente 25 cm, se pueden realizar perforaciones direccionales en un ángulo de aproximadamente 30° a aproximadamente 90° o de aproximadamente 35° a aproximadamente 60°.

En algunas formas de realización de la invención, el rodete de turbina y/o una herramienta tensora y/o la herramienta de perforación presentan un desequilibrio. Dado que la velocidad de corte de una herramienta de perforación en rotación aumenta con la distancia al eje de giro, se evita que el punto central de la herramienta de perforación esté posicionado siempre en el mismo punto de la roca. Esto puede aumentar la remoción.

En algunas formas de realización de la invención, el rodete de turbina y/o una herramienta tensora y/o la herramienta de perforación tienen al menos una abertura en la que se puede alojar al menos un peso. Esto permite establecer un desequilibrio insertando pesos de masas diferentes en aberturas distintas. La abertura puede tener una sección transversal poligonal o redonda. La abertura puede estar realizada como una ranura anular en la que puede insertarse un peso en forma de anillo. Para ello, el peso puede ser no homogéneo o la ranura anular puede insertarse de forma excéntrica.

En algunas formas de realización de la invención, el peso puede tener una masa de aproximadamente 0,1 g a aproximadamente 10 g. En otras formas de realización de la invención, el peso puede tener una masa de aproximadamente 0,5 g a aproximadamente 3 g. En algunas formas de realización de la invención, el peso puede tener una masa de aproximadamente 10 g a aproximadamente 100 g. En otras formas de realización de la invención, el peso puede tener una masa de aproximadamente 15 g a aproximadamente 50 g. A su vez, en otras formas de realización de la invención, el peso puede tener una masa de aproximadamente 10 g a aproximadamente 20 g. Este intervalo de masas permite crear un desequilibrio lo suficientemente grande como para garantizar, por un lado, un avance eficiente y, por otro, hacer posible un control de la turbina de perforación.

De acuerdo con la invención, se propone además un procedimiento de perforación direccional, en el que se utiliza una turbina de perforación como la descrita anteriormente. A efectos de la presente descripción, se entiende por perforación direccional una perforación profunda en cuya dirección se influye. En el caso más sencillo, de esta manera se garantiza que la perforación discurra verticalmente desde la superficie terrestre. En otras realizaciones de la invención, la perforación puede realizarse en una dirección deseada. Por ejemplo, una perforación puede ramificarse casi horizontalmente a partir de una perforación de curso vertical. Esto permite llegar a los yacimientos de forma selectiva o crear nuevas vías que mejoran el llenado de la perforación. El procedimiento de acuerdo con la invención puede utilizarse, por ejemplo, para aprovechar la energía geotérmica, para la construcción de pozos o para la extracción de petróleo.

En algunas formas de realización de la invención, la perforación direccional puede realizarse a partir de una primera perforación. En algunas formas de realización, la primera perforación puede estar entubada. En algunas formas de realización, la primera perforación puede tener un diámetro mayor que la perforación direccional. La primera perforación puede tener un diámetro de entre aproximadamente 8 cm y aproximadamente 22 cm. En algunas formas de realización de la invención, la turbina de perforación puede insertarse en la primera perforación hasta una posición predefinible y alinearse allí por medio de una zapata de desviación en un ángulo predefinible con respecto a la pared

de la primera perforación. En algunas formas de realización de la invención, se utiliza una primera herramienta de perforación para perforar un entubado de la primera perforación y se utiliza una segunda herramienta de perforación para la propulsión de la perforación direccional. La primera herramienta de perforación puede ser un cabezal de fresado para el mecanizado de metal y la segunda herramienta de perforación puede ser una barrena para producir una perforación direccional de pequeño calibre en roca dura. En otras formas de realización de la invención, para perforar el entubado y para la propulsión la perforación direccional se utiliza la herramienta de perforación idéntica.

En algunas formas de realización de la invención, la turbina de perforación de acuerdo con la invención se utiliza para perforar un entubado de la primera perforación. A continuación, la perforación direccional de pequeño calibre también puede realizarse con otro procedimiento conocido. En otras formas de realización de la invención, se utiliza un procedimiento conocido para perforar un entubado de la primera perforación. Si el orificio vertical no presenta ningún entubado, también puede omitirse el paso de procedimiento de la perforación del entubado. A continuación, se perfora la perforación direccional de pequeño calibre con la turbina de perforación de acuerdo con la invención tal como se ha descrito anteriormente.

En algunas formas de realización de la invención, se utiliza un fluido incompresible como fluido de accionamiento para hacer funcionar la turbina de perforación. De esta manera, el funcionamiento también es posible cuando la turbina de perforación está completamente sumergida en líquido.

En algunas formas de realización de la invención, el fluido de accionamiento puede contener o estar constituido por agua. Esto hace posible trabajar en la construcción de pozos o en yacimientos geotérmicos sin introducir suciedad.

En algunas formas de realización de la invención, el fluido de accionamiento se puede suministrar a una presión de aproximadamente 80 bar a aproximadamente 200 bar. En otras formas de realización de la invención, el fluido de accionamiento se puede suministrar a una presión de aproximadamente 100 bar a aproximadamente 160 bar. En algunas formas de realización de la invención, el fluido de accionamiento se puede suministrar con un caudal de aproximadamente 80 l/min a aproximadamente 300 l/min. En otras formas de realización de la invención, el fluido de accionamiento se puede suministrar con un caudal de aproximadamente 150 l/min a aproximadamente 250 l/min. Esta presión también se puede suministrar a la turbina de perforación a través de largas distancias de más de 150 m o más de 500 m o más de 1000 m o más de 3000 m a través de diámetros de manguera comparativamente pequeños, de modo que la potencia de accionamiento resultante del producto de la presión y el caudal se puede suministrar de forma fiable incluso a grandes profundidades de perforación.

En algunas formas de realización de la invención, el árbol de accionamiento y la herramienta de perforación pueden rotar a un número de revoluciones de aproximadamente 15.000 min^{-1} a aproximadamente 35.000 min^{-1} durante el funcionamiento. En otras formas de realización de la invención, el árbol de accionamiento y la herramienta de perforación pueden rotar con un número de revoluciones de aproximadamente 20.000 min^{-1} a aproximadamente 30.000 min^{-1} durante el funcionamiento. El número de revoluciones durante el funcionamiento de la herramienta de perforación se ajusta por el equilibrio de par entre el par de accionamiento aplicado por el rodete de turbina y el contrapar generado por las fuerzas de corte de la herramienta de perforación. En algunas formas de realización de la invención, el número de revoluciones de ralentí de la turbina de perforación puede estar comprendido entre aproximadamente 50.000 min^{-1} y aproximadamente 100.000 min^{-1} .

En algunas formas de realización de la invención, en el árbol de accionamiento y la herramienta de perforación se puede generar un par de aproximadamente 0,5 Nm a aproximadamente 5 Nm. En otras formas de realización de la invención, en el árbol de accionamiento y la herramienta de perforación se puede generar un par de aproximadamente 1 Nm a aproximadamente 3 Nm. A su vez, en otras formas de realización de la invención, en el árbol de accionamiento y la herramienta de perforación se puede generar un par de aproximadamente 1,5 Nm a aproximadamente 2,5 Nm. A causa del alto número de revoluciones y al bajo par en comparación con las turbinas de perforación convencionales, son adecuadas las herramientas de corte con mecanismos de destrucción de roca por amolado o por raspado. De esta manera, durante el proceso de perforación se producen recortes de perforación muy finos, de modo que se forma una suspensión al mezclarse con el fluido de accionamiento que refluye. Además, se va formando un pozo con una pared de pozo uniforme y rectilínea. Ambas cosas repercuten ventajosamente en la evacuación de los recortes de perforación de la perforación.

En algunas formas de realización de la invención, el fluido de accionamiento se puede suministrar a través de un conducto de suministro que presenta una primera sección longitudinal con un primer diámetro y una segunda sección longitudinal con un segundo diámetro, siendo el primer diámetro mayor que el segundo diámetro. La primera sección longitudinal evita que se produzcan pérdidas de presión elevadas en la mayor parte del trayecto a recorrer y la segunda sección longitudinal está elegida lo suficientemente pequeña para que la tubería pueda ser guiada por una zapata de desviación incluso en una perforación direccional con un diámetro reducido y un radio pequeño. En algunas formas de realización de la invención, el primer diámetro está elegido entre aproximadamente 25 mm y aproximadamente 100 mm o entre aproximadamente 35 mm y aproximadamente 60 mm. El segundo diámetro puede estar comprendido entre aproximadamente 5 mm y aproximadamente 20 mm o entre aproximadamente 10 mm y aproximadamente 16 mm.

A continuación, la invención se explicará con más detalle con la ayuda de ejemplos de realización y figuras sin limitar la idea general de la invención. Muestra

- 5 la figura 1, un primer paso de procedimiento durante la utilización de la turbina de perforación de acuerdo con la invención en una perforación geotérmica entubada.
- La figura 2 muestra un segundo paso de procedimiento durante la utilización de la turbina de perforación de acuerdo con la invención en una perforación geotérmica entubada.
- 10 La figura 3 muestra un primer ejemplo de realización de una turbina de perforación de acuerdo con la invención, en una primera vista.
- La figura 4 muestra un primer ejemplo de realización de una turbina de perforación de acuerdo con la invención, en una segunda vista.
- 15 La figura 5 muestra un primer ejemplo de realización de una turbina de perforación de acuerdo con la invención, en una tercera vista.
- La figura 6 muestra una primera sección de la turbina de perforación de acuerdo con el primer ejemplo de realización.
- 20 La figura 7 muestra una segunda sección de la turbina de perforación de acuerdo con el primer ejemplo de realización.
- La figura 8 muestra un segundo ejemplo de realización de una turbina de perforación de acuerdo con la invención, en una primera vista.
- 25 La figura 9 muestra un segundo ejemplo de realización de una turbina de perforación de acuerdo con la invención, en una segunda vista.
- 30 La figura 10 muestra un segundo ejemplo de realización de una turbina de perforación de acuerdo con la invención, en una tercera vista.
- La figura 11 muestra una primera sección de la turbina de perforación de acuerdo con el segundo ejemplo de realización.
- 35 La figura 12 muestra una segunda sección de la turbina de perforación de acuerdo con el segundo ejemplo de realización.
- 40 Las figuras 1 y 2 muestran a modo de ejemplo el uso de la turbina de perforación de acuerdo con la invención en un pozo geotérmico 17 entubado. La perforación geotérmica 17 se extiende a lo largo de una dirección predefinible, por ejemplo verticalmente, desde la superficie 34 hacia abajo a través de las capas de tierra 35 hasta la profundidad deseada. En algunas formas de realización de la invención, el pozo geotérmico puede tener una profundidad de más de 150 metros o más de 500 metros o más de 1000 metros o más de 3000 metros. El entubado de pozo 33 puede tener un diámetro interno de aproximadamente 10 cm a aproximadamente 20 cm. El entubado de pozo 33 puede estar hecho de un metal o una aleación, por ejemplo un acero.
- 45 La figura 1 muestra la turbina de perforación de acuerdo con la invención durante el primer paso de procedimiento al producir la perforación de entubado de pozo 42 que pasa por el entubado de pozo 33. El dispositivo utilizado para este fin incluye al menos una tubería 28 que a través de un trayecto preseleccionado se extiende hacia abajo a través del entubado de pozo 33. El tubo 28 puede ser cualquier tubo conocido en el estado de la técnica, de material polimérico o metálico. Una zapata de desviación 29 está fijada al extremo del tubo 28, por ejemplo mediante atornillado, soldadura o pegado.
- 50 La zapata de desviación 29 puede tener un cuerpo base poliédrico o cilíndrico de un metal o una aleación o una materia sintética. La zapata de desviación 29 presenta una primera abertura 31 que está orientada hacia la sección transversal libre del tubo 28. Además, la zapata de desviación 29 presenta una segunda perforación 32 que está realizada en una superficie lateral y orientada hacia el entubado de pozo 33. La primera y la segunda perforaciones 31 y 32 de la zapata de desviación 29 están unidas entre sí por un paso de desviación 30. La zapata de desviación 29 se puede orientar girando el tubo 28 hasta una posición predeterminada dentro del entubado de pozo 33 y, a continuación, fijarse en su lugar. Mediante la longitud del tubo 28 y la orientación de la zapata de desviación 29, la segunda perforación puede orientarse por tanto hacia el punto en el que se debe perforar a través del entubado de pozo 33. La primera perforación 31 y la segunda perforación 32 pueden estar unidas entre sí en un ángulo predefinible mediante el paso de desviación 30. En las figuras 1 y 2 está representado un ángulo de aproximadamente 90°. En otras formas de realización de la invención, el ángulo puede estar comprendido entre aproximadamente 20° y aproximadamente 90° o entre aproximadamente 20° y aproximadamente 70° o entre aproximadamente 25° y
- 55
- 60
- 65

aproximadamente 45°.

En el interior del tubo 28 hay un conducto de suministro que está concebido para alimentar un fluido de accionamiento a la turbina de perforación. En el ejemplo de realización mostrado, el conducto de suministro presenta una primera sección longitudinal 27 con un primer diámetro y una segunda sección longitudinal 7 con un segundo diámetro, siendo el primer diámetro mayor que el segundo. La unión entre la primera sección longitudinal 27 y la segunda sección longitudinal 7 se realiza mediante un acoplamiento de manguera 26 opcional que hace posible una unión estanca a la presión y puede soltarse de manera sencilla. En otras formas de realización, el acoplamiento de la manguera 26 también puede suprimirse. Particularmente en el caso de conductos de corta longitud, también puede usarse un conducto de diámetro constante. El conducto de suministro puede estar realizado como conducto de manguera para facilitar su manipulación. Al menos la segunda sección longitudinal 7 puede ser de materia sintética, metal o un material compuesto y estar concebida para una presión interna de funcionamiento de al menos 200 bar. El diámetro exterior de la segunda sección longitudinal 7 puede ser de 20 mm y el diámetro interior de 12 mm. La longitud de la manguera de pequeño calibre 7 corresponde como mínimo a la longitud de perforación de la perforación direccional 38.

El extremo de la segunda sección longitudinal 7, opuesto al acoplamiento de manguera 26, está unido a la turbina de perforación 1 mediante un segundo acoplamiento de manguera 8 opcional, de modo que el fluido de accionamiento puede transportarse desde la superficie 34 a través de la primera sección longitudinal 27 a la segunda sección longitudinal 7 y desde allí a la turbina de perforación 1 por medio de una bomba no mostrada.

Para producir la perforación de entubado de pozo 42, la turbina de perforación 1 se guía con la segunda sección longitudinal 7 del tubo de suministro, a través de la zapata de desviación 29, hasta el lado interior 43 del entubado de pozo 33. La flexibilidad, las dimensiones y la consistencia de la superficie de la segunda sección longitudinal 7 permiten la desviación del conducto a través de la zapata de desvío 29 sin grandes pérdidas por fricción. En el primer paso de procedimiento, la turbina de perforación 1 está equipada con un cabezal de fresado 4. El cabezal de fresado 4 se pone en rotación suministrando un fluido de accionamiento, por ejemplo agua, a una presión de aproximadamente 100 bar a aproximadamente 200 bar o de aproximadamente 100 bar a aproximadamente 160 bar y con un caudal de aproximadamente 100 l/min a aproximadamente 300 l/min o de aproximadamente 150 l/min a aproximadamente 250 l/min. Por un avance lineal, el material del entubado de pozo 33 es mecanizado con arranque de virutas y se hace posible la producción de la perforación de entubado de pozo 42. Transcurridos entre 20 y 40 minutos aproximadamente, está perforado el entubado de pozo 33 con un grosor de pared de aproximadamente 5 mm.

Una vez que se ha producido la perforación de entubado de pozo 42, la turbina de perforación 1 se lleva a la superficie 33 a través del entubado de pozo 33 en un paso de proceso opcional. Allí, la herramienta de perforación se puede cambiar opcionalmente. Por ejemplo, el cabezal de fresado 4 puede sustituirse por una barrena 5. En otras formas de realización, puede suprimirse el cambio de la herramienta de perforación.

La figura 2 muestra la turbina de perforación de acuerdo con la invención durante el segundo paso de procedimiento al producir la perforación direccional 38 en la capa de tierra 35 a partir de la pared de pozo 44 a la salida de la perforación de entubado de pozo 42. Los componentes idénticos de la invención están provistos de los mismos signos de referencia, de modo que la siguiente descripción se limita a las diferencias esenciales.

La turbina de perforación 1 está provista de una barrena 5, tal como se ha descrito anteriormente, y se introduce, usando el tubo 28 y la zapata de desviación 29, en la perforación geotérmica 17 entubada, tal como se ha descrito anteriormente, de modo que la turbina de perforación 1 pueda hacerse pasar a través de la perforación de entubado de pozo 42 producida previamente, de modo que el lado frontal de la barrena 5 esté en contacto con el lado interior 43 de la pared de pozo 44. Al suministrar el fluido de accionamiento, la barrena 5 se pone en rotación y se aplica una fuerza de avance, de manera que la perforación direccional 38 se introduzca en la capa de tierra 35. Los recortes de perforación resultantes se transportan a la superficie 34 junto con el fluido de accionamiento en forma de emulsión 46 a través del espacio anular 36. La turbina de perforación 1 es alimentada del fluido de accionamiento hasta que se haya producido una longitud de pozo deseada de la perforación direccional 38. La segunda sección longitudinal 7 del conducto es guiada hacia fuera del entubado de pozo 33 detrás de la turbina de perforación 1 por la fuerza de avance generada por la turbina de perforación 1.

Los cabezales de fresado 4 y las barrenas 5 utilizadas como herramientas de perforación tienen una configuración conocida de por sí para el mecanizado con arranque de virutas del entubado de pozo 33 o de la capa de tierra 35, respectivamente, con el fin de permitir la producción de la perforación de entubado de pozo 42 o la perforación direccional. Se pueden utilizar diferentes barrenas para distintos tipos de roca o consistencias de suelo. Los elementos de corte del cabezal de fresado 4 y de la barrena 5 pueden estar hechos de metal duro, diamante u otros materiales. En algunas formas de realización, la sustitución de la herramienta de perforación puede suprimirse, por ejemplo, porque se utiliza una herramienta de perforación universal o la perforación geotérmica 17 no presenta ningún entubado de pozo 33. Las dimensiones de las herramientas de perforación 4 y 5 se seleccionan de modo que la turbina de perforación cargada 1 pueda ser guiada con marcha suave a través de la zapata de desviación 29. La turbina de perforación 1 equipada con la barrena 5 es adecuada para producir perforaciones direccionales de pequeño calibre en capas de tierra de roca dura cristalina, como por ejemplo el granito.

Las figuras 3, 4, 5, 6 y 7 ilustran con más detalle un primer ejemplo de realización de la turbina de perforación 1 de acuerdo con la invención.

La turbina de perforación 1 presenta una carcasa 2, un árbol de accionamiento 6 y un rodete de turbina 3, estando estructura de forma modular. La turbina de perforación 1 está dimensionada de forma que, estando dotada de un cabezal de fresado 4 o una barrena 5, puede hacerse pasar por la zapata de desviación 29. En el ejemplo de realización representado, la carcasa puede tener un diámetro de aproximadamente 36 mm y una longitud de aproximadamente 42 mm.

La carcasa 2 tiene un primer extremo en el que se encuentra la herramienta de perforación o una herramienta tensora preparada para sujetar la herramienta de perforación. Además, la carcasa 2 presenta un segundo extremo opuesto en el que se encuentra el segundo acoplamiento de manguera 8. A través de ésta, puede introducirse el fluido de accionamiento en el conducto de suministro 9. Durante el funcionamiento, el fluido de accionamiento se hace fluir hacia el rodete de turbina 3, haciendo que el rodete de turbina 3, el árbol de accionamiento 6 y el cabezal de fresado 4 o la barrena 5 roten a la misma velocidad angular.

Como puede observarse en las figuras 3 y 4, en la carcasa 2 de la turbina de perforación 1 están dispuestos tres patines guía 20, regularmente espaciados en la dirección circunferencial, que tienen el mismo diámetro exterior que el cabezal de fresado 4 o la barrena 5, o uno ligeramente menor. De esta manera, la turbina de perforación 1 puede ser empujada hacia delante a través de la perforación direccional 38 originada.

Como puede verse en las figuras 5 y 6, el conducto de suministro 9 está dividido en seis subconductos de suministro 10, que discurren dentro de la carcasa 2 radialmente hacia fuera. Seis conductos de retorno 11 van desde los subconductos de suministro 10 hasta el lado trasero de la carcasa 2, donde desembocan respectivamente en una abertura de retorno 18. Durante el funcionamiento de la turbina de perforación, los conductos de retorno generan una fuerza de avance que pone la herramienta de perforación en engrane con el material que ha de ser mecanizada con arranque de virutas. En otras formas de realización de la invención, el número de aberturas de retorno 18 puede ser mayor o menor. La invención no enseña el uso de exactamente 6 aberturas de retorno como principio de solución.

Como puede apreciarse mejor en las vistas en sección de acuerdo con las figuras 6 y 7, la turbina de perforación 1 presenta seis conductos de accionamiento 12 que están dispuestos uniformemente a lo largo de la circunferencia dentro de la carcasa y están guiados desde los seis conductos de suministro inferior 10, respectivamente a través de una ramificación 41, hasta el primer lado de la carcasa 2. En el primer lado de la carcasa 2, cada conducto de accionamiento 12 desemboca en una boca de accionamiento 19. El fluido de accionamiento que sale por la boca de accionamiento 19 incide en el rodete de turbina 3 y genera allí un par de accionamiento. En otras formas de realización de la invención, el número de aberturas de accionamiento 19 puede ser mayor o menor. La invención no enseña el uso de exactamente 6 aberturas de accionamiento como principio de solución.

Además, la figura 7 muestra que el rodete de turbina 3 está provisto de una pluralidad de elementos deflectores 21 inclinados que tienen respectivamente una superficie deflectora 22. Los elementos deflectores 21 pueden formar un álabe de presión constante del rodete de turbina 3. Además, la figura 7 muestra que el conducto de accionamiento 12 tiene una sección longitudinal que forma un ángulo de aproximadamente 20° a aproximadamente 70° con respecto al eje longitudinal de la turbina de perforación. Este ángulo está elegido de modo que la sección longitudinal discorra aproximadamente paralelamente al vector normal de las superficies deflectoras. Esto puede incrementar el par generado y/o el número de revoluciones.

Las figuras 6 y 7 muestran también que el rodete de turbina 3 está dispuesto abiertamente en la carcasa 2 o no está encerrado por una pared de la carcasa en la dirección radial. De esta manera, el líquido de accionamiento y la suciedad pueden ser evacuados fácilmente sin que conduzcan al atasco de la rueda de la turbina 3.

Además, la figura 6 muestra una cámara de rodamiento 16 en la que el árbol de accionamiento 6 está soportado de forma giratoria sobre el eje longitudinal X con al menos un rodamiento de bolas 37 opcional. Entre el conducto de suministro 9 y la cámara de alojamiento 16 se encuentra un conducto de unión 13 a lo largo del eje longitudinal X, que hace posible el paso de una parte del fluido de accionamiento F. De esta manera, la cámara de alojamiento 16 y/o el al menos un rodamiento de bolas 37 pueden ser lavados con una parte del fluido de accionamiento F. Además, el al menos un rodamiento de bolas 37 puede refrigerarse. Por último, el fluido de accionamiento F puede proporcionar un cojinete hidrodinámico para el eje motriz 6.

El árbol de accionamiento 6 tiene al menos un orificio hueco 25 opcional a lo largo del eje longitudinal X, a través del cual también se hace posible el paso de una parte del fluido de accionamiento F. Como puede verse en la figura 6, el rodete de turbina 3 está orientado coaxialmente con respecto al árbol de accionamiento 6 a través de una unión árbol-cubo 24 y está fijado a éste. En el rodete de turbina 3 está formado un orificio hueco 25 que hace posible el paso de una parte del fluido de accionamiento F. En el lado del rodete de turbina 3 que está opuesto de la carcasa 2 está presente una herramienta tensora 23 para la herramienta de perforación. De este modo, el fluido de accionamiento que sale por el orificio hueco 25 puede usarse para refrigerar la herramienta de perforación y/o para evacuar los recortes de perforación. En algunas formas de realización de la invención, el fluido de accionamiento que sale por

delante puede provocar por sí mismo la remoción de roca.

El curso del fluido de accionamiento dentro de la turbina de perforación 1 se indica mediante las flechas F. El flujo de fluido de accionamiento F suministrado pasa del segundo acoplamiento de manguera 8 al conducto de suministro 9. Allí, el flujo se divide en los, por ejemplo, 6 subconductos de suministro 10 y llega allí respectivamente a una ramificación 41. Allí, el flujo se divide respectivamente de nuevo en los conductos de accionamiento 12 y los conductos de retorno 11. De las bocas de accionamiento 19 de los conductos de accionamiento 12 de la carcasa 2 sale el flujo de fluido Fa en forma de chorros de fluido $F_{\text{Accionamiento}}$ e incide en las superficies deflectoras 22 de los elementos deflectores 21 por la correspondiente orientación de las bocas de accionamiento 19, con lo que el rodete de turbina 3, incluido el cabezal de fresado 4, se accionan o se ponen en rotación. Por las aberturas de retorno 18 de los conductos de retorno 11 de la carcasa 2 sale el flujo de fluido Fb en forma de chorros de fluido F_{Retorno} . Estos generan por una orientación correspondiente de las aberturas de retorno 18 una fuerza de avance sobre la turbina de perforación 1, que actúa a lo largo del eje longitudinal X en dirección al cabezal de fresado 4.

Finalmente, un flujo de fluido Fc pasa del conducto de suministro 9 a través del conducto de unión 13 a la cámara de alojamiento 16. Este flujo de fluido Fc se divide en dos flujos parciales Fd y Fe en la cámara de alojamiento 16. El flujo de fluido Fd fluye a través de los rodamientos de bolas 37 abiertos. De esta manera, éstos se lubrican y/o se refrigeran. A continuación, el flujo de fluido Fd sale por el lado delantero de la carcasa 2. El flujo de fluido Fe fluye desde la cámara de alojamiento 16 en primer lugar a través de los orificios huecos 25 del árbol de accionamiento 6 y del rodete de turbina 3 y sale entonces por la abertura de lavado 40. Desde allí, puede ser conducido a través de canales de lavado en la herramienta de perforación en sus filos de herramienta, de modo que el flujo de fluido Fe proporciona un lavado de perforación para una limpieza del fondo de la perforación y la refrigeración de la herramienta de perforación 4 o 5.

Los diámetros del conducto de suministro 9, de los conductos de accionamiento 12, de los conductos de retorno 11, del conducto de unión 13 y de los orificios huecos 25 de la turbina de perforación 1 están elegidos de manera que se proporcionen una fuerza de avance, un par, un número de revoluciones y un lavado suficientes. Optimizando el número y/o las secciones transversales de los conductos, se puede establecer una relación ventajosa de los parámetros entre sí, haciendo posible unos largos tiempos de funcionamiento de la turbina de perforación 1 con el mayor progreso de perforación posible. En algunas formas de realización de la invención, algunas bocas de accionamiento individuales 19 y/o aberturas de retorno 18 pueden proveerse de insertos roscados para que puedan cerrarse fácilmente con los tapones roscados correspondientes. De esta manera, la turbina de perforación 1 puede ser adaptada a diferentes condiciones de funcionamiento. Por ejemplo, algunas aberturas de retorno 18 pueden cerrarse, de manera que puedan realizarse perforaciones con un alto número de revoluciones o un alto par y una reducida fuerza de avance. Para perforaciones en otras formaciones geológicas, se pueden cerrar bocas de accionamiento individuales para reducir el número de revoluciones o el par y aumentar en cambio la fuerza de avance.

Con la ayuda de las figuras 8, 9, 10, 11 y 12 se ilustra con más detalle un segundo ejemplo de realización de la turbina de perforación 1 de acuerdo con la invención. Las características idénticas de la invención llevan los mismos signos de referencia, de modo que la siguiente descripción se limita a las diferencias esenciales.

La turbina de perforación 1 de acuerdo con el segundo ejemplo de realización de la invención tiene sustancialmente dos diferencias con respecto a la primera forma de realización descrita en las figuras 3 a 6. Estas dos diferencias se describen individualmente a continuación. Cabe señalar que no siempre tienen que estar realizadas juntas en una forma de realización. La presente invención también se extiende a una tercera y una cuarta forma de realización, que tiene solo una de las diferencias descritas a continuación en comparación con la primera forma de realización.

Como puede verse en las figuras 8 y 11, a diferencia de la primera forma de realización, la carcasa 2 no solo tiene un único conducto de suministro 9. Más bien, en la carcasa 2 están presentes un primer conducto de suministro 91 y un segundo conducto de suministro 92. En algunas formas de realización de la invención, el primer conducto de suministro 91 y el segundo conducto de suministro 92 pueden estar dispuestas concéntrica o coaxialmente como se muestra en las figuras 10 y 11. En otras formas de realización de la invención, también es posible una disposición uno al lado o una encima de otro en el lado de la carcasa 2 opuesto al rodete de turbina 3.

Durante el funcionamiento de la turbina de perforación 1, el primer conducto de suministro 91 y el segundo conducto de suministro 92 pueden unirse respectivamente a un conducto de manguera o un conducto de manguera coaxial con dos dispositivos de transporte o bombas. Esta característica tiene el efecto de que el fluido de accionamiento suministrado respectivamente al primer conducto de suministro 91 y al segundo conducto de suministro 92 puede ser diferente en términos de tipo y/o cantidad y/o presión. Del mismo modo, se puede utilizar un único dispositivo de suministro o bomba si en uno o ambos conductos de manguera está presente una válvula de mariposa o reguladora que influya en el caudal o la presión del conducto en cuestión.

Como muestra además la figura 11, el primer conducto de suministro 91 está unido a al menos un conducto de retorno 11 por medio de al menos un primer subconducto de suministro 101. El conducto de retorno 11 desemboca en una abertura de retorno 18, como se ha descrito anteriormente. La abertura de retorno 18 desemboca en el lado de la carcasa 2 opuesto al rodete de turbina 3, como se ha descrito anteriormente. A diferencia de la primera forma de realización descrita anteriormente, el fluido de accionamiento no puede fluir desde el primer conducto de suministro

91 a través de un conducto de accionamiento 12 hasta el rodete de turbina 3 durante el funcionamiento de la turbina de perforación 1.

Además, puede verse en las figuras 11 y 12 que el segundo conducto de suministro 92 está unido a al menos un conducto de accionamiento 12 por medio de al menos un segundo subconducto de suministro 102. El conducto de accionamiento 12 está concebido para dirigir el fluido de accionamiento en un ángulo predefinible a través de al menos una boca de accionamiento 19 hacia las superficies deflectoras 22 de los elementos deflectores 21 del rodete de turbina 3, con lo que el rodete de turbina 3, incluido el cabezal de fresado 4, es accionado o puesto en rotación. Sin embargo, a diferencia de la primera forma de realización descrita anteriormente, el fluido de accionamiento no puede fluir desde el segundo conducto de suministro 92 a través de un conducto de retorno 11 hasta una abertura de retorno 18 durante el funcionamiento de la turbina de perforación 1.

Dado que el fluido de accionamiento suministrado al primer conducto de suministro 91 y al segundo conducto de suministro 92 puede ser respectivamente diferente en términos de tipo y/o cantidad y/o presión, estas características de la segunda forma de realización permiten controlar o regular el par de accionamiento o la potencia de accionamiento de la turbina de perforación 1 independientemente de la fuerza de avance. Esto puede prolongar la vida útil de la herramienta y/o acelerar la propulsión. La turbina de perforación 1 además puede ajustarse dinámicamente a la roca hallada respectivamente durante la operación. Para ello, los recortes evacuados del pozo pueden separarse y analizarse con el fin de ajustar las condiciones de funcionamiento.

Como muestran las figuras 9 y 11, en el rodete de turbina 3 están realizadas seis aberturas 390 en las que puede alojarse al menos un peso 39. En el ejemplo de realización mostrado, las aberturas 390 tienen una sección transversal redonda. En otras formas de realización de la invención, las aberturas 390 también pueden tener una sección transversal poligonal. En algunas formas de realización de la invención, el número de aberturas puede estar comprendido entre aproximadamente 2 y aproximadamente 16 o entre aproximadamente 4 y aproximadamente 10. La invención no enseña el uso de exactamente seis aberturas 390 como principio de solución. En otra forma de realización, al menos una abertura puede estar realizada como ranura anular en el rodete de turbina 3.

Los pesos 39 pueden tener diferentes tamaños y/o estar hechos de diferentes materiales que, por ejemplo, tienen diferentes densidades. Para la aplicación de la turbina de perforación 1, se puede poner a disposición del personal operario una gama de diferentes pesos entre los que el operario puede elegir. Los pesos 39 pueden fijarse en las aberturas 390 apretando, insertando, atornillando, pegando y/o de cualquier otra forma. De la misma manera que se ha descrito anteriormente para un rodete de turbina 3, también se pueden realizar aberturas 390 en el cabezal de fresado 4 y/o en la barrena 5 y/o en la herramienta tensora 23.

Seleccionando los pesos 39, que se introducen en las respectivas aberturas 390 y se fijan allí, las piezas rotatorias pueden equilibrarse, de modo que la turbina de perforación 1 presente una marcha suave. En otras formas de realización de la invención, se pueden introducir diferentes pesos con diferentes masas en las aberturas, de modo que la turbina de perforación 1 presente un desequilibrio. Esta característica tiene el efecto de que el punto central del filo cortante de una barrena 5 o de un cabezal de fresado 4, situado en el eje de giro, no está estacionario en la dirección radial de la turbina de perforación. Más bien, el punto central del filo cortante de la barrena 5 o del cabezal de fresado 4 describe aproximadamente una trayectoria circular en el material que ha de ser mecanizado con arranque de virutas.

La velocidad de corte de una herramienta de corte rotatoria aumenta linealmente con el radio, es decir, en el punto central del filo cortante de una barrena 5 o un cabezal de fresado 4 conocidos, la velocidad de corte es cero y la tasa de remoción es correspondientemente baja. Esta reducida remoción limita el tiempo de mecanizado de toda la perforación. Debido al desequilibrio de la turbina de perforación 1 utilizada de acuerdo con la invención, el centro del filo cortante de la barrena 5 o del cabezal de fresado 4 describe aproximadamente una trayectoria circular en el material que ha de ser mecanizado con arranque de virutas. Cada punto de esta trayectoria circular es barrido por otras superficies parciales de la barrena 5 o del cabezal de fresado 4 a una mayor velocidad de corte en fases de mecanizado posteriores, de modo que la potencia de remoción aumenta en toda la sección transversal de la perforación y pueden reducirse los tiempos de mecanizado.

Evidentemente, la invención no se limita a las formas de realización mostradas. Por lo tanto, la descripción que antecede no debe considerarse limitativa, sino como explicativa. Las siguientes reivindicaciones deben entenderse en el sentido de que una característica indicada está presente en al menos una forma de realización de la invención. Esto no excluye la presencia de características adicionales. Si las reivindicaciones y la descripción que antecede definen "primera" y "segunda" característica, esta designación sirve para distinguir dos formas de realización similares sin establecer un orden.

REIVINDICACIONES

1. Turbina de perforación (1) con

una carcasa (2) en la que está soportado de forma giratoria un árbol de accionamiento (6), y con un rodete de turbina (3) que está concebido para poner en rotación el árbol de accionamiento (6), pudiendo unirse el árbol de accionamiento (6) a una herramienta de perforación (4, 5), y presentando la carcasa al menos un conducto de accionamiento (9, 12) con al menos una boca de accionamiento (19), a través de la cual puede dirigirse un fluido de accionamiento al rodete de turbina (3),

caracterizada por que

el rodete de turbina (3) está unido directamente al árbol de accionamiento (6), de modo que, durante el funcionamiento, el rodete de turbina (3) y el árbol de accionamiento (6) y la herramienta de perforación (4, 5) rotan con el mismo número de revoluciones, y

la carcasa (2) tiene un diámetro de aproximadamente 2,5 cm a aproximadamente 15 cm y/o una longitud de aproximadamente 3 cm a aproximadamente 15 cm, en donde

el rodete de turbina (3) está dispuesto de forma abierta en la carcasa (2), es decir, no está encerrado por una pared de carcasa en dirección radial.

2. Turbina de perforación de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que** está diseñada como turbina de presión constante y/o por que la carcasa (2) está provista de una pluralidad de patines guía (20).

3. Turbina de perforación de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizada por que** la carcasa (2) presenta un único conducto de suministro (9) que está provisto de una conexión de manguera (8), estando el único conducto de suministro (9) de la carcasa (2) dividido en una pluralidad de subconductos de suministro (10).

4. Turbina de perforación de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizada por que** el subconducto de suministro (10, 102) está conectado a al menos un conducto de accionamiento (12) y/o por que el subconducto de suministro (10) está conectado a al menos un conducto de retorno (11).

5. Turbina de perforación de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizada por que** la carcasa (2) presenta al menos un primer conducto de suministro (91) y al menos un segundo conducto de suministro (92).

6. Turbina de perforación de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizada por que** el segundo conducto de suministro (92) de la carcasa (2) está dividido en una pluralidad de subconductos de suministro (102) y/o por que el primer conducto de suministro (91) está conectado a al menos un conducto de retorno (11) por medio de al menos un canal de transferencia (101).

7. Turbina de perforación de acuerdo con una de las reivindicaciones 4 o 6, **caracterizada por que** el conducto de retorno (11) desemboca en al menos una abertura de retorno (18), que está dispuesta en el extremo de la carcasa (2) que está opuesto a la herramienta de perforación (4, 5).

8. Turbina de perforación de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada por que** el conducto de accionamiento (12) presenta al menos una sección longitudinal (125) que forma un ángulo de aproximadamente 20° a aproximadamente 70° o de aproximadamente 30° a aproximadamente 60° o de aproximadamente 45° con respecto al eje longitudinal de la turbina de perforación (1), o bien

por que el rodete de turbina (3) presenta una pluralidad de elementos deflectores (21) que presentan respectivamente una superficie deflectora (22), y el conducto de accionamiento (12) presenta al menos una sección longitudinal (125) que discurre aproximadamente paralelamente al vector normal de la superficie deflectora (22).

9. Turbina de perforación de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizada por que** el rodete de turbina (3) y/o una herramienta tensora (23) y/o la herramienta de perforación (4, 5) presentan un desequilibrio.

10. Turbina de perforación de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizada por que** la carcasa (2) tiene un diámetro de aproximadamente 3 cm a aproximadamente 7,5 cm o de aproximadamente 2,5 cm a aproximadamente 4,5 cm y/o

por que la carcasa (2) tiene una longitud de aproximadamente 3 cm a aproximadamente 7 cm o de aproximadamente 4 cm a aproximadamente 6 cm.

11. Procedimiento de perforación direccional, con los siguientes pasos:

La puesta a disposición de una turbina de perforación (1) con una carcasa (2), en la que está soportado de forma giratoria un árbol de accionamiento (6), y con un rodete de turbina (3) que está concebido para poner en rotación el árbol de accionamiento (6), en donde el árbol de accionamiento (6) está unido a una herramienta de perforación (4, 5) y el rodete de turbina (3) está dispuesto de forma abierta en la carcasa (2), es decir, no está encerrado por una pared de la carcasa en la dirección radial;

- la puesta a disposición de una zapata de desviación (29) con una primera perforación (31) y una segunda perforación (32) y un paso de desviación (30) que une las perforaciones (31, 32);
 el descenso de la zapata deflectora a un entubado de pozo (33);
 la introducción de la turbina de perforación (1) en la primera perforación (31) de la zapata de desviación (29), de modo que salga por la segunda perforación (32);
 el suministro de un fluido de accionamiento a través de al menos un conducto de accionamiento (9, 12), que sale a través de al menos una boca de accionamiento (19) y es dirigido hacia el rodete de turbina (3), en donde el rodete de turbina (3) y el árbol de accionamiento (6) y la herramienta de perforación (4, 5) rotan con el mismo número de revoluciones.
12. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado por que** el fluido de accionamiento es un fluido incompresible y/o por que el fluido de accionamiento contiene o está constituido por agua y/o
- por que el fluido de accionamiento se suministra a una presión de aproximadamente 100 a aproximadamente 200 bares o de aproximadamente 100 a aproximadamente 160 bares y/o
 por que el fluido de accionamiento se suministra con un caudal de aproximadamente 100 l/min a aproximadamente 300 l/min o de aproximadamente 150 l/min a aproximadamente 250 l/min y/o
 por que el fluido de accionamiento se suministra a través de un conducto de suministro que tiene una primera sección longitudinal con un primer diámetro y una segunda sección longitudinal con un segundo diámetro, siendo el primer diámetro mayor que el segundo diámetro, y/o
 por que el fluido de accionamiento que sale de la turbina de perforación se recoge, se limpia de recortes de perforación e impurezas y se vuelve a suministrar a la turbina de perforación como fluido de accionamiento a través de una bomba.
13. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 o 12, **caracterizado por que** al menos una parte del fluido de accionamiento sale por el lado de la turbina de perforación (1) que está opuesto a la herramienta de perforación (4, 5) y/o
 por que una parte del fluido de accionamiento se usa para la lubricación y/o la refrigeración de la herramienta de perforación (4, 5).
14. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 a 13, **caracterizado por que** el árbol de accionamiento (6) y la herramienta de perforación (4, 5) rotan con un número de revoluciones de aproximadamente 15.000 min^{-1} a aproximadamente 35.000 min^{-1} o de aproximadamente 20.000 min^{-1} a aproximadamente 30.000 min^{-1} y/o
 por que en el árbol de accionamiento (6) y la herramienta de perforación (4, 5) se genera un par de aproximadamente 0,5 Nm a aproximadamente 5 Nm o de aproximadamente 1,5 Nm a aproximadamente 2,5 Nm.
15. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 a 14, **caracterizado por que** el rodete de turbina (3) y/o la herramienta tensora (23) y/o la herramienta de perforación (4, 5) presentan un desequilibrio.

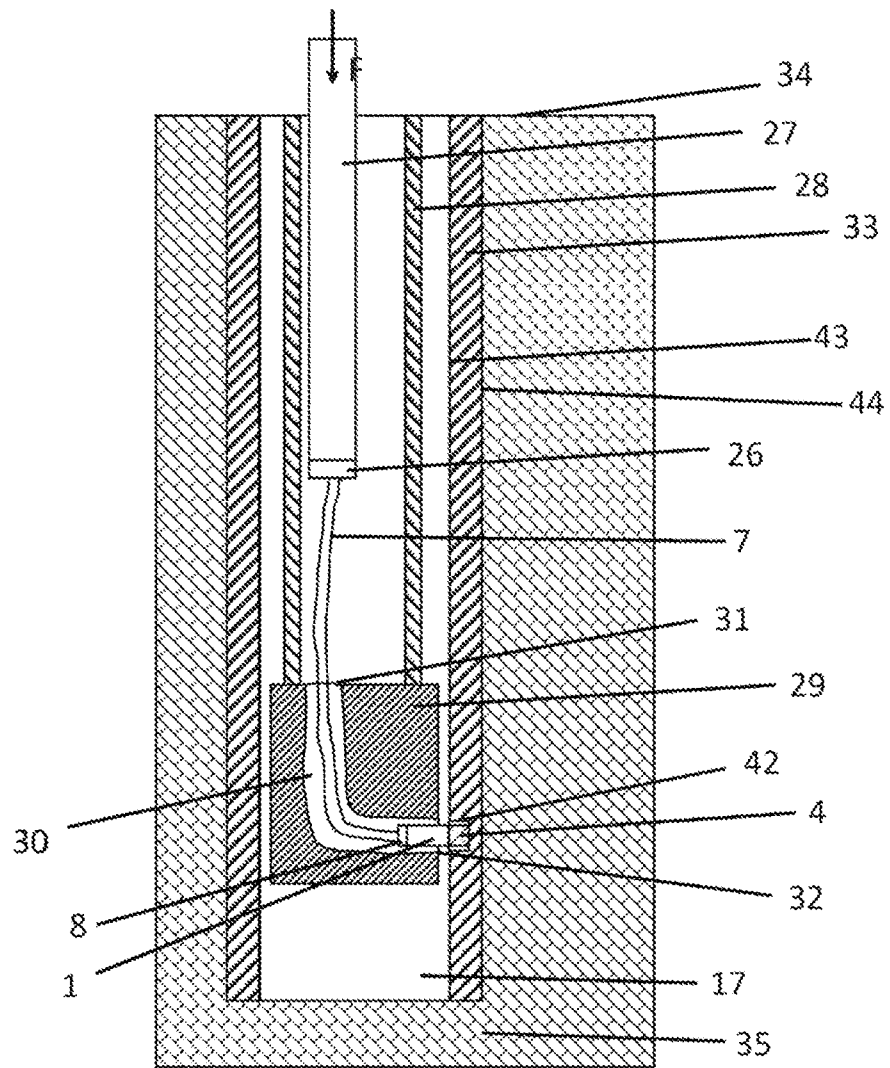


Fig. 1

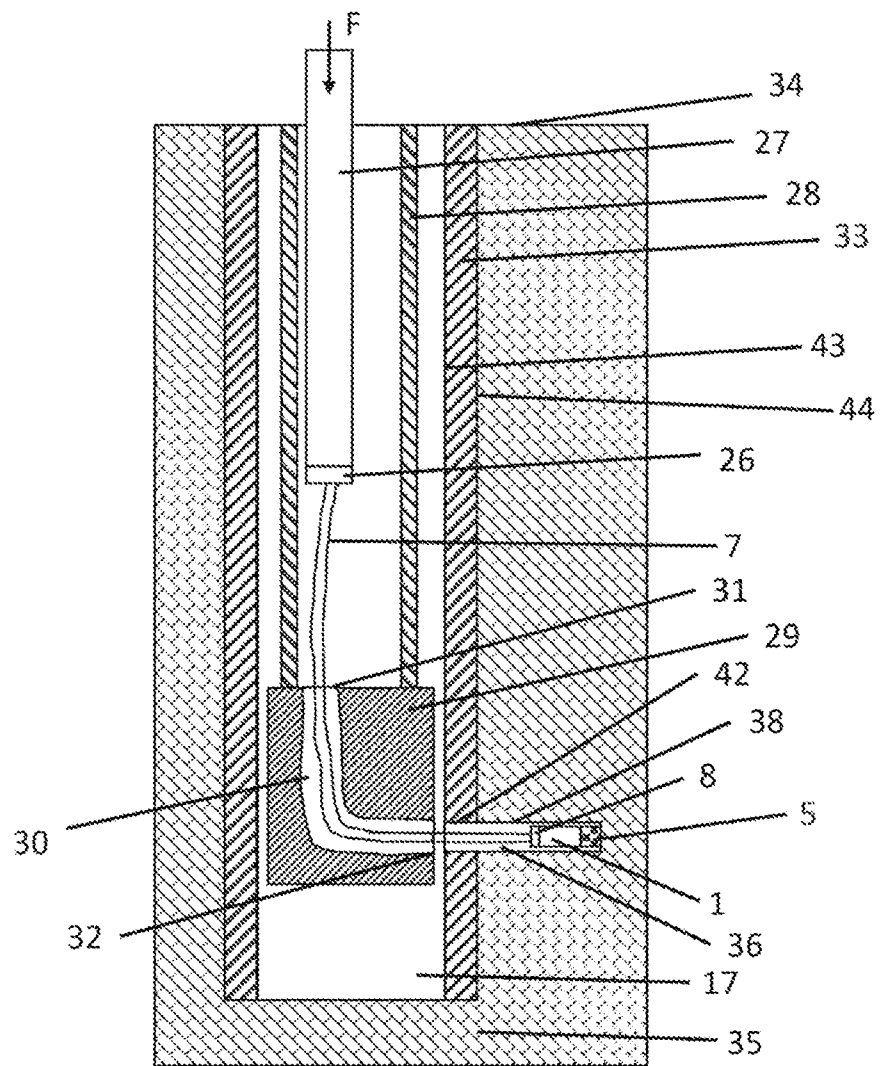


Fig. 2

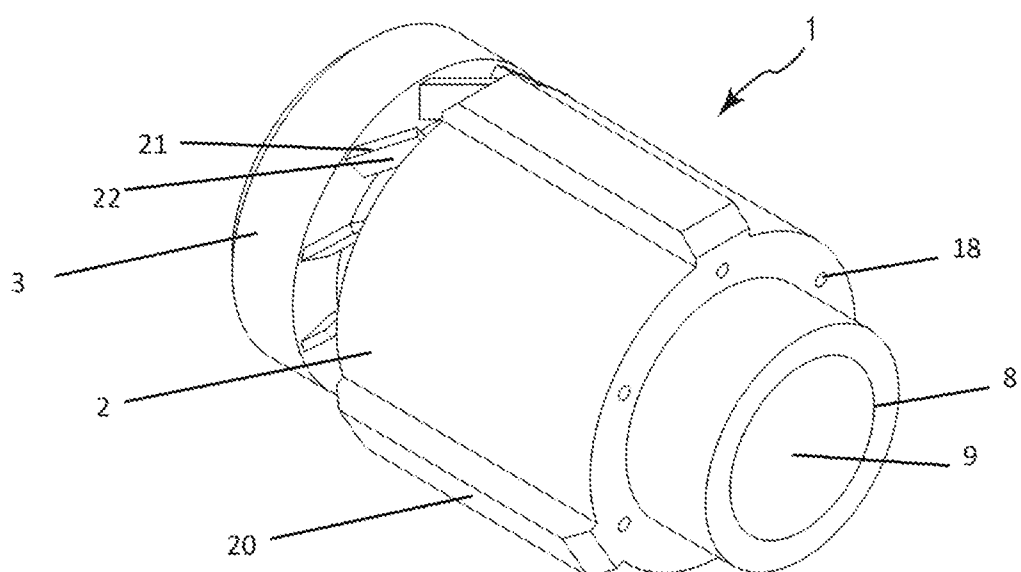


Fig. 3

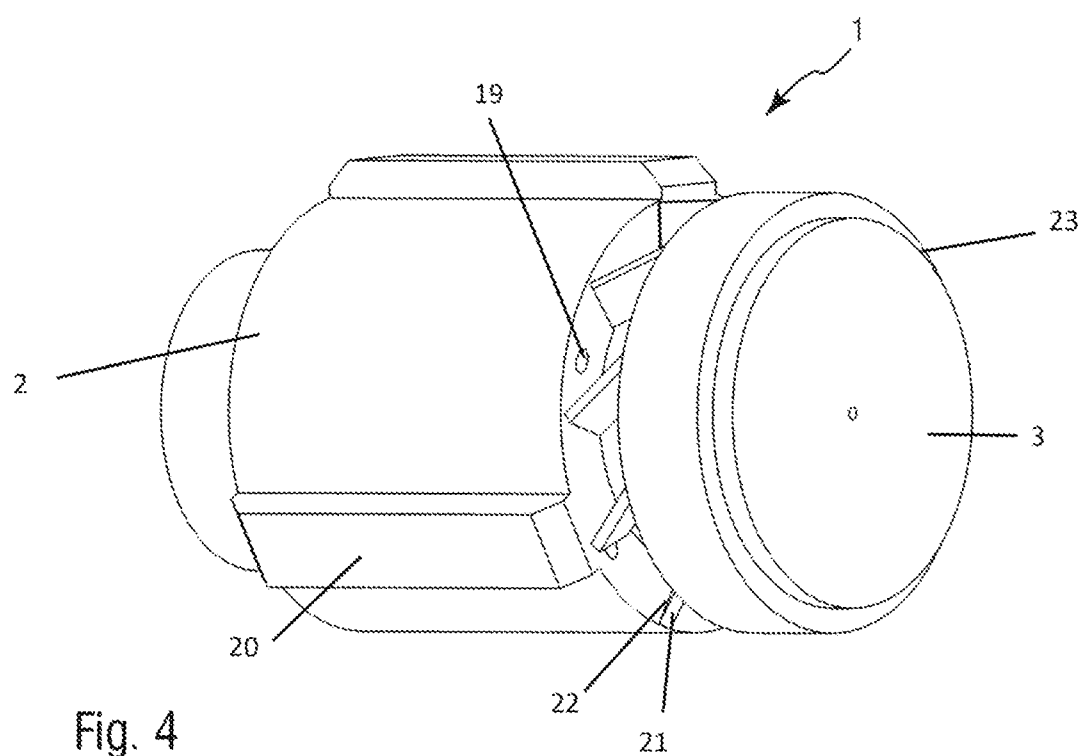
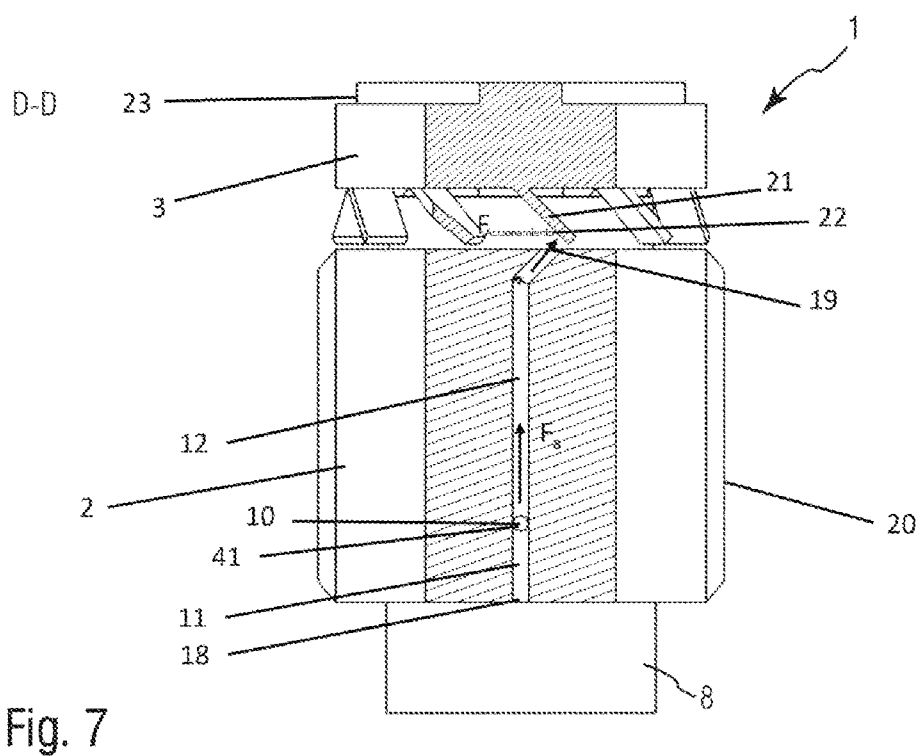
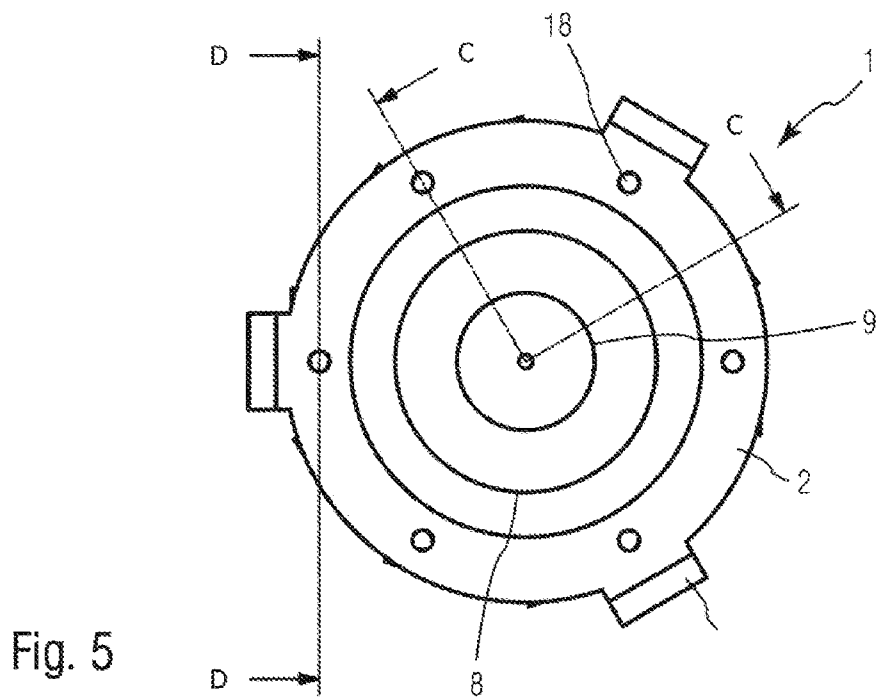


Fig. 4



C-C

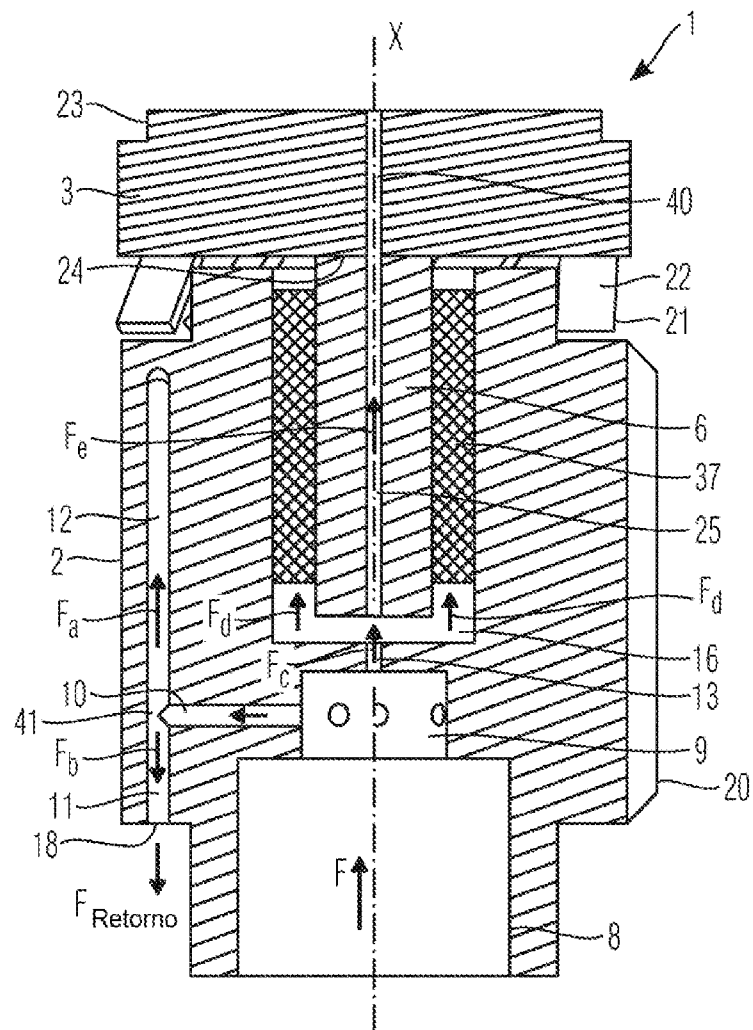


Fig. 6

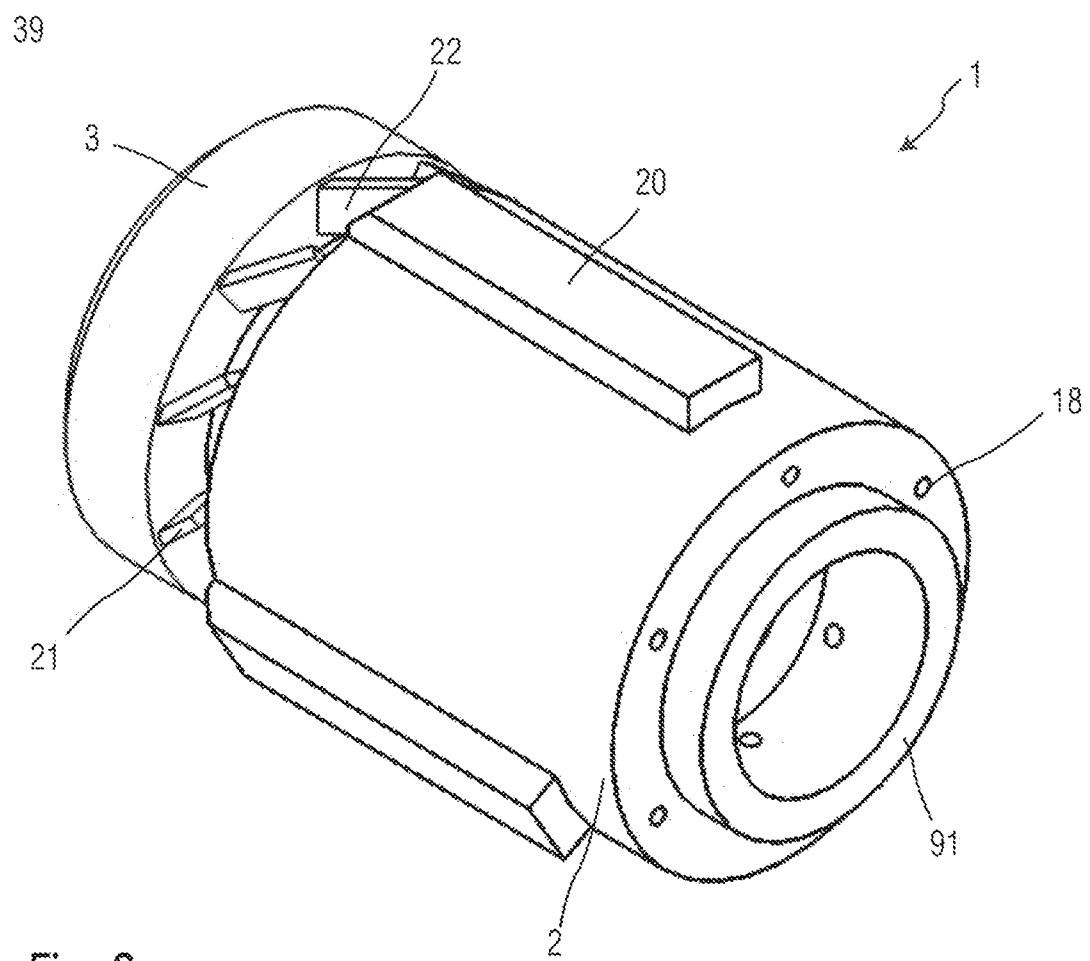


Fig. 8

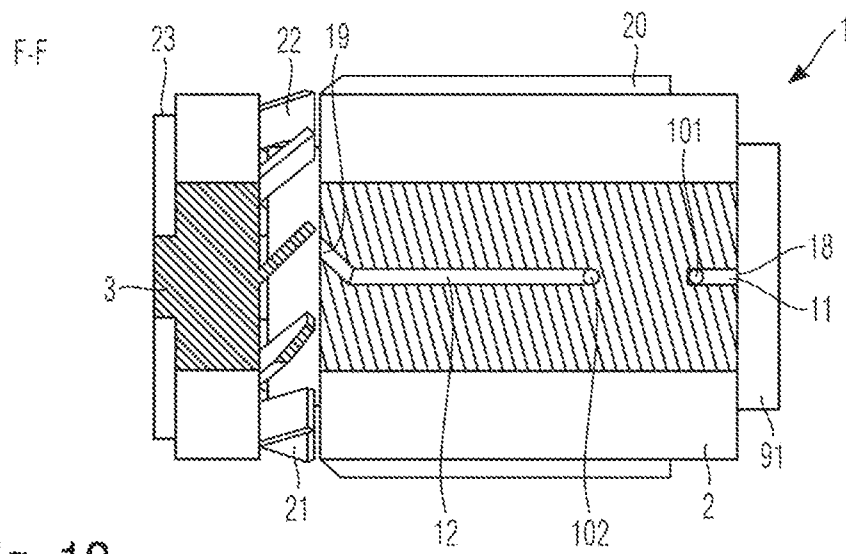


Fig. 12

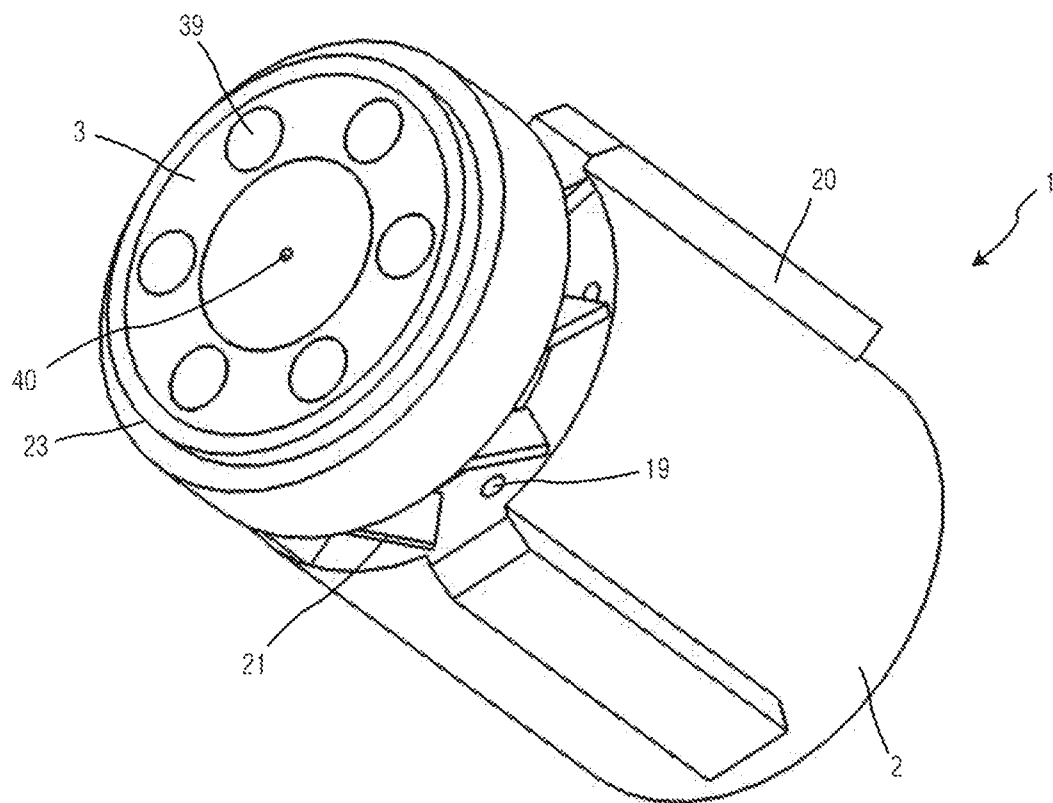


Fig. 9

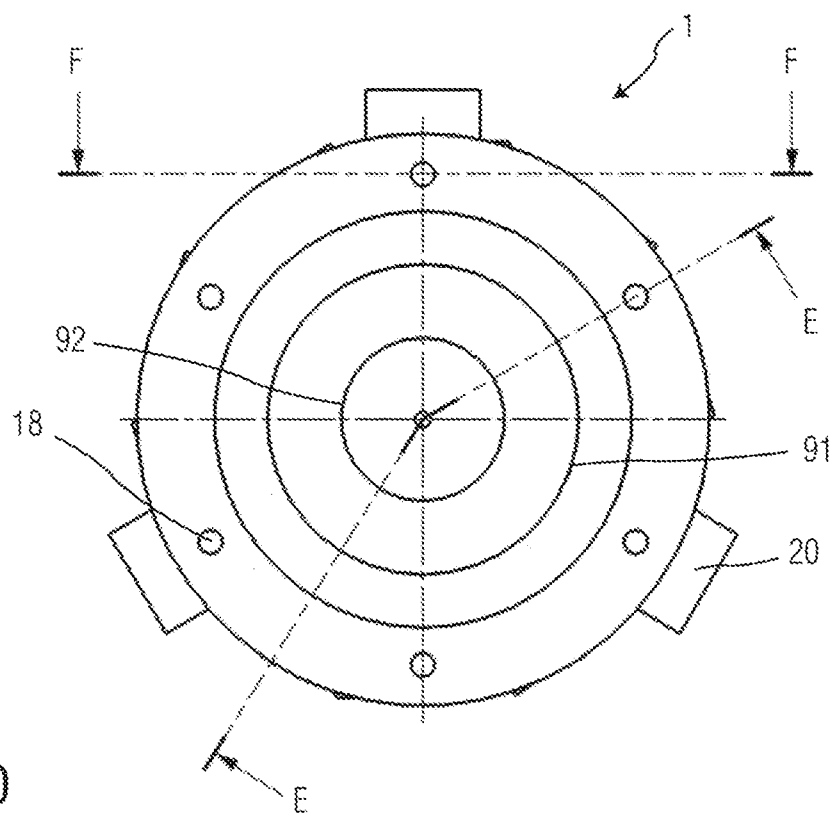


Fig. 10

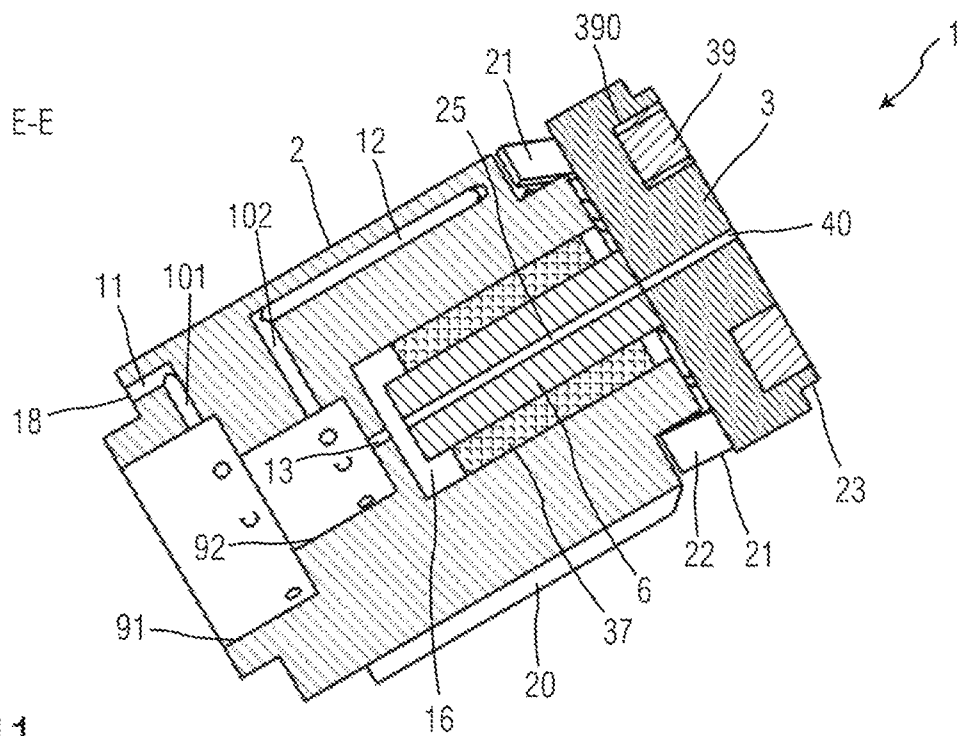


Fig. 11