

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 662 011**

51 Int. Cl.:

E21B 44/00 (2006.01)

E21B 44/04 (2006.01)

E21B 44/06 (2006.01)

E21B 44/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.10.2009 PCT/SE2009/051137**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.04.2010 WO10042050**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.10.2009 E 09819504 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.12.2017 EP 2342421**

54 Título: **Un método y una disposición para controlar un taladro de roca**

30 Prioridad:

10.10.2008 SE 0802169

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.04.2018

73 Titular/es:

**EPIROC ROCK DRILLS AKTIEBOLAG (100.0%)
701 91 Örebro, SE**

72 Inventor/es:

**SINNERSTAD, JONAS;
OLSSON, MAGNUS y
LEÜ, MARCUS**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 662 011 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

Un método y una disposición para controlar un taladro de roca

Área técnica

5 La presente invención se refiere a un método según la introducción de la reivindicación 1 y una disposición según la introducción de la reivindicación 11 para controlar los parámetros de perforación cuando se perfora en roca. La invención también se refiere a un sistema de control computarizado que comprende medios para llevar a cabo el método. La invención también comprende una plataforma de perforación, que incluye un sistema de control según la invención.

Técnica anterior

10 Cuando se perfora roca, a menudo se usa perforación por percusión. Un pistón de impacto, normalmente accionado hidráulicamente, se usa para crear una onda de choque con una fuerza de percusión generada con presión hidráulica, la presión de percusión, la presión que genera la onda de choque. La onda (energía) de choque se transporta a través de un acero de perforación (tubo de perforación) a una broca y a la roca. Donde golpea la roca, un pasador de carburo de tungsteno en la broca en contacto con la roca se presiona dentro de la roca, generando una fuerza suficiente para triturar la roca. La roca triturada, normalmente llamada recortes de perforación, entonces se transporta fuera del agujero de perforación con presión de agua o aire que se alimenta a la broca a través de un agujero en el acero de perforación. Con el fin de que el pasador de carburo de tungsteno entre en contacto con la roca no triturada, se hace girar el acero de perforación. Esto se hace usando un engranaje y un motor hidráulico.

20 El documento EP 1102917 describe un método para perforar en roca con un taladro de roca que comprende un dispositivo de generación de impulsos dispuesto para inducir ondas de choque en una herramienta que actúa contra la roca según el preámbulo de la reivindicación 1.

25 Durante la perforación, es importante que la broca tenga un contacto óptimo con la roca. Por esta razón, el taladro de roca se presiona contra la roca. El taladro de roca, por ejemplo, se puede fijar a un carro de bancada que, a su vez, se desplaza a lo largo de un dispositivo portador tal como una viga de alimentación fijada a un portador tal como un vehículo. El taladro de roca y el carro de bancada se accionan contra la roca a lo largo de la viga de alimentación con un cilindro hidráulico, definido como el cilindro de alimentación, y la broca se presiona de esta manera contra la roca. Un medio alternativo de accionamiento del taladro de roca hacia adelante es usar un alimentador de cadena, en el que el cilindro de alimentación se sustituye con un motor hidráulico, equipado con una rueda dentada, que está montado en la parte trasera del alimentador. Por medio de una cadena que se fija al carro de bancada y una rueda dentada en la parte delantera del alimentador, el carro de bancada se mueve hacia adelante y hacia atrás con el taladro de roca. La presión hidráulica alimentada al cilindro de alimentación o al motor hidráulico en el alimentador de cadena se define como la presión de alimentación en este texto.

35 Diferentes tipos de rocas presentan diferentes niveles de dificultad de perforación, dependiendo de los minerales de los que constan y de su estructura. En general, un aumento en la velocidad de perforación indica que la roca está llegando a estar más blanda. Esta relación se utiliza, por ejemplo, en el documento EP1102917B1, que describe cómo se controla la presión de percusión en proporción a la presión de alimentación de modo que la presión de percusión se reduce a un nivel de perforación de inicio cuando el taladro de roca entra en un área con roca más blanda en la que se requiere menos energía de percusión para cortar la roca. No obstante, esta regulación puede conducir a una disminución en la producción si la regulación se ajusta con sensibilidad excesiva para lograr una vida larga.

40 También es importante mantener un buen contacto con la roca bajo estas condiciones difíciles de roca, particularmente cuando se perfora con una fuerza de percusión alta. Por lo tanto, se ha desarrollado un sistema de amortiguación dispuesto para asegurar que se mantenga un buen contacto con la roca. La presión de contacto de la broca contra la roca se ve afectada de esta manera a través de la presión de alimentación a través de un pistón de amortiguación dispuesto en el sistema de amortiguación, que está dispuesto para generar una fuerza de amortiguación en el sistema de amortiguación con una presión hidráulica (presión de amortiguación). Durante la perforación, el pistón de amortiguación se presiona contra el acero de perforación, y de esta manera el acero de perforación contra la roca, por medio de la presurización de una cámara de presión que actúa sobre el pistón de amortiguación. El pistón de amortiguación normalmente está dispuesto de tal forma que, si el pistón de amortiguación llega demasiado lejos hacia delante, es decir, el área en frente del acero de perforación es tan blanda que el golpe del pistón de impacto hace que el acero de perforación, y de esta manera el pistón de amortiguación, avance y pase a una posición normal, una salida para la cámara de presión anterior se abre total o parcialmente, produciendo de esta manera una reducción de presión en la cámara de presión. El sistema de amortiguación también protege el taladro de roca amortiguando las reflexiones de impulso de percusión desde la roca.

55 Ejemplos de problemas que pueden ocurrir en conexión con la perforación incluyen la desviación del agujero y la curvatura del agujero. La desviación del agujero ocurre, por ejemplo, a causa de una desviación angular del acero de perforación en conexión con el encastre, la etapa en la cual se inicia un nuevo agujero, y se puede remediar normalmente por el operador. La desviación del agujero, es decir, el agujero se desvía y llega a ser curvado en lugar

de rectilíneo, como se prevé, es más difícil de manejar por el operador. Puede haber varias causas de desviación del agujero, por ejemplo, la broca alcanza una sección con tipos de rocas más duras y más blandas alternando con un plano de división en un ángulo con respecto a la dirección de perforación. La desviación del agujero también puede ocurrir cuando hay grietas en la roca y las cavidades que pueden estar llenas de agua o barro, lo que hace difícil un contacto continuo con la roca. Otras causas de la desviación del agujero pueden ser que la broca no se ha molido adecuadamente y/o en combinación con la longitud del acero de perforación que ha alcanzado su longitud de rotura.

Otro problema que puede ocurrir en conexión con la perforación con un contacto con la roca escaso es que el acero de perforación del tubo de perforación, que normalmente está unido con conexiones roscadas, está en riesgo de llegar a ser desatornillado de modo que las conexiones roscadas dejan de estar apretadas durante la perforación. Esto da como resultado la posibilidad de daño a las superficies de contacto entre las roscas macho y hembra. Por ejemplo, las superficies de contacto se pueden soldar por puntos entre sí en lugares por el calor de fricción, produciendo una fractura incipiente en las roscas, lo que puede dar como resultado la rotura de los aceros de perforación.

De esta manera hay una necesidad de un método mejorado y una disposición para controlar los parámetros de perforación que al menos alivian los problemas con la técnica anterior.

Descripción de la invención

Un primer objetivo de la presente invención es proporcionar un método para controlar al menos un parámetro de perforación que resuelva los problemas anteriores.

La solución es un método que tiene las características de la reivindicación 1.

Tal método para controlar al menos un parámetro de perforación cuando se perfora en roca con un taladro de roca, que comprende un dispositivo de generación de impulsos dispuesto para inducir ondas de choque en una herramienta que actúa contra la roca con una fuerza de percusión generada a través de una presión de percusión,

un dispositivo de generación de rotación dispuesto para suministrar un par al dispositivo de impacto con una rotación generada a través de una presión de rotación,

y una cámara de amortiguación presurizable dispuesta para regular al menos parcialmente el contacto del taladro de roca con la roca a través de una presión de amortiguación en la cámara de amortiguación, que implica

- determinar un primer valor de parámetro que representa uno de los siguientes: la presión de amortiguación, una presión de alimentación que logra la alimentación directa del taladro de roca,

- determinar un segundo valor de parámetro que representa la presión de rotación de la broca,

- determinar una desviación entre el segundo valor de parámetro anterior y un valor de referencia de presión de rotación,

- determinar un valor de referencia de parámetro para el primer valor de parámetro dependiendo de la desviación anterior, en cuya conexión el valor de referencia de parámetro es un valor de referencia de presión de amortiguación si el primer valor de parámetro es la presión de amortiguación y el valor de referencia de parámetro es un valor de referencia de presión de alimentación si el primer valor de parámetro es la presión de alimentación,

- regular la presión de percusión en base a una función del primer valor de parámetro anterior y el valor de referencia de parámetro anterior.

Esto tiene la ventaja de que, regulando la presión de percusión como una función de la presión de rotación y la presión en una cámara de amortiguación, es posible asegurar en cada situación que se usa una presión de percusión correcta en relación con la presión de amortiguación y la rotación. Alternativamente, regulando la presión de percusión como una función de la presión de rotación y la presión de alimentación, es posible asegurar en cada situación que se usa una presión de percusión correcta en relación con la presión de alimentación y la rotación.

Esto se logra por que, cuando la presión de rotación está en un nivel alto y se reduce la presión de alimentación, también es posible corregir la relación entre la presión de amortiguación y la presión de percusión de una manera adecuada.

Según una realización de un método según la invención, la presión de percusión se regula de tal forma que refleja cambios en la presión de rotación anterior. Según una realización preferida de un método según la invención, el método también incluye el paso de permitir que la presión de percusión mantenga la presión de perforación normal cuando el primer valor de parámetro es mayor que el valor de referencia de parámetro y el segundo valor de parámetro es mayor que un valor de referencia de presión de rotación.

Según una realización de un método según invención, la presión de percusión se regula en relación con los valores medios de la rotación durante un intervalo de tiempo.

5 Monitorizando la presión de rotación y combinando ésta con la regulación de la presión de percusión en base a la presión de amortiguación, es posible lograr una operación más sensible de modo que se reduzca el riesgo de desviación del agujero, al tiempo que también hace posible evitar una disminución de la productividad en conexión con la desviación del agujero a causa de una presión de percusión reducida. Cuando la presión de rotación alta reduce el nivel de regulación de la presión de amortiguación, se reducirá la relación entre la presión de alimentación y la presión de percusión. Esto producirá un aumento de la oportunidad de manejar la situación cuando la broca alcance un plano de división, sobre todo cuando la roca vaya de blanda a dura. Cuando la presión de rotación tiene un nivel superior al que se considera normal, existe muy poco riesgo de que las roscas en los aceros de perforación se deshagan, incluso si el contacto con la roca no es adecuado. Esto permite que se apruebe una presión de percusión más alta. Esta función también contribuye al logro de agujeros más rectos cuando se perfora en roca agrietada. La dirección de la broca se puede mantener mejor en la medida que se usa una presión de percusión más alta para la perforación de grietas.

15 La presente invención tiene una serie de ventajas, por ejemplo, se aumenta la vida útil de las brocas, los aceros de perforación (tubos de perforación) y los adaptadores de vástago. Esta ventaja se logra por las reflexiones dañinas que se reducen en la medida que se pueden establecer niveles de regulación más estrictos y la presión de percusión se regula dependiendo de la presión de rotación y el contacto de la broca con la roca. Otra ventaja es que hay menos daño a las conexiones roscadas. Otra ventaja de la presente invención es que se logra un sistema considerablemente más flexible.

20 Según una realización de un método según la invención, el método incluye el paso de regular la presión de percusión en relación con la presión de encastre cuando el primer valor de parámetro es menor que el valor de referencia de parámetro.

25 Según una realización de un método según la invención, el método también comprende el paso de establecer un valor de referencia para la presión de percusión dependiendo de la función anterior y de regular la presión de percusión dependiendo del valor de referencia.

30 Según una realización de un método según la invención, la presión de rotación se determina continuamente y/o a intervalos específicos a través de detección, monitorización, medición o cálculo. Determinando la presión anterior continuamente, es posible llevar a cabo una regulación continua de la presión de percusión. También el filtrado de los valores de la presión determinada genera la ventaja de que la regulación es menos sensible a pequeñas fluctuaciones.

Según una realización de un método según la invención, la regulación se lleva a cabo por medio de una relación matemática entre la presión de amortiguación o la presión de alimentación y la presión de rotación y la presión de percusión y/o buscándola en una tabla predeterminada.

35 Según una realización de un método según la invención, la regulación se lleva a cabo por medio de una relación matemática entre la presión de alimentación, la presión de rotación y la presión de percusión y/o buscándola en una tabla predeterminada.

40 Según una realización de un método según la invención, la función consiste en una de las siguientes o una combinación de varias de las siguientes: regulación proporcional, regulación integral, regulación derivada en relación con la desviación anterior y/o el valor de referencia de parámetro anterior, uno de los siguientes: valor de referencia de presión de amortiguación, valor de referencia de presión de alimentación.

Según una realización de un método según la invención, el método también implica que el aumento de presión de percusión anterior sea regulado de tal forma que el aumento de la presión de percusión por unidad de tiempo se mantenga por debajo de un valor umbral.

45 Según una realización de un método según la invención, el dispositivo de generación de rotación comprende un motor de rotación y el segundo valor de parámetro es un valor medio de la presión de rotación durante un período de tiempo fijo.

50 Según una realización de un método según la invención, el método también implica que el dispositivo de generación de impulsos anterior sea móvil hacia adelante y hacia atrás a lo largo de una viga de alimentación regulada por una presión de alimentación y la presión de alimentación anterior sea regulada dependiendo de la presión de rotación.

Un segundo objetivo de la presente invención es proporcionar una disposición para controlar al menos un parámetro de perforación que resuelva los problemas anteriores.

La solución es una disposición que tiene las características de la reivindicación 11.

5 Tal disposición para controlar al menos un parámetro de perforación cuando se perfora en roca con un taladro de roca comprende un dispositivo de generación de impulso dispuesto para inducir ondas de choque en una herramienta que actúa contra la roca con una fuerza de percusión generada a través de una presión de percusión, un dispositivo de generación de rotación dispuesto para suministrar un par al dispositivo de impacto con una rotación generada a través de una presión de rotación,

una cámara de amortiguación presurizable dispuesta para regular al menos parcialmente el contacto del taladro de roca con la roca a través de la presión predominante en la cámara de amortiguación, en cuya conexión la presión de percusión se regula dependiendo de la presión en la cámara de amortiguación anterior,

10 y un sistema de control dispuesto para controlar el movimiento del taladro de roca, en cuya conexión la disposición comprende dispositivos dispuestos para llevar a cabo los métodos según cualquiera de las reivindicaciones 1-10.

Tal disposición posee ventajas equivalentes a las descritas anteriormente.

La invención también comprende un sistema de control computarizado que comprende medios para llevar a cabo un método de control de al menos un parámetro de perforación cuando se perfora en roca según cualquiera de los métodos en las reivindicaciones 1-10.

15 La invención también comprende un programa de ordenador que se puede descargar directamente a la memoria interna de un ordenador, cuyo programa incluye un código de programa para controlar un método según cualquiera de los métodos en las reivindicaciones 1-10.

20 La invención también comprende un medio legible por ordenador con un programa de ordenador cargado en él, cuyo programa de ordenador está diseñado para hacer que un ordenador lleve a cabo los pasos según el método de cualquiera de las reivindicaciones 1-10.

La invención también comprende una plataforma de perforación, que comprende un sistema de control computarizado según la reivindicación 11.

La descripción y las reivindicaciones a continuación contienen desarrollos adicionales ventajosos de la invención.

Descripción de los dibujos

25 La invención se explicará con más detalle a través de las descripciones de las realizaciones con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la Figura 1 muestra un esbozo de una plataforma de perforación equipada con una disposición según la presente invención,

la Figura 2 muestra un amortiguador de flujo según la técnica anterior,

30 la Figura 3 muestra un ejemplo de regulación de amortiguación y presión de percusión como una función del tiempo.

la Figura 4 muestra un ejemplo de regulación de la presión de alimentación como una función de la presión de rotación,

35 la Figura 5 muestra un ejemplo de regulación de presión de percusión según una realización de la presente invención,

la Figura 6 muestra un ejemplo de un detalle de un sistema de control según la invención

y la Figura 7 muestra un ejemplo de un visualizador para regular la presión de percusión según la Figura 5.

Descripción de las realizaciones

40 La siguiente descripción describe una plataforma subterránea. No obstante, la invención también se puede aplicar a una plataforma de superficie.

45 La Figura 1 muestra una plataforma de perforación de roca 10 para la excavación de túneles, la extracción de minerales o la instalación de pernos de refuerzo de rocas en conexión con, por ejemplo, excavación de túneles o minería. La plataforma de perforación 10 incluye una jirafa 11, un extremo 11a de la cual está unido de forma articulada a un portador 12, tal como un vehículo, a través de uno o más dispositivos de articulación y en el otro extremo 11b de la cual está dispuesto un alimentador 13 que soporta un dispositivo de generación de impulsos en forma de un taladro de roca 14. El taladro de roca 14 se puede mover a lo largo del alimentador 13 y genera ondas de choque que se transfieren a la roca 17 a través de un tubo de perforación 15 y una broca 18. La plataforma 10 también comprende una unidad de control 16 que se puede usar para controlar los parámetros de perforación según la presente invención y según lo que se describirá a continuación. La unidad de control 16 se puede usar para
50 monitorizar la posición, dirección y distancia perforada, etc. con respecto al taladro de roca y al portador. La unidad

de control comprende un microprocesador o un procesador que comprende una unidad central de proceso (CPU) o una agrupación de puertas programables en campo (FPGA) o una unidad de semiconductores que comprende componentes lógicos programables y unidades de comunicación programables que regulan las funciones del taladro de roca con funciones de control y llevan a cabo los pasos según el método según un aspecto de la invención. Esto se hace por medio de uno o más programas de ordenador que están almacenados, al menos parcialmente, en una memoria que es accesible por la unidad de control. La unidad de control 16 también se puede usar para controlar el movimiento de la plataforma 10, aunque una unidad de control separada, por supuesto, se puede usar para esto.

El taladro de roca 14 comprende, de una manera que pertenece a la técnica anterior, un dispositivo de rotación (no mostrado) dispuesto para girar el tubo de perforación 15 durante la perforación. El dispositivo de rotación comprende un motor de rotación que se acciona hidráulicamente a través de un flujo de líquido de rotación que emana de una primera bomba 20 a través de un primer tubo 22. La presión en el tubo 22 es la presión de rotación R que se mide con un primer sensor de presión 24. La unidad de control 16 recibe señales del primer sensor de presión 24 y de esta manera monitoriza y registra la presión en el primer tubo 22. La presión de rotación R se mide continuamente y/o a intervalos específicos a través de detección, monitorización, medición o cálculo. El sensor de presión 24 también, en otra realización no mostrada, puede medir la presión de rotación R en el motor de rotación. El taladro de roca 14 se acciona hacia delante con una fuerza de alimentación por un motor de alimentación (no mostrado) que se acciona hidráulicamente a través de un flujo de alimentación que emana de una segunda bomba 26 a través de un segundo tubo 28. La presión en el tubo de alimentación 28 es la presión de alimentación M que se mide con un segundo sensor de presión 30. La unidad de control 16 recibe señales del sensor de presión 30 y de esta manera monitoriza y registra la presión en el segundo tubo 28. La posición y la velocidad del taladro de roca se determinan por medio de un sensor de posición (no mostrado) en el alimentador 13 conectado al sistema de control 16. La velocidad del taladro de roca y el carro de bancada durante el tiempo cuando no hay perforación se llama aquí la velocidad de alimentación. La velocidad del taladro de roca y el carro de bancada durante la perforación se llama aquí velocidad de perforación.

A través de un mecanismo de percusión (no mostrado) dentro del taladro de roca, los pulsos de percusión se transfieren al tubo de perforación (acero de perforación) y desde allí a la roca a través del mecanismo de percusión que golpea un adaptador (no mostrado) fijado al tubo de perforación 15 distal a la broca. El mecanismo de percusión se acciona con una presión de percusión S (presión de generación de ondas de choque). El taladro de roca también comprende un sistema de amortiguación. El tubo de perforación 15 se alimenta hacia la roca a través de un pistón de amortiguación (no mostrado) dispuesto en el sistema de amortiguación. Además de la función anterior de presionar el tubo de perforación contra la roca, el pistón de amortiguación también tiene una función de amortiguación.

La Figura 2 muestra el sistema de amortiguación con más detalle. El tubo de perforación 15 se alimenta hacia la roca a través de un pistón de amortiguación 34, un amortiguador de flujo en este caso, dispuesto en el sistema de amortiguación. El tubo de perforación se alimenta hacia la roca a través de un manguito 37 por medio del pistón de amortiguación 34, en cuya conexión el amortiguador 34 choca con el adaptador 35. En funcionamiento, una fuerza determinada por una presión hidráulica en una cámara de amortiguación presurizable 38 se transfiere al adaptador 35 a través del pistón de amortiguación 34 y el manguito 37. La fuerza anterior se usa para asegurar que la broca se mantenga permanentemente presionada contra la roca. El pistón de amortiguación también está dispuesto de tal forma que, si se desplaza en la dirección de la perforación en relación con una posición normal, por ejemplo a una nueva posición, que, por ejemplo, puede ser el caso si la broca alcanza a una cavidad, o si un tipo de roca más dura llega a ser un tipo de roca más suelta, en cuyo caso los golpes del pistón de impacto golpean el tubo de perforación, se logra una reducción de presión en la cámara de amortiguación 38.

La presión hidráulica en la cámara de amortiguación 38 es la presión de amortiguación D que se mide con un tercer sensor de presión, no mostrado. La unidad de control 16 recibe señales del tercer sensor de presión y de esta manera monitoriza y registra la presión de amortiguación. Midiendo la presión de amortiguación (alternativamente, la presión de amortiguación en la cámara de amortiguación se puede representar por una presión que se mide/determina dentro o en un tubo de alimentación de presión para la cámara de amortiguación 38) D, la unidad de control 16 puede determinar la medida en que la broca está en contacto con la roca y la posición del pistón de amortiguación en relación con la posición normal. La presión hidráulica dentro, o en un tubo de alimentación para, la cámara de amortiguación 38 se usa como una primera función de control para la regulación de la presión de percusión como una función de la presión y el tiempo de amortiguación con el fin de lograr un buen contacto con la roca.

En otra realización, no mostrada, también se puede usar una cámara de amortiguación que comprende dos cámaras de amortiguación.

La Figura 3 muestra un ejemplo de tal regulación. La primera función de control implica reducir la presión de percusión cuando la presión de amortiguación cae, lo que da como resultado que el adaptador de vástago haya sido presionado hacia adelante y el contacto con la roca sea escaso, y aumentar la presión de percusión cuando la presión de amortiguación sea alta y cuando el contacto con la roca se considere que es bueno. La primera función de control hace posible de esta manera conmutar entre diferentes niveles de presión de amortiguación de una forma controlada. Una serie de valores límite para la presión de amortiguación D se definen en el sistema de control: un

valor de referencia de presión de amortiguación Dref, equivalente a la presión de amortiguación permitida cuando solamente se permite una presión de percusión S1 baja, y una segunda presión de amortiguación D2, equivalente a la presión de amortiguación permitida cuando se permite una presión de percusión S2 alta. El principio básico de la primera función de control es la regulación de la presión de percusión como una función de la presión de amortiguación. La presión de amortiguación Dref, por ejemplo, puede consistir en un nivel al que la presión de percusión se reduce al nivel de perforación inicial, la presión de encastre, con el fin de que el equipo no se dañe si se pierde el contacto con la roca en la medida que el impulso de la onda de choque no se transfiere entonces a la roca y se refleja de nuevo dentro del taladro de roca en su lugar. La segunda presión de amortiguación D2, por ejemplo, puede consistir en una presión a la cual se considera que el contacto de la roca sea bueno, y una presión de percusión alta se puede aceptar por lo tanto a medida que el riesgo de dañar el equipo sea menor a medida que el impulso de onda de choque se transfiere de esta manera de forma eficaz.

En este caso, la percusión se regula de modo que puede mantener la presión de perforación S2 normal cuando la presión de amortiguación está en el intervalo entre el valor de referencia de presión de amortiguación Dref1 y la presión de amortiguación D2 alta. La Figura 3 muestra cómo se mantiene la presión de percusión en un nivel de encastre (inicio de perforación) S1 en el inicio de la perforación y durante tanto tiempo como la presión de amortiguación sea menor que el nivel D2 más alto. Cuando la presión de amortiguación, en un tiempo T1, excede el nivel de presión D2, la presión de percusión se aumenta a la presión de perforación S2 normal, en el que la presión de percusión se mantiene entonces durante tanto tiempo como la presión de amortiguación no sea menor que el nivel de presión de amortiguación inferior, valor de referencia de presión de amortiguación Dref1. En un tiempo T3 posterior, el valor de referencia de presión de amortiguación es menor que el nivel de presión Dref1 y la presión de percusión se baja de esta manera al nivel de perforación S1 inicial. La reducción tiene lugar como una función escalón en este caso, pero también se pueden usar otras funciones en otras realizaciones, por ejemplo, una función proporcional o una función rampa. De la misma forma, la presión de percusión se aumenta según diferentes funciones, por ejemplo, una función escalón, una función proporcional o una función rampa.

A pesar de la regulación con la primera función de control anterior, con la perforación hay un riesgo de que se atasque el taladro. Por lo tanto, se ha implementado una segunda función de control en el sistema de control como se muestra en la Figura 4. Atasco significa que es difícil liberar la barra de perforación de modo que la barra de perforación tiene que ser dejada en el agujero de perforación en la roca, lo que, en sí mismo, causa una reducción en la producción. Si tiene que ser dejada una barra de perforación, surge el problema además del coste de la barra y la broca, de más dificultades en la conexión con la carga. También hay un riesgo de que la broca que queda perturbe la perforación o el procesamiento continuado de la roca volada después cuando se triture en la medida que la broca contiene material más duro tal como carburo de tungsteno que puede dañar el equipo. A menudo cuando el taladro de roca está en vías de atascarse, la presión de rotación R al motor de rotación aumenta a medida que se requiere un par más alto para girar la broca.

En la Figura 4, el eje horizontal describe la presión de rotación y el eje vertical describe la presión de alimentación. La segunda función de control regula la presión de alimentación como una función dependiente de la presión de rotación R. La presión de alimentación del motor de alimentación/cilindro de alimentación en este caso es directamente proporcional a la fuerza de alimentación. Una serie de presiones de rotación se definen en el sistema de control, tales como diferentes niveles para la presión de rotación: una presión de rotación R1 mínima, un valor de consigna para la presión de rotación R2, un valor límite para la presión de rotación R3 después del atasco, cuya presión de rotación es más alta que el valor de consigna R2, y una presión de rotación R4 máxima permitida. La presión de rotación R1 mínima es equivalente al ralentí para el motor de rotación cuando se activa el taladro de roca, pero sin carga. El valor de consigna para la presión de rotación R2 es equivalente a una presión de rotación supuesta para el tipo de roca en cuestión, que es equivalente a un nivel en el cual las conexiones roscadas en el tubo de perforación se mantienen juntas.

La presión de rotación R4 máxima permitida se define como una presión justo antes de la presión equivalente a un nivel en el cual las conexiones roscadas se aprietan tanto que ya no se pueden deshacer. Si se logra la presión de rotación R4 máxima permitida, el sistema de control activa una función antiatasco. La función antiatasco invierte el taladro de roca hasta que la presión de rotación sea menor que la presión de rotación después del atasco R3. La presión de alimentación equivalente es: una presión de alimentación en conexión con el tasco M1, un valor límite para la presión de alimentación M2 y un valor de consigna para la presión de alimentación en conexión con la perforación M3 normal.

En la Figura 4, el taladro de roca comienza con la presión de rotación R1 al ralentí y, durante tanto tiempo como se lleva a cabo la perforación normal, la presión de rotación es menor que el valor de consigna para la presión de rotación R2. En la figura y en el sistema de control, el intervalo entre la presión de rotación R1 al ralentí y el valor de consigna para la presión de rotación R2 es equivalente a la presión de alimentación en conexión con la perforación M3 normal. Si, por cualquier razón, el taladro de roca comienza a atascarse, la presión de rotación aumenta como se ha mencionado anteriormente. Si, a este respecto, la presión de rotación pasa el valor de consigna para la presión de rotación R2, el sistema de control está dispuesto a reducir la presión de alimentación al valor límite para la presión de alimentación M2. En este caso, la reducción en la presión de alimentación tiene lugar proporcionalmente a la presión de rotación. No obstante, la reducción en la presión de alimentación también puede tener lugar según otras funciones matemáticas.

El nivel de presión para el valor límite para la presión de alimentación M2 normalmente se fija en un nivel en el que la fricción se acaba de superar y el taladro de roca comienza a moverse. El objetivo, en conexión con este nivel, es reducir algo el contacto con la roca para la broca y, de esta manera, reducir el riesgo de que se atasque el taladro de roca y de que las conexiones roscadas se ajusten demasiado de modo que no se puedan deshacer. Si, a pesar de esto, la presión de rotación continúa aumentando hasta la presión de rotación R4 máxima permitida, el sistema de control activará la función antiatasco y disminuirá la presión de alimentación a la presión de alimentación en conexión con el atasco M1, en este ejemplo mostrada como una función escalón, que se logra invirtiendo el taladro de roca. Cuando se activa entonces la función antiatasco, la presión de alimentación se regula de modo que el carro de bancada de perforación se alimenta hacia atrás hasta que la presión de rotación sea menor que la presión de rotación después del atasco R3. El eje negativo para la presión de alimentación M, que comprende M1, es equivalente de esta manera a la inversión del taladro de roca.

Hay distintas realizaciones de la función para regular la presión de alimentación dependiendo de la presión de rotación para distintos tipos de plataformas tales como plataformas de superficie o subterráneas. La regulación, por ejemplo, se puede llevar a cabo según un modelo matemático tal como regulación proporcional, derivada o integral o alguna otra regulación de la técnica anterior.

Cuando se combinan la primera y segunda funciones de control descritas anteriormente, puede surgir la siguiente situación: el sistema de control lee una presión de rotación R creciente, que tiene el resultado de que, cuando la presión de rotación ha aumentado por encima del valor de consigna para la presión de rotación R2, el sistema reduce la presión de alimentación M con la segunda función de control. A medida que la presión de alimentación M disminuye, esto hace que el contacto con la roca se deteriore, con el resultado de que la presión de amortiguación D disminuya y, dependiendo de esto, el sistema de control reduce la presión de percusión S con la primera función de control. Esta situación tiene el resultado de que la presión de alimentación M reducida ciertamente contribuye a reducir el riesgo de que el acero de perforación sea doblado hacia el lado del agujero de perforación, pero si la broca golpea un plano de división entre diferentes tipos de rocas, puede haber un riesgo de desviación del agujero a medida que la relación entre la presión de alimentación y la presión de percusión es constante en la medida que ambas se reducen. Otra consecuencia de esto es que, a menos que el sistema tenga éxito en enderezar el agujero, hay un riesgo de que la última parte del agujero sea perforada con la presión de percusión de encastre, lo que reduce drásticamente la velocidad de perforación y, de esta manera, la productividad.

La presente invención se describirá ahora con mayor detalle con referencia a la Figura 5 como ejemplo de regulación de la presión de percusión según una realización de la invención que aspira a aumentar la velocidad de perforación y la productividad.

La Figura 5 muestra un método en el cual la presión de percusión se regula dependiendo de la presión de rotación y la presión de amortiguación. El método se lleva a cabo en cooperación con la primera y la segunda funciones de control. La figura muestra tres gráficos, que representan la presión de percusión S, la presión de amortiguación D y la presión de rotación R como una función de un eje de tiempo común. Además de los valores límite predefinidos para la presión de rotación mencionada en la descripción para la Figura 4, el sistema de control también contiene un valor de referencia de presión de rotación Rref, definido entre las posiciones extremas para la perforación de rotación R1 y R4. Además de los valores límite para la presión de amortiguación definidos en la descripción para la Figura 3, también hay un tercer valor límite para la presión de amortiguación, otro valor de referencia de presión de amortiguación Dref que tiene un nivel para un segundo valor de referencia de presión de amortiguación Dref2 definido, cuya presión de amortiguación es menor que el primer valor de referencia de presión de amortiguación Dref1. De esta manera, hay dos valores de referencia de presión de amortiguación Dref diferentes: (Dref1, Dref2). Como se ha mencionado anteriormente en la descripción de la Figura 3, hay dos niveles para la presión de percusión definida en el sistema de control: la presión de percusión en conexión con el encastre S1 y la presión de percusión en conexión con la presión de perforación S2 normal.

El método implica un primer valor de parámetro P1 que representa la presión de amortiguación D que se determina. Además, se determina un segundo valor de parámetro P2, que representa la presión de rotación R de la broca. Posteriormente, se determina una desviación ΔR entre el segundo valor de parámetro anterior y un valor de referencia de presión de rotación Rref. Un valor de referencia de parámetro se determina entonces, en este caso un valor de referencia de presión de amortiguación Dref dependiendo de la desviación ΔR anterior. La presión de percusión se regula, por lo tanto, en base a una función $G(Dref(\Delta R))$ del valor de referencia de presión de amortiguación Dref anterior.

La perforación en el ejemplo descrito en la Figura 5 comienza en el tiempo T00 y comienza con una presión de percusión S1 para el encastre, el valor de referencia de presión de amortiguación Dref1 y el valor de consigna para la presión de rotación R2. Durante el tiempo mostrado en el intervalo entre T00 y T11, el gráfico corresponde a la regulación con la primera función de control mostrada en la Figura 3 entre los tiempos T0 y T1. Este intervalo corresponde a la perforación normal, lo que significa que la presión de rotación está por debajo o en el valor de consigna para la presión de rotación R2. En este caso, no se han cumplido aún las condiciones para la regulación según el presente método.

No obstante, si la presión de rotación R aumenta de modo que se excede el valor de consigna para la presión de rotación R2, el sistema de control comienza a reducir la presión de alimentación M según la segunda función de control mostrada en la Figura 4. Esto también hace que la presión de amortiguación D caiga debido a que el contacto con la roca se deteriora en esta conexión. Si la presión de rotación es más alta que el valor de referencia de presión de rotación Rref, como se muestra en el tiempo T12 en la Figura 5, también se cumple una de las condiciones para activar el método descrito. El sistema de control regula de esta manera la presión de percusión en base al siguiente método:

el sistema de control determina un primer valor de parámetro P1, que representa la presión de amortiguación D, y un segundo valor de parámetro P2, que representa la presión de rotación R de la broca. El sistema de control determina entonces una desviación ΔR entre el segundo valor de parámetro P2 anterior y un valor de referencia de presión de rotación Rref y entonces determina el valor que se va a aplicar para el valor de referencia de presión de amortiguación Dref dependiendo de la desviación ΔR anterior. A este respecto, el valor de referencia de presión de amortiguación Dref se establece o bien al nivel de un primer valor de referencia de presión de amortiguación Dref1, si la rotación es inferior a Rref, o al nivel de un segundo valor de referencia de presión de amortiguación Dref2 si la rotación es más alta que Rref. La presión de percusión se regula entonces en base a una función de la desviación anterior y del primer valor de parámetro P1.

En la realización mostrada en la Figura 5, esto significa que, cuando se ha alcanzado el valor de referencia de presión de rotación Rref, se cambian las condiciones en conexión con la regulación de la presión de percusión y el nivel de regulación para el valor de referencia de presión de amortiguación Dref se establece en el nivel para el segundo valor de referencia de presión de amortiguación Dref2 en lugar del nivel límite previo para Dref equivalente al primer valor de referencia de presión de amortiguación Dref1 descrito en la Figura 3. Esto significa que, cuando aumenta la presión de rotación R, por ejemplo debido a que la broca está llegando a estar atascada y la presión de alimentación comienza a ser reducida como resultado, el sistema de control mantendrá la presión de percusión en el nivel de la presión de perforación S2 normal en lugar de bajar la presión de percusión a la presión de encastre S1. Cuando la presión de rotación cae de nuevo por debajo del nivel para el valor de referencia de presión de rotación Rref (véase el punto T14 en la Figura 5), se cambian las condiciones en conexión con la regulación de la presión de percusión y se devuelve el nivel de regulación para el valor de referencia de presión de amortiguación Dref al nivel equivalente al primer valor de referencia de presión de amortiguación Dref1.

La Figura 5 también muestra cómo, cuando la broca golpea una cavidad o parte con roca suelta, de modo que la presión de amortiguación disminuye sin que la presión de rotación aumente al mismo tiempo, el sistema de control reducirá la presión de percusión dependiendo de un valor de referencia de presión de amortiguación Dref, con el nivel para el primer valor de referencia de presión de amortiguación Dref1 (véase el tiempo T15 en la Figura 5). La presión de percusión está regulada de tal forma que refleja cambios en la presión de amortiguación. En el tiempo T16, la presión de amortiguación vuelve a la presión de amortiguación D2 alta y la presión de percusión se regula de nuevo para aumentar.

La presión de percusión se regula esencialmente de tal forma que refleja los cambios en la presión de rotación anterior. Cuando la presión de rotación excede Rref, el nivel de regulación para la presión de amortiguación D con el valor de referencia de presión de amortiguación Dref conmuta entre los niveles para el primer valor de referencia de presión de amortiguación Dref1 y el nivel para el segundo valor de referencia de presión de amortiguación Dref2. La presión de rotación se puede determinar continuamente y/o a intervalos específicos a través de detección, monitorización, medición o cálculo.

Por ejemplo, la presión de percusión se puede regular como se ha descrito anteriormente o como una función de la presión de rotación y la presión de amortiguación, en la que la conexión de la función anterior consiste en una de las siguientes o una combinación de varias de las siguientes: regulación proporcional, regulación derivada, regulación integral en relación con la desviación anterior y/o el valor de referencia de presión de amortiguación anterior o una combinación de éstos. El método también se puede llevar a cabo por medio de una relación matemática entre la presión de amortiguación, la presión de rotación y la presión de percusión y/o buscándola en una tabla predeterminada.

El aumento en la presión de percusión también se puede regular de tal forma que el aumento en la presión de percusión por unidad de tiempo se mantenga por debajo de un valor umbral.

En otra realización, la presión de alimentación regula la presión de percusión. El primer valor de parámetro entonces representa una presión de alimentación en su lugar. La presión de percusión se limita en este caso si el primer valor de parámetro es menor que un valor de referencia de presión de alimentación Mref. El valor de referencia de presión de alimentación a este respecto se establece o bien al nivel para un primer valor de referencia de presión de alimentación Mref1 o al nivel para un segundo valor de referencia de presión de alimentación Mref2, menor que Mref1. El valor de referencia de presión de alimentación Mref se establece, de manera similar a la descrita anteriormente, dependiendo de la desviación ΔR entre el segundo valor de parámetro P2 y un valor de referencia de presión de rotación Rref, como una función H (Dref(ΔR)). Si la rotación es menor que Rref, el valor de referencia de presión de alimentación se establece en Mref1. Si la rotación es más alta que Rref, el valor de referencia de presión de alimentación Mref se restablece a Mref2.

En otra realización más, la presión de percusión está regulada en relación con la presión de percusión de encastre cuando el primer valor de parámetro P1 es menor que un valor de referencia de parámetro, uno de los siguientes: valor de referencia de presión de amortiguación, valor de referencia de presión de alimentación.

5 La presión de percusión también se limita si el primer valor de parámetro representa una presión de amortiguación y es menor que la presión de ralenti del sistema de amortiguación.

En otra realización, la presión de percusión se regula en relación con una presión de percusión máxima cuando el primer valor de parámetro es más alto que un valor de referencia de parámetro, uno de los siguientes: valor de referencia de presión de amortiguación, valor de referencia de presión de alimentación y el segundo valor de parámetro es más alto que un valor de referencia de presión de rotación.

10 La presión de percusión, por supuesto, se puede aumentar y disminuir según diferentes funciones (no todas mostradas aquí), por ejemplo, una función escalón, una función proporcional o una función de rampa.

En otra realización, se permite una presión de percusión S que es más alta que la presión de perforación S2 normal, que tiene la ventaja de que la perforación, por ejemplo, se puede hacer más fácil en casos en los que estratos de rocas significativamente más duros están intercalados en la roca perforada.

15 La Figura 6 muestra una disposición 100 como detalle del sistema de control (16) para la regulación de la presión de percusión según la Figura 5 cuando el primer parámetro es la presión de rotación.

20 La disposición comprende un primer dispositivo 110 al que se aplican señales desde el primer sensor de presión 24 que mide la presión de rotación. El primer dispositivo 110 se dispone para determinar un segundo valor de parámetro P2 que representa la presión de rotación R. La disposición también comprende, un segundo dispositivo 120 al que se aplican señales desde el tercer sensor de presión que mide la presión de amortiguación. El segundo dispositivo 120 se dispone para determinar un primer valor del parámetro P1 que representa la presión de amortiguación D. El segundo valor de parámetro y un valor de referencia de presión de rotación Rref se aplican a un tercer dispositivo 130 dispuesto para determinar una desviación ΔR entre el segundo valor de parámetro R2 y el valor de referencia de presión de rotación Rref. La desviación ΔR se aplica a un cuarto dispositivo 140 dispuesto para determinar un valor de referencia de presión de amortiguación Dref dependiendo de la desviación anterior. El valor de referencia de presión de amortiguación Dref y el primer valor de parámetro P1 se aplican entonces a un quinto dispositivo 150 dispuesto para regular la presión de percusión S en base a una función del valor de referencia de presión de amortiguación anterior y el primer valor de parámetro P1.

30 La Figura 7 muestra un ejemplo de un visualizador 200 para regular la presión de percusión según la Figura 5 con un manómetro para cada una de la presión de rotación, presión de percusión y presión de amortiguación. La presión de encastre está en el área 230. Durante la perforación normal, es decir, cuando la presión de rotación y la presión de amortiguación están en las áreas en los manómetros representados por los valores de referencia 210, 260. Esto significa que la presión de rotación está por debajo del valor de consigna para la presión de rotación R2 y la presión de amortiguación está por encima del nivel de referencia de presión de amortiguación Dref2. En este caso, la presente invención no afectará al sistema.

35 En las condiciones en que la presión de rotación aumenta desde el área representada por 210 hasta el área representada por 220, el sistema de control ha comenzado a reducir la presión de alimentación con la segunda función de control. Esto hace que la presión de amortiguación caiga a medida que el contacto con la roca no es tan bueno. Con el método según la invención, el valor de referencia de presión de amortiguación se restablece ahora a Dref2 y la presión de percusión se puede retener a una presión de perforación S2 normal, 240. En la Figura, Dref1 corresponde al nivel máximo para el área representada por 260 y el segundo nivel de referencia de presión de amortiguación Dref2 corresponde al nivel máximo para el área representada por 250.

La invención no está limitada a las realizaciones mostradas. Los expertos, por supuesto, pueden modificarla en un número de formas dentro del marco de la invención definida por las reivindicaciones.

45

REIVINDICACIONES

1. Un método para controlar al menos un parámetro de perforación cuando se perfora en roca con un taladro de roca (14), que comprende un dispositivo de generación de impulso dispuesto para inducir ondas de choque en una herramienta (18) que actúa contra la roca con una fuerza de percusión generada a través de una presión de percusión, un dispositivo de generación de rotación dispuesto para suministrar un par al dispositivo de impacto con una rotación generada a través de una presión de rotación, y una cámara de amortiguación presurizable (38) dispuesta para regular al menos parcialmente el contacto del taladro de roca con la roca a través de una presión de amortiguación en la cámara de amortiguación,
- 5
- caracterizado por
- 10
- determinar un primer valor de parámetro (P1) que representa la presión de amortiguación (D),
 - determinar un segundo valor de parámetro (P2) que representa la presión de rotación (R) de la broca,
 - determinar una desviación (ΔR) entre el segundo valor de parámetro anterior y un valor de referencia de presión de rotación (Rref),
 - determinar un valor de referencia de presión de amortiguación (Dref, Dref1, Dref2) en dependencia de dicha desviación,
 - 15
 - regular la presión de percusión (S) en base a una función del primer valor de parámetro (P1) anterior y el valor de referencia de presión de amortiguación anterior.
2. Un método según la reivindicación 1, en conexión con el cual la presión de rotación (R) se determina continuamente o a intervalos específicos a través de detección, monitorización, medición o cálculo.
- 20
3. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en conexión con el cual la función anterior consiste en una de las siguientes o una combinación de varias de las siguientes: regulación proporcional, regulación derivativa, regulación integral en relación con la desviación anterior (ΔR) y/o el valor de referencia de parámetro anterior (Dref, Dref2).
- 25
4. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, que incluye también el paso de regular la presión de percusión en relación con la presión de perforación (S1) de inicio cuando el primer valor de parámetro (P1) es menor que el valor de referencia de parámetro (Dref).
- 30
5. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, que incluye también el paso de regular la presión de percusión (S) en relación con la presión de perforación (S2) normal cuando el segundo valor de parámetro (P2) es mayor que el valor de referencia de presión de rotación (Rref) y el primer valor de parámetro (P1) es mayor que el valor de referencia de parámetro (Dref) se establece en un segundo valor de referencia de presión de amortiguación (Dref2).
- 35
6. Un método según cualquiera de las reivindicaciones previas, en conexión con el cual el método también implica que el aumento de la presión de percusión anterior sea regulado de tal forma que el aumento de presión de percusión por unidad de tiempo se mantenga por debajo de un valor umbral.
- 40
7. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en conexión con el cual el dispositivo de generación de rotación comprende un motor de rotación y el segundo valor de parámetro es un valor medio de rotación en base a la rotación de la broca durante un intervalo de tiempo.
8. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en conexión con el cual el método también implica que el dispositivo de generación de impulsos anterior sea móvil hacia adelante y hacia atrás a lo largo de un alimentador (13) regulado por una presión de alimentación (M) y la presión de alimentación anterior que se regula dependiendo de la presión de rotación (R).
- 45
9. Una disposición para controlar al menos un parámetro de perforación cuando se perfora en roca con un taladro de roca (14), que comprende un dispositivo de generación de impulsos dispuesto para inducir ondas de choque en una herramienta (18) que actúa contra la roca con una fuerza de percusión generada a través de una presión de percusión, un dispositivo de generación de rotación dispuesto para suministrar un par al dispositivo de impacto con una rotación generada a través de una presión de rotación, una cámara de amortiguación presurizable (38) dispuesta para regular al menos parcialmente el contacto del taladro de roca con la roca a través de la presión predominante en la cámara de amortiguación, en conexión con la cual se regula la presión de percusión dependiendo de la presión en la cámara de amortiguación anterior y se dispone un sistema de control (16) para controlar el movimiento del taladro de roca, caracterizado por que la disposición comprende dispositivos dispuestos para llevar a cabo los métodos según cualquiera de las reivindicaciones 1-8.
- 50

10. Un sistema de control computarizado que comprende medios para llevar a cabo un método de control de al menos un parámetro de perforación cuando se perfora en roca según cualquiera de los métodos en las reivindicaciones 1-8.
- 5 11. Un programa de ordenador que se puede descargar directamente a la memoria interna de un ordenador, cuyo programa comprende un código de programa para controlar un método según cualquiera de los métodos en las reivindicaciones 1-8.
12. Un medio legible por ordenador con un programa de ordenador cargado en él, cuyo programa de ordenador está diseñado para hacer que un ordenador lleve a cabo los pasos según el método de cualquiera de las reivindicaciones 1-8.
- 10 13. Una plataforma de perforación (10), que comprende un sistema de control computarizado según la reivindicación 10.

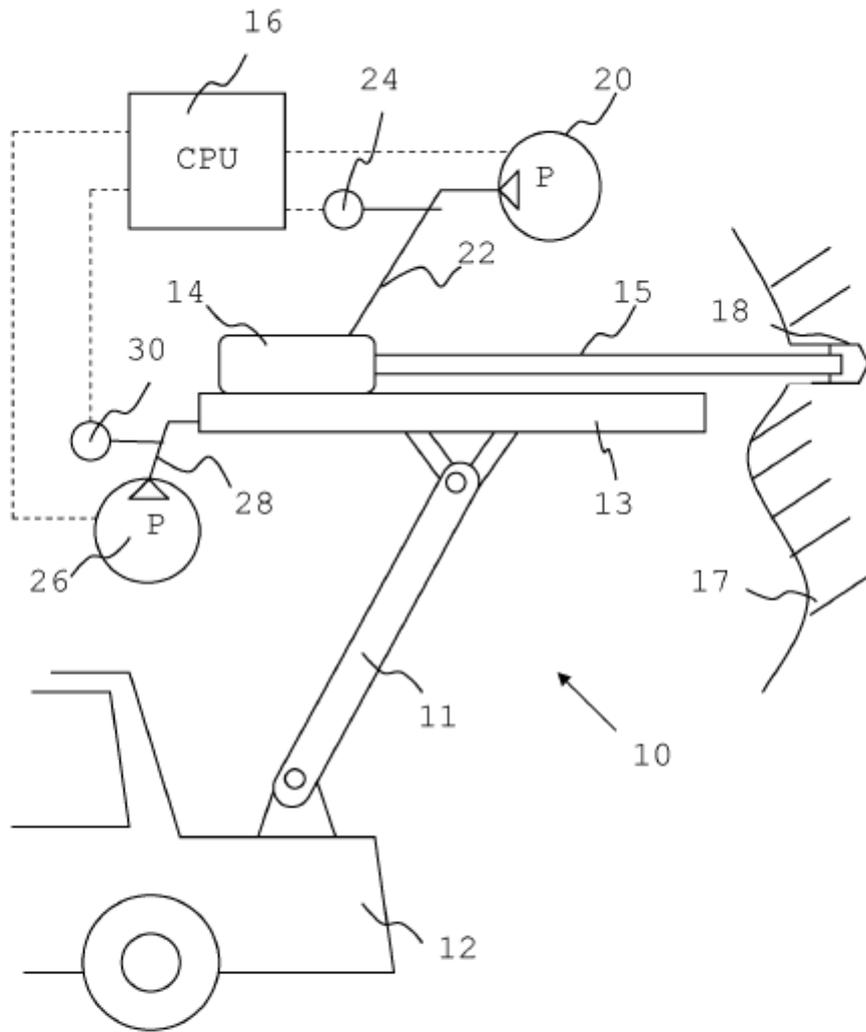


Fig. 1

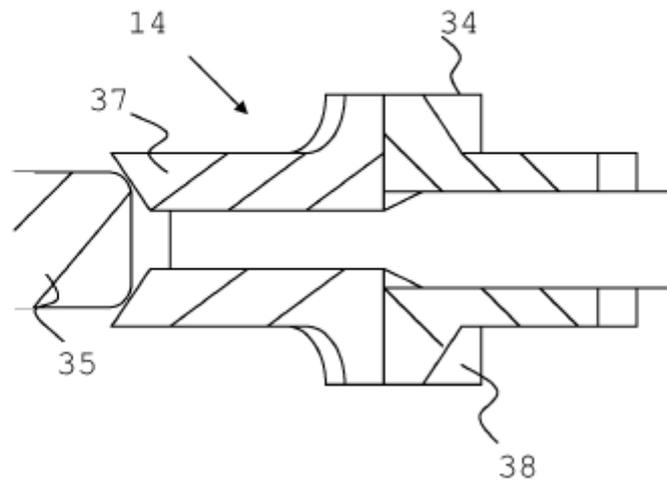


Fig. 2

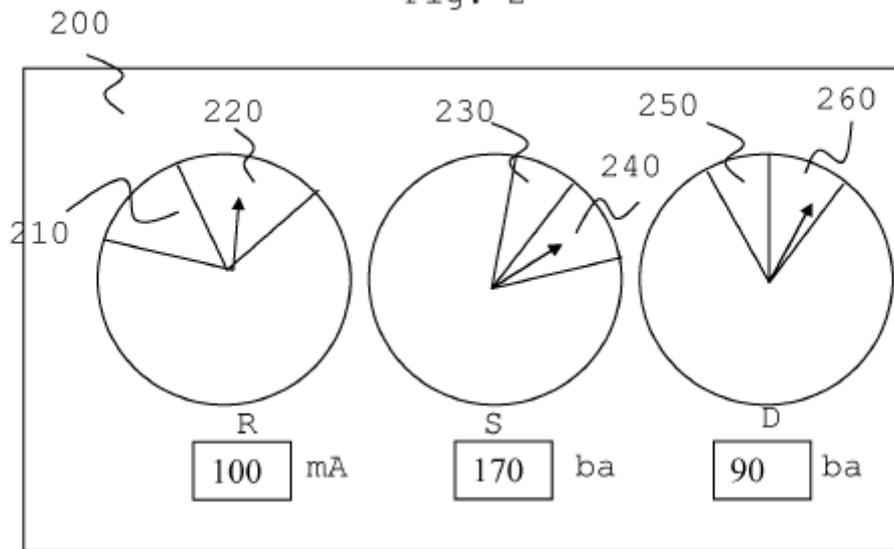


Fig. 7

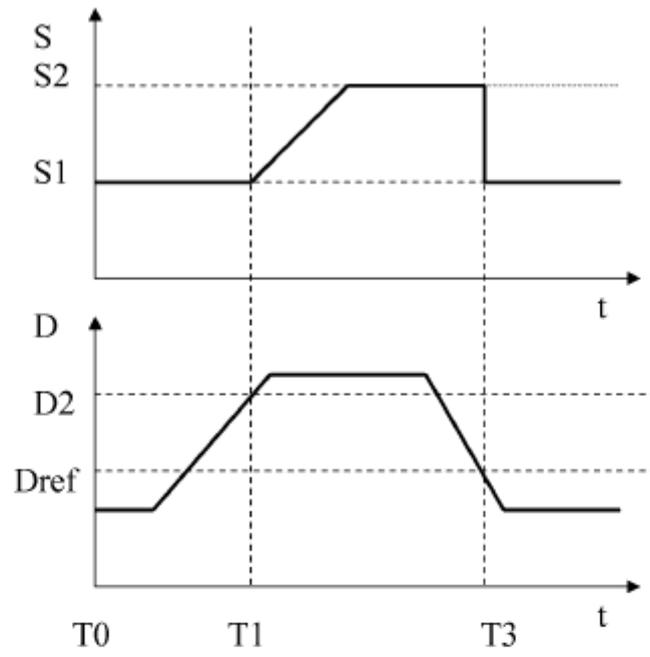


Fig. 3

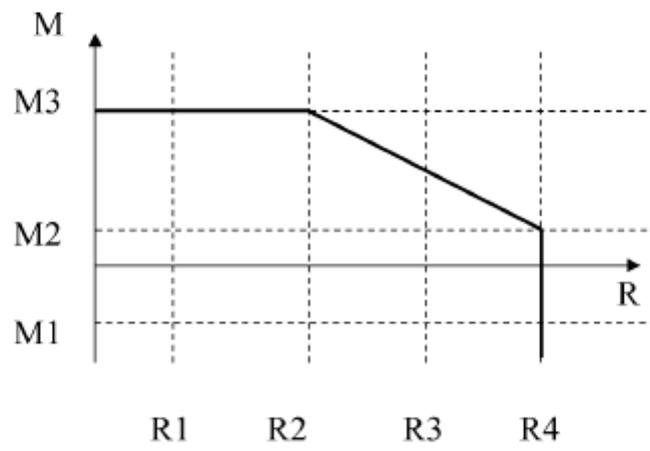


Fig. 4

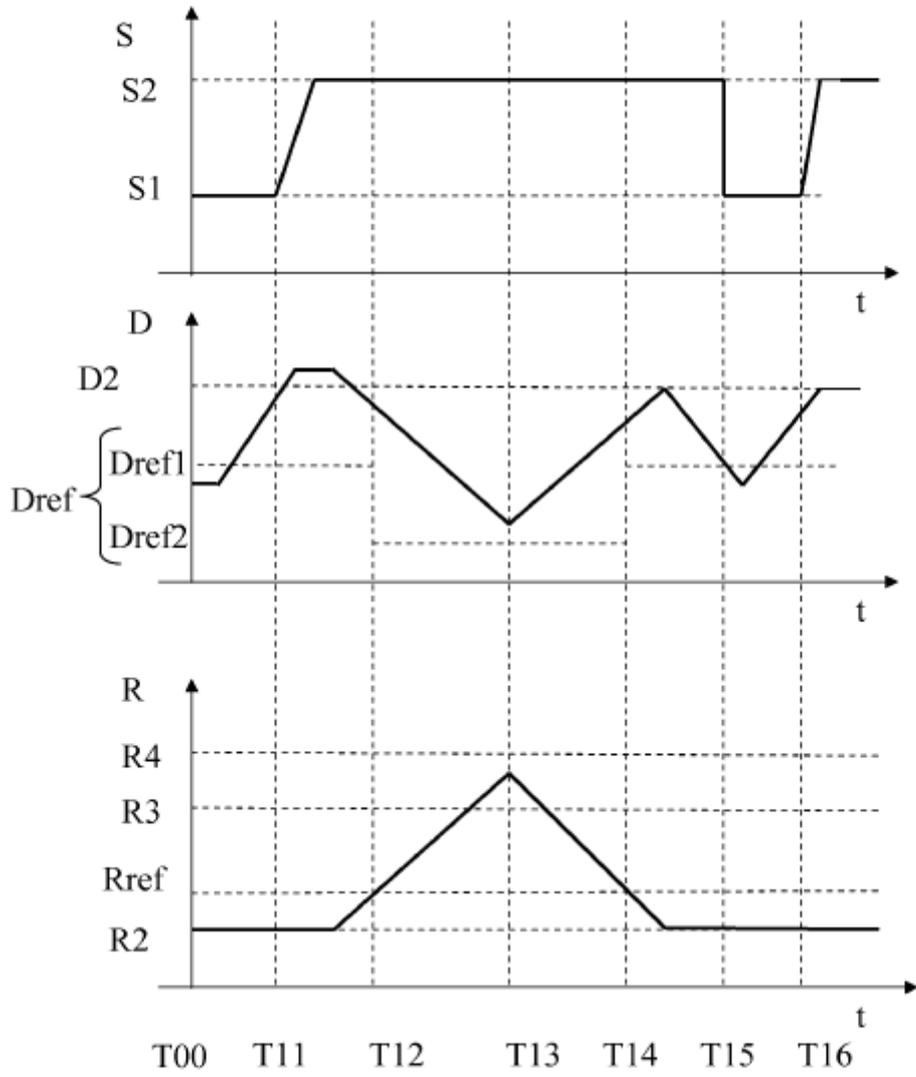


Fig. 5

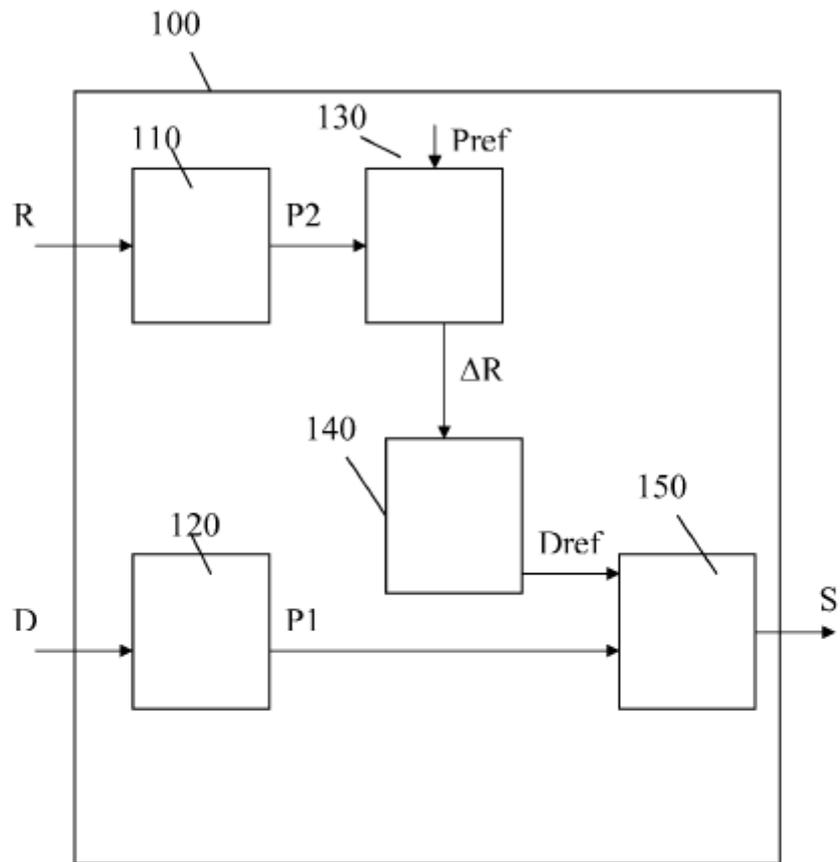


Fig. 6