



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 322 381**

51 Int. Cl.:  
**B25D 9/00** (2006.01)  
**E21B 1/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05789926 .2**  
96 Fecha de presentación : **23.09.2005**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1791681**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **06.06.2007**

54 Título: **Método para romper una roca.**

30 Prioridad: **24.09.2004 FI 20045353**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**19.06.2009**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**19.06.2009**

73 Titular/es: **Sandvik Mining and Construction Oy**  
**Pihtisulunkatu 9**  
**33330 Tampere, FI**

72 Inventor/es: **Keskiniva, Markku;**  
**Mäki, Jorma;**  
**Ahola, Erkki;**  
**Esko, Mauri y**  
**Helin, Aimo**

74 Agente: **Ungría López, Javier**

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

Método para romper una roca.

5 **Antecedentes de la invención**

La invención se refiere a un método para romper una roca a perforar durante la perforación de una roca, método en el cual la roca a perforar se somete a ondas de tensión sucesivas mediante una herramienta de manera que la energía de la onda de tensión transmitida desde la herramienta a la roca provoca que la roca se rompa.

10 Al perforar rocas o similares, la roca se rompe al conducir una onda de tensión a la roca mediante una herramienta, tal como una varilla de perforación o una broca en su extremo. Una onda de tensión se genera hoy en día típicamente golpeando el extremo de la herramienta con un pistón de percusión que se mueve hacia atrás y hacia adelante en una máquina de perforación de rocas o un dispositivo de percusión mediante un medio de presión. En la perforación de  
15 rocas, tanto el suministro de una onda de tensión como la rotación de la herramienta tienen lugar simultáneamente, aunque la rotura del material de roca se basa actualmente en la energía de la onda de tensión transmitida desde la herramienta a la roca.

Típicamente, aproximadamente un 50 a 80% del contenido de energía de la onda de tensión se transmite a la roca  
20 a romper. La energía transmitida al material de roca provoca macro-grietas, la rotura del material de roca y ondas elásticas. La energía relacionada con las ondas elásticas se pierde con respecto a la rotura del material de roca. Por otro lado, la producción de macro-grietas, con respecto a la rotura, es más eficaz que la trituración de un material de roca. Debido a las macro-grietas, grandes partículas se separan del material de roca, mientras que en la trituración el material de roca se muele hasta hacerse completamente fino, lo que requiere una gran cantidad de energía. De  
25 esta manera, sería preferible generar un número de macro-grietas tan grande como sea posible en lugar de triturar la roca.

Los dispositivos de percusión actuales generan ondas de tensión a una baja frecuencia, típicamente de 20 a 100 Hz, siendo la longitud de la onda de tensión bastante corta es decir de aproximadamente 0,2 a 1,6 m. Al mismo tiempo, la  
30 amplitud y el contenido de energía de la onda de tensión son altos. En el punto máximo, las amplitudes son típicamente de 200 a 300 MPa. Debido a la amplitud de la onda de tensión, ha sido necesario diseñar las brocas de botones a usar para que soporten un alto nivel de carga. Por lo tanto, tiene que haber un gran número de botones de rotura de roca en una broca de botones y los botones se han diseñado para soportar picos de carga. Sus formas son, por lo tanto, desventajas con respecto a la rotura de la roca. Por lo tanto, lo que se denomina resistencia de penetración de la  
35 broca de botones, que expresa la proporción de la fuerza ejercida sobre la roca por la broca de botones respecto a la penetración de los botones, es grande.

El alto nivel de energía combinado con la forma desventajosa de los botones conduce a una mala eficacia de rotura y separación de la roca. En consecuencia, altos valores de la amplitud de la onda de tensión dan como resultado una  
40 vida útil más corta del equipo de perforación usado, es decir, las varillas de perforación y las brocas de botones. Sería preferible, respecto a la generación de macro-grietas, poder usar lo que se denomina botones con forma agresiva, aunque esto no es posible al nivel de amplitud de tensión actual. Si fuera posible usar dichos botones, la rotura de la roca podría hacerse significativamente más eficaz comparado con las actuales soluciones.

Al desarrollar las actuales soluciones, el foco de atención se ha centrado generalmente en usar mayores potencias de percusión y, de esta manera, en usar mayores amplitudes de la onda de tensión que anteriormente. Sorprendentemente, sin embargo, se ha observado que puede obtenerse el mismo resultado con el método de acuerdo con la invención usando, al contrario de la tendencia actual, amplitudes de onda de tensión significativamente menores que las  
45 actuales.

50 **Breve descripción de la invención**

Un objeto de la invención es proporcionar un método para romper un material de roca que de como resultado una mejor eficacia que la actual y que aumente, al mismo tiempo, la durabilidad y la vida útil del equipo. Este objeto puede  
55 conseguirse mediante un método de acuerdo con la reivindicación 1.

El método de acuerdo con la invención se caracteriza por pulsos de tensión que se ejercen sobre la roca a una alta frecuencia y con una baja amplitud de las ondas de tensión, de manera que la proporción de carga calculada en base a los valores de la frecuencia y la longitud de la onda de tensión es al menos 0,075.

60 Una idea esencial de la invención es usar una frecuencia de la onda de tensión esencialmente mayor que las frecuencias actuales, y en correspondencia ondas de tensión esencialmente más grandes que las ondas de tensión actuales comparado con el tiempo de ciclo de las ondas de tensión, con lo que la proporción de carga usada para romper la roca puede hacerse esencialmente mayor que la proporción de carga del equipo de la presente invención.  
65

Una ventaja de la invención es que una amplitud de tensión menor que las amplitudes actuales es suficiente para romper la roca con una mayor proporción de carga. Además, una ventaja de la invención es que los botones de las

brocas de botones no tienen que conformarse de acuerdo con los requisitos de los picos de alta tensión, sino que pueden diseñarse a un nivel de tensión menor para ser menos agresivos, de manera que su efecto de rotura sobre la roca es mayor que el efecto de las brocas de botones actuales. Además, usar menores amplitudes de la onda de tensión permite usar herramientas más ligeras, es decir, varillas de perforación y otros dispositivos, que los anteriores, mientras que al mismo tiempo la vida útil de las herramientas puede alargarse.

### Breve descripción de las figuras

La invención se describirá con más detalle en los dibujos adjuntos en los que

La Figura 1 muestra esquemáticamente y temporalmente pulsos de tensión de los dispositivos de percusión actuales;

La Figura 2 muestra, de la misma manera que la Figura 1, pulsos de tensión de un dispositivo de percusión que aplica el método de la invención; y

La Figura 3 muestra esquemáticamente una onda de tensión.

### Descripción detallada de la invención

La Figura 1 muestra esquemáticamente y temporalmente en relación entre sí las ondas de tensión proporcionadas por un dispositivo de percusión que funciona de acuerdo con la técnica anterior. El eje vertical muestra la amplitud de la tensión  $\sigma$  de las ondas de tensión y el eje horizontal muestra el tiempo  $t$ . Como se observa a partir de la Figura 1, la longitud  $t_p$  de una onda de tensión es bastante corta comparada con el tiempo de ciclo  $T$  entre dos ondas de tensión. Esto se basa en la onda de tensión generada por un golpe del pistón de percusión sobre una varilla de perforación, acción que es proporcional a la longitud del pistón de percusión y, por lo tanto, bastante corta. Debido al movimiento recíproco del pistón de percusión, la frecuencia de percusión actualmente es típicamente de 20 a 100 Hz, con lo que la longitud en el tiempo de la onda de tensión proporcionada por el golpe comparado con el tiempo entre golpes sucesivos es muy corta. La amplitud  $\sigma$  de la onda de tensión generada simultáneamente es típicamente alta, es decir, de 200 a 300 MPa.

La Figura 2, a su vez, ilustra ondas de tensión generadas con el método de acuerdo con la invención. En esta solución de acuerdo con la invención, puede observarse que la amplitud de la onda de tensión comparada con la onda de tensión de la Figura 1 es significativamente menor. Como en el método de la invención la frecuencia de las ondas de tensión es esencialmente mayor que en las soluciones conocidas, la longitud  $t_p$  de la onda de tensión comparada con el tiempo  $T$  entre las ondas de tensión es significativamente mayor que en las soluciones conocidas.

La expresión "proporción de carga  $\alpha$ " para romper rocas define cómo está cargada en el tiempo la roca a romper. Esto puede expresarse con la ecuación

$$\alpha = \frac{t_p}{T} = t_p f = \frac{L_p f}{c} \quad (1)$$

donde  $t_p$  es la longitud de la onda de tensión,  $f$  es la frecuencia,  $L_p$  es la longitud de onda y  $c$  es la velocidad de la onda de tensión en la herramienta. Con los dispositivos de percusión actuales una proporción de carga típica es

$$\alpha = 0,01 \text{ a } 0,025$$

Por ejemplo, con los dispositivos de percusión que tienen una longitud de pistón de 0,5 m y una frecuencia de 60 Hz, la proporción de carga es de 0,012.

Con el método de acuerdo con la invención, se consigue una proporción de carga significativamente mayor, con lo que  $\alpha \Rightarrow 0,075$ , preferiblemente al menos 0,1.

En teoría, el máximo de la proporción de carga es 1, aunque en la práctica no puede ser 1. Parte del tiempo que el dispositivo está generando una onda de tensión es para la generación real de la onda de tensión y parte del tiempo para el retorno, es decir, para moverse a la posición para generar una onda de tensión. En la práctica, esto significa que como la velocidad de retorno en realidad no puede ser mayor que la velocidad de generación de una onda de tensión, la proporción de carga máxima en la práctica es de aproximadamente 0,5.

La energía  $W$  y la potencia  $P$  que se suministran a través de una herramienta desde el dispositivo de percusión al material a romper, tal como una roca, pueden definirse para pulsos de tensión rectangulares mediante las ecuaciones:

$$W = \frac{A_k c}{E_k} t_p \sigma^2 \quad (2)$$

$$P = Wf = \frac{A_k c}{E_k} t_p \sigma^2 f = \frac{A_k c}{E_k} \alpha \sigma^2, \quad (3)$$

donde  $A_k$  es el área de sección transversal de la herramienta usada, es decir, una varilla de perforación y  $E_k$  el valor del módulo elástico de la misma herramienta.

Es deseable usar proporciones de carga mayores que aquellas de los dispositivos actuales, no pudiendo usarse ya más las amplitudes de tensión de la magnitud actual. Esto daría como resultado un acortamiento significativo de la vida útil del equipo de perforación. También, las brocas de botones provistas con botones agresivos, necesarias para una utilización eficaz del método, no soportan los niveles de carga actuales. Además, la potencia de percusión requerida por el dispositivo de percusión aumentaría de 4 a 10 veces de lo que es ahora.

La proporción de carga puede aumentarse por ejemplo aumentando la frecuencia de las ondas de tensión. Aplicando este principio, la amplitud de una onda de tensión puede dimensionarse utilizando la uniformidad de la potencia de percusión mediante la ecuación

$$\sigma = \sigma_{refe} \sqrt{\frac{\alpha_{refe}}{\alpha}} \quad (4)$$

donde  $\sigma_{refe}$  es una amplitud de referencia, es decir, un nivel de tensión típico con los dispositivos de percusión actuales y  $\alpha_{refe}$  es una proporción de carga de referencia correspondiente. Si el valor de tensión mayor que se usa hoy en día, es decir, 300 MPa se selecciona como la amplitud de referencia  $\sigma_{refe}$  y 0,025 se selecciona como la proporción de carga  $\alpha_{refe}$ , la amplitud máxima será de

$$\sigma < \sqrt{\frac{0,025}{\alpha}} 300 \text{ MPa}, \quad (5)$$

De acuerdo con la invención, se usa una frecuencia de onda de tensión que es esencialmente mayor que en las soluciones actuales, es decir, al menos 250 Hz, preferiblemente mayor de 350 Hz, por ejemplo de 350 a 1.000 Hz.

Cuando la proporción de carga es de al menos 0,075 a las frecuencias anteriores, se consigue un resultado de perforación eficaz con el método de acuerdo con la invención que tiene 150 MPa como la amplitud máxima. Incluso amplitudes menores producen buenos resultados, aunque la rotura de la roca requiera aún claramente un nivel de amplitud considerablemente mayor. En la práctica, se ha observado que las ventajas del método de acuerdo con la invención comienzan a mostrarse cuando la amplitud de tensión es de aproximadamente 25 MPa, aunque preferiblemente cuando la amplitud de tensión es de aproximadamente 40 MPa o mayor.

En los dispositivos actuales que tienen un pistón de percusión la onda de tensión es, en teoría, de una forma casi de pulso rectangular, y su longitud se ha definido que es dos veces la longitud del pistón de percusión. Si la onda de tensión se genera de una manera distinta que golpear la herramienta con un pistón de percusión, su forma puede desviarse considerablemente de la forma rectangular, por ejemplo de la manera mostrada en la Figura 3. En este caso, la amplitud de la onda de tensión se refiere, de la manera indicada en la Figura 3, al valor máximo  $\sigma_{m\acute{a}x}$  de la amplitud y su longitud puede definirse sustancialmente de acuerdo con la Figura 3, de manera que la longitud de la onda de tensión es el tiempo entre aquellos puntos donde la tensión supera el valor  $0,1 \times \sigma_{m\acute{a}x}$  cuando la onda de tensión sube y correspondientemente cuando la tensión cae por debajo del valor de  $0,1 \times \sigma_{m\acute{a}x}$  cuando la onda de tensión cae.

Otras maneras de generar una onda de tensión incluyen un equipo eléctrico o electromagnético donde la generación de una onda de tensión se basa, por ejemplo, en la longitud de la corriente eléctrica suministrada o la longitud del pulso de la corriente eléctrica de tipo pulso. Otras maneras adicionales de generar una onda de tensión incluyen soluciones donde una onda de tensión se genera cargando energía mediante la presión de un fluido de presión, por ejemplo, cargando la energía a los elementos de tensión y liberándola como una energía de compresión a la herramienta, o donde una onda de tensión se genera sometiendo la herramienta directamente a la fuerza de compresión proporcionada por la presión de un fluido de presión. De esta manera, en una realización, la fuerza de compresión se genera provocando que la presión del fluido de presión afecte directa o indirectamente al final de la herramienta durante el periodo de tiempo de generación del pulso de tensión, de manera que la fuerza generada por la presión comprime la herramienta.

## ES 2 322 381 T3

En todas estas alternativas, la onda de tensión se genera preferiblemente sometiendo periódicamente la herramienta, tal como una varilla de perforación a una fuerza de compresión sin un golpe con un pistón de percusión, de manera que la fuerza de compresión genera una onda de tensión en la herramienta durante el tiempo que la está afectando. De esta manera, cuando se aplica el método, la frecuencia y la longitud de las ondas de tensión se ajustan ajustando la frecuencia eficaz y el tiempo eficaz de la fuerza de compresión sobre la herramienta.

La invención se ha explicado en la descripción y dibujos anteriores sólo a modo de ejemplo, y no pretende restringirse a los mismos. Lo que es esencial es que la frecuencia de las ondas de tensión son significativamente mayores que las actuales frecuencias de percusión, que la proporción de carga proporcionada por la onda de tensión es significativamente mayor que la proporcionada por los dispositivos actuales y que la amplitud de la tensión es significativamente menor que las amplitudes de las ondas de tensión actuales.

# REIVINDICACIONES

1. Un método para romper una roca a perforar durante la perforación de una roca, método en el cual la roca a perforar se somete a pulsos de tensión sucesivos usando la presión de un fluido de presión mediante una herramienta, de manera que la energía de la onda de tensión transmitida desde la herramienta a la roca provoca que la roca se rompa, **caracterizado** por que las ondas de tensión que se generan sometiendo la herramienta, tal como una varilla de perforación, periódicamente a una fuerza de compresión de manera que la fuerza de compresión genera una onda de tensión en la herramienta, generándose la fuerza de compresión provocando que la presión del fluido de presión afecte directa o indirectamente al extremo de la herramienta durante un periodo de tiempo de generación del pulso de tensión, de manera que la fuerza generada por la presión comprime la herramienta, ejerciéndose los pulsos de tensión sobre la roca a una alta frecuencia y mediante una proporción de carga ( $\alpha$ ) calculada en base a los valores de la frecuencia (f) y la longitud ( $t_p$ ) de la onda de tensión que es de al menos 0,075.

2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** por que la proporción de carga ( $\alpha$ ) es de al menos 0,1.

3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** por que la frecuencia de las ondas de tensión es de al menos 250 Hz, preferiblemente al menos 350.

4. Un método de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** por que la amplitud de las ondas de tensión es baja, como máximo de 150 MPa.

5. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que la amplitud de las ondas de tensión es baja, sin embargo es de al menos 25 MPa, preferiblemente 40 MPa.

6. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que la frecuencia y la longitud de las ondas de tensión que se ajustan ajustando la frecuencia eficaz y el tiempo eficaz de la fuerza de compresión en la herramienta.

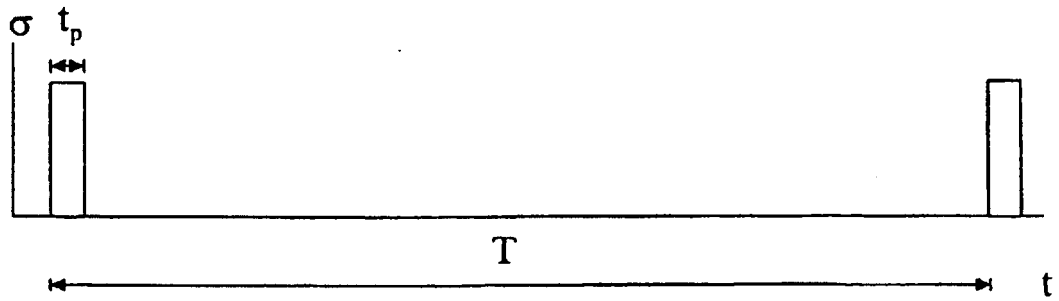


Fig. 1

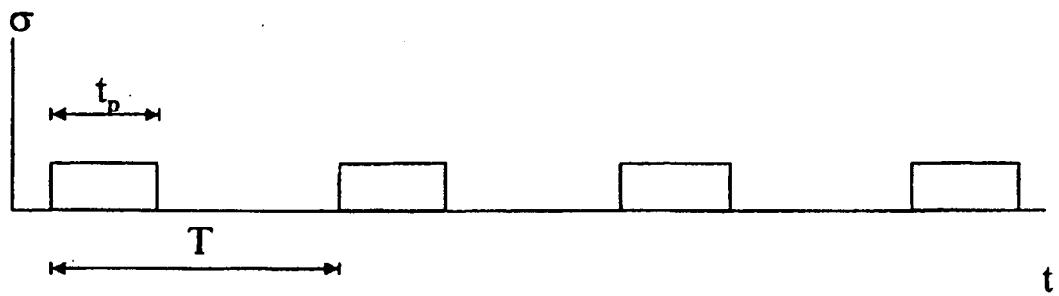


Fig. 2

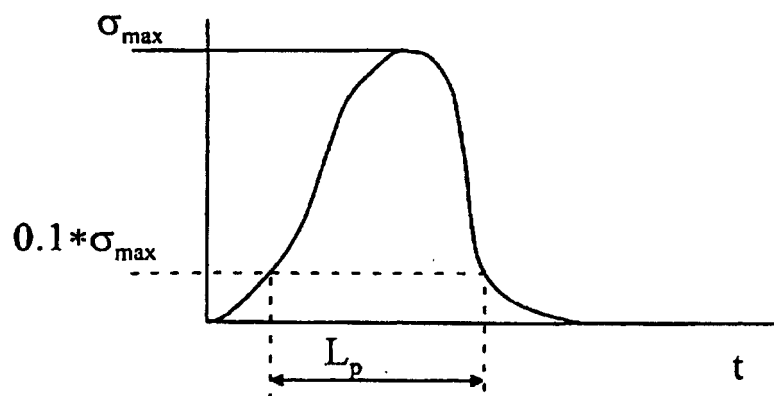


Fig. 3