



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 207 240**

51 Int. Cl.:
F42D 1/055 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA LIMITADA

T7

96 Número de solicitud europea: **99929517 .3**

96 Fecha de presentación : **07.07.1999**

97 Número de publicación de la solicitud: **1009967**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **21.06.2000**

54 Título: **Detonación secuencial de cargas explosivas.**

30 Prioridad: **07.07.1998 GB 9814592**
12.08.1998 GB 9817445

45 Fecha de publicación de la mención y de la
traducción de patente europea: **16.05.2004**

45 Fecha de la publicación de la mención de la
patente europea limitada BOPI: **31.03.2010**

45 Fecha de publicación de la traducción de patente
europea limitada: **31.03.2010**

73 Titular/es: **SMI Technology (Pty.) Limited**
1 Sturdee Avenue
Rosebank 2196, ZA

72 Inventor/es: **Shann, Peter**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 207 240 T7

DESCRIPCIÓN

Detonación secuencial de cargas explosivas.

5 Esta invención se refiere a un procedimiento y aparato para iniciar detonaciones secuenciales de una serie de cargas explosivas.

10 Es bien conocido que se puede conseguir la voladura mejorada de una superficie de roca disponiendo las cargas explosivas en filas de barrenos separados, e iniciando la detonación secuencial de las cargas en cada fila, y también la detonación secuencial de una fila respecto a otra. El propósito de esto es crear una "cara libre" después de cada explosión, antes de que se produzca una explosión sucesiva.

15 En los últimos años, se han utilizado los denominados "detonadores electrónicos" con una utilización siempre creciente, con vista a conseguir una mayor exactitud de control en el intervalo de tiempo entre las detonaciones sucesivas. Se proporciona un circuito de control eléctrico para controlar el inicio de una secuencia de voladuras, y con el mismo se pretende disparar las detonaciones de cada carga explosiva sucesiva en un intervalo de tiempo predeterminado después de la detonación precedente.

20 Se ha realizado un considerable trabajo de investigación con el objeto de controlar el intervalo de tiempo entre explosiones sucesivas. En primer lugar, se realizaron los estudios teóricos para determinar el intervalo de tiempo más favorable, que depende de (a) la naturaleza del medio de roca, y (b) la separación de las cargas explosivas. A continuación, se han desarrollado aparatos de control electrónico y programas lógicos relacionados para alcanzar en la práctica las detonaciones en intervalos sucesivos que se correspondan lo más ajustadamente posible a los intervalos de tiempo deseados teóricamente.

25 El comportamiento de una vibración producida por explosivos en un medio de roca particular es complejo, particularmente cuando se aplica una secuencia de vibraciones derivadas explosivamente en el mismo medio de roca, y que interactúan entre ellas. Se han publicado muchos estudios sobre el sujeto, y pueden conducir a asumir (erróneamente) que la tecnología de las voladuras es ahora una ciencia exacta.

30 Por supuesto, es verdad que la utilización de tecnología moderna puede proporcionar una fragmentación más eficiente de rocas que las técnicas más primitivas utilizadas en el pasado, por ejemplo, por medio de detonadores, pero, a pesar de que hay disponible tecnología moderna (incluyendo el diseño de programas lógicos sofisticados para controlar la operación de voladura) en la práctica, los resultados pueden ser de calidad variable.

35 Una fragmentación deseada de un medio de roca normalmente incluye la producción de una proporción principal de material de roca fragmentada, reducido en tamaño por debajo de un tamaño predeterminado, y sin la generación de (a) cantidades sustanciales de fragmentos mayores y (b) generación de cantidades excesivas de fragmentos pequeños no utilizables y de polvo.

40 Además, para aquellos no iniciados, se puede pensar que seria una ventaja positiva generar vibraciones armónicas en un medio de roca sólido, es decir, de manera que las vibraciones sucesivas producidas explosivamente se refuercen entre sí para aplicar una vibración armónica a la masa de roca completa. Sin embargo, en la práctica, esto produce vibraciones de terreno indeseables.

45 En particular, a pesar de la utilización de técnicas de voladura sofisticadas, es decir, utilizando cálculos teóricos además de equipos de control electrónico sofisticados para implementar la teoría, de vez en cuando se producen vibraciones armónicas en una masa de roca particular como resultado de una secuencia controlada de explosiones.

50 Las vibraciones armónicas pueden producir una fragmentación indeseable de la roca, y también pueden proporcionar un aumento de problemas ambientales significativos, que pueden generar la generación de niveles de ruido inaceptables, así como vibraciones de terreno potencialmente dañinas. A menudo, los emplazamientos de las canteras se encuentran situados cerca de edificios, por ejemplo, casas o edificios de las factorías, y los requisitos ambientales son que el ruido y los niveles de vibración se deben mantener por debajo de límites establecidos.

55 Normalmente se requieren mediciones de vibración antes de realizar las operaciones regulares de voladura, con el fin de cumplir los requisitos de las autoridades locales o de otras agencias que controlan las operaciones de las canteras. Sin embargo, esto produce costos extras que muchos operadores de las plantas eligen no sufrir, con los efectos adversos consecuentes de que existan residentes viviendo o trabajando en las proximidades.

60 Por medio del documento US 4725991 (Shell), se sabe que se pueden producir vibraciones dañinas en el terreno durante un programa de voladuras de rocas, y que pueden tener efecto adverso en (a) la calidad de las fragmentaciones, (b) la eficiencia de la utilización de los explosivos y (c) los cimientos y las estructuras de cualquier edificio cercano. La patente de Shell también acepta que este sujeto ha sido tratado en muchos documentos y publicaciones especializados, por ejemplo, por el Departamento de Minas de los Estados Unidos, y todos ellos aceptan que en una masa de roca se producen ondas de formas de onda muy complejas (con diferentes frecuencias) como resultado de una serie de cargas explosivas detonadas.

También se reconoce que las vibraciones de frecuencia relativamente baja pueden tener un efecto adverso en las paredes de los edificios y en las cimentaciones (a) desde el punto de vista de la propagación de formas de onda horizontales (b) de la propagación de formas de onda verticales y (c) el desplazamiento lateral (temblores) de las paredes.

También hay intervalos de tiempo deseables desde el punto de vista de la fragmentación requerida de una masa de rocas y del uso eficiente de los explosivos.

En la referencia de patente de Shell, aunque hay muchas referencias al deseo de alcanzar una temporización de voladura óptima (es decir, para que se produzca una buena fragmentación mientras que, simultáneamente, se eviten vibraciones de terreno indeseables que afecten a los edificios), las actuales enseñanzas de la patente de Shell son:

- (a) realizar una explosión de prueba en una masa de roca en un nuevo lugar;
- (b) medir los perfiles de vibración en lugares de medición seleccionados separados de la explosión de prueba;
- (c) usar cálculos matemáticos para derivar un mejor intervalo de tiempo singular entre las explosiones sucesivas de una serie de cargas separadas en barrenos en la masa de roca, derivado de los datos de duración del mejor disparo.

La referencia de Shell muestra un elegante modelo matemático utilizado para alcanzar los cálculos de los intervalos de tiempo deseados, pero, lo que es un aspecto esencial de esta enseñanza, es que el intervalo de tiempo calculado se aplica al programa de voladura completo, y que es un intervalo de tiempo constante entre explosiones sucesivas en la fila.

En particular, las enseñanzas de la referencia de Shell solamente tratan con una frecuencia en cada momento, mientras que la invención no necesita un "orificio de pruebas". Además, la referencia de Shell hace que la frecuencia dependa del peso de la carga.

Por lo tanto, aunque la presente invención se basa en el reconocimiento compartido del problema de alcanzar simultáneamente (a) una fragmentación eficiente y (b) minimizar las vibraciones indeseables de los cimientos de edificios, la solución ofrecida por la referencia de Shell es diferente fundamentalmente de la que proporciona esta invención.

De esta manera, la presente invención trata de aliviar este problema proporcionando medios mejorados y diferentes para controlar la temporización de un sistema de iniciación de detonaciones, en vista a solucionar, o al menos mitigar, el riesgo de que se generen vibraciones armónicas en un medio de roca como resultado de la iniciación de una detonación secuencial de una serie de cargas explosivas.

También se conoce por medio del documento EP-0 601 831 la proporción de aparatos para activar una pluralidad de grupos de cargas eléctricas después de unos retrasos temporales predeterminados respectivos, y que comprende una unidad de control principal para generar señales de control principales que se corresponden con una instrucción de iniciación, a una pluralidad de dispositivos retardados eléctricamente, asociados a las cargas respectivas de cada grupo de cargas eléctricas, y una pluralidad de unidades de control auxiliares que se pueden conectar a la unidad de control principal, estando cada una de ellas adaptada para controlar un grupo respectivo de dispositivos de retraso eléctrico remotos, que están asociados a cargas eléctricas correspondientes. Cada unidad de control auxiliar incluye medios de control local para generar señales de control locales a partir de las señales de control principales que están sincronizadas con señales de control locales de otras unidades de control auxiliar, para iniciar la operación de los dispositivos de retardo eléctricos de los grupos respectivos de cargas eléctricas, y medios de activación adaptados para suministrar energía eléctrica a los dispositivos de retardo eléctricos y cargas eléctricas correspondientes.

Esta referencia también muestra la provisión de programas lógicos para ajustar los tiempos de retardo planeados, para proporcionar la mejor efectividad de un parámetro elegido, por ejemplo, mejor fragmentación de rocas, vibraciones de terreno reducidas o niveles de explosión en el aire reducidos. Los criterios relevantes de cada parámetro están incluidos en el programa lógico.

De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un sistema de control como se define en la reivindicación 1.

Preferiblemente, el sistema incluye un dispositivo de control operado eléctricamente, que es operativo para iniciar la activación de detonadores, asociados cada uno de ellos con una carga explosiva en un barreno respectivo, y medios de control de intervalos de tiempos para controlar los intervalos entre las activaciones sucesivas de, al menos, la citada una fase de las series de cargas.

Los medios con los cuales el dispositivo de control operado eléctricamente inicia la activación de los detonadores sucesivos pueden tomar cualquier forma adecuada, incluyendo líneas de conexión eléctricas, transmisiones de radio o por medio de los sistemas de "tubería de choque" conocidos por sí mismo.

ES 2 207 240 T7

Cada detonador puede tener una unidad de control de intervalo de tiempo individual respectiva asociada con el mismo. Alternativamente, se puede proporcionar una unidad de control remoto común para aplicar intervalos de tiempo seleccionados entre las activaciones sucesivas de los detonadores de, al menos, la citada una fase de las series de cargas.

5 En una disposición adicionalmente preferente, el sistema incluye un dispositivo de control operado eléctricamente para iniciar la activación de los detonadores, estando asociado cada uno de ellos con una carga explosiva en un barreno respectivo; un generador secuencial conectado al dispositivo de control y que está programado, o que es programable, para producir el funcionamiento del dispositivo de control, de manera que este último pueda iniciar detonaciones
10 sucesivas de la citada una fase de la serie de cargas; y medios de ajuste electrónico operativos para iniciar activaciones sucesivas de los detonadores de, al menos, la citada una fase de la serie de cargas en intervalos de tiempo seleccionados.

15 Los medios ajustadores electrónicos pueden estar conectados al dispositivo de control y pueden estar dispuestos para que sean operativos para aplicar ajustes predeterminados con intervalos de tiempo programados establecidos por el generador secuencial. Alternativamente, los medios ajustadores electrónicos pueden estar conectados al generador secuencial y pueden ser operativos para aplicar ajustes predeterminados a intervalos de tiempo programados establecidos por el generador secuencial.

20 La selección de los intervalos de tiempo requeridos dependerá de los factores del lugar, incluyendo (a) las circunstancias de la masa de roca particular que va a ser volada, y (b) la distancia que separan las cargas explosivas detonadas sucesivamente.

25 Por lo tanto, en algunas circunstancias, la selección de intervalos de tiempo será predeterminada, de manera que los intervalos de tiempo sucesivos (diferentes) de, al menos, una fase de la serie de detonaciones, sean diferentes entre sí, para conseguir una secuencia de voladura deseada en la cual se evita, o al menos, se minimiza, el riesgo de que se produzcan vibraciones armónicas en la masa de roca.

30 Por lo tanto, la invención, por medios electrónicos, puede introducir deliberadamente una porción de tiempo variable en cada intervalo de tiempo sucesivo (al menos en una fase) entre las detonaciones sucesivas, con lo cual se minimiza, al menos, el riesgo de generar estimulaciones y amplificaciones consecutivas de vibraciones armónicas y, por lo tanto, inducir interferencias vibratorias por medio del cambio frecuente en el medio de roca mientras que se sigue alcanzando la secuencia deseada de cargas explosivas y de fragmentación del medio de roca.

35 En un sistema de acuerdo con la invención, los intervalos de tiempo sucesivos en, al menos, una parte de la serie de detonaciones, puede estar controlada para evitar (o al menos, minimizar) el riesgo de que se produzcan vibraciones armónicas (resonancia) en la masa de roca. Los intervalos de tiempo agrupados sucesivos pueden ser los mismos que otros en algunas circunstancias de una masa de roca particular. Alternativamente, pueden variar de una detonación a otra en cantidades fijas o en cantidades variables, siempre que el efecto acumulativo no produzca la generación de
40 vibraciones armónicas en la masa de roca.

En una disposición preferente, los intervalos de tiempo sucesivos se pueden de manera que las formas de onda vibratorias sucesivas interfieran entre sí, otra vez con la finalidad de minimizar o evitar la generación de vibraciones armónicas en la masa de roca. A título de ejemplo, para un primer intervalo de x milisegundos, los intervalos de tiempo
45 segundo y tercero podrían ser $1/2 x$ o $1/4 x$, respectivamente.

Por lo tanto, el primer intervalo de tiempo se puede establecer en un periodo mínimo para evitar la denominada “congestión” en la masa de roca y los intervalos de tiempo posteriores pueden tener periodos de tiempo progresivamente reducidos para crear interferencias y, por lo tanto, reducir los riesgos de que se establezcan vibraciones
50 resonantes.

De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, también se proporciona un procedimiento como se define en la reivindicación 13.

55 A continuación se describirá en detalle una realización preferente de la invención, solamente a título de ejemplo, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

La figura 1 es una ilustración esquemática de una superficie de roca que tiene una serie de cargas explosivas dispuestas en barrenos separados, y en la cual se puede aplicar un sistema de acuerdo con la invención con el fin de
60 iniciar la detonación secuencial de una serie de cargas explosivas;

La figura 2 es una ilustración en diagrama del sistema de acuerdo con la invención.

Haciendo referencia en primer lugar a la figura 1 de los dibujos, se muestra una superficie de roca 10 que tiene una o más filas 11 de barrenos separados 12, teniendo cada uno de ellos una carga explosiva 13 situada en el mismo, y
65 teniendo un detonador electrónico con la misma, el cual puede ser disparado para que funcione por un dispositivo de control remoto operado eléctricamente.

ES 2 207 240 T7

El aparato de acuerdo con la invención pretende iniciar la detonación secuencial de una serie de cargas explosivas 13, separadas entre sí, en barrenos 12, y en intervalos de tiempo sucesivos, de manera que se forme una “cara libre” por medio de una explosión antes de que se produzca una explosión sucesiva.

5 En la fragmentación explosiva de un medio de roca, es importante conseguir intervalos de tiempo sucesivos controlados entre cada detonación para alcanzar un número de criterios críticos distintos. En primer lugar, los intervalos de tiempo no deben ser demasiado cortos para evitar el denominado “amontonamiento”, es decir, para conseguir la creación en cada explosión de una “cara libre” de la roca, antes de que se produzca la detonación de una carga explosiva adicional. En segundo lugar, el intervalo de tiempo no debe de ser demasiado largo, para que haya podido caer completamente una cortina completa de roca formada por una carga explosiva. En tercer lugar, la cortina de roca que está cayendo como resultado de una explosión todavía debe ser adyacente a la superficie de roca de la cual se ha formado, de manera que pueda actuar en alguna extensión como una pantalla contra la cual el material de roca fragmentada pueda impactar después de que se haya producido una carga explosiva posterior. En cuarto lugar, se deben evitar el cizallamiento entre los barrenos y la interrupción de cargas explosivas sucesivas.

15 También se debe considerar que es altamente indeseable, (en cualquier masa de roca particular que vaya a ser fragmentada por una serie de cargas explosivas sucesivas) permitir que se establezcan vibraciones armónicas en la masa de roca. Esto produce un incremento de peligros ambientales serios, posiblemente a título de ruido excesivo, pero primordialmente por las vibraciones de terreno a los residentes que viven y/o trabajan cerca de la superficie de roca, por ejemplo una típica instalación de cantera. En relación con la situación de edificios cerca de una planta de cantera, a menudo es muy importante evitar la generación de frecuencias en el rango de 5 a 18 hercios, que pueden ser responsables del establecimiento de vibraciones armónicas en la estructura del edificio.

20 La realización de la invención que se muestra en la figura 2 de los dibujos pretende introducir deliberadamente un intervalo de tiempo variable entre detonaciones sucesivas (al menos en una parte o fase de una serie de detonaciones), con el fin de evitar los inconvenientes citados más arriba. En particular, la invención busca solucionar, o al menos mitigar, el riesgo de estimulaciones y amplificaciones consecutivas de vibraciones de terreno que se generan como resultado del inicio de una detonación secuencial de una serie de cargas explosivas.

30 Una serie de detonaciones puede ser hasta de 200 (o más) detonaciones separadas, y es importante evitar que se establezcan vibraciones armónicas en la masa de roca como resultado de las detonaciones. Esto significa en la práctica que debe haber diferentes intervalos de tiempo entre las detonaciones sucesivas en, al menos, una fase de la serie, por ejemplo, una fase de, al menos, tres detonaciones, y que dichas variaciones se puedan aplicar en fases adicionales de la serie. Cada “fase” distinta de una serie de detonaciones explosivas (por ejemplo, hasta de 200), preferiblemente se selecciona para que sea, al menos, de tres detonaciones, puesto que, en la práctica, la mayor parte de las vibraciones residuales impartidas a la masa de roca por cualquier porción de la secuencia de explosiones de la fase virtualmente se habrá extinguido en el momento de que la secuencia se repita posteriormente.

40 Indicándolo de otra manera, la invención proporciona, como requisito mínimo, que el intervalo de tiempo $t_{1,2}$ entre la explosión 1 y la explosión 2, el intervalo de tiempo $t_{2,3}$ entre la explosión 2 y la explosión 3 (en una fase de, al menos, tres explosiones de una serie de explosiones) se controla cuidadosamente, y siendo $t_{1,2}$ diferente de $t_{2,3}$, para evitar que se establezcan estimulaciones y amplificaciones consecutivas de las vibraciones en la masa de roca.

45 Sujeto al análisis del lugar, se puede determinar un periodo mínimo de, por ejemplo, 18 milisegundos y un máximo de, por ejemplo, 140 milisegundos. A continuación, después de disparar el primer disparo, el máximo determinado (140 ms) debe ser, por ejemplo, dividido por la mitad para el segundo disparo (70 ms) y, por ejemplo, debe ser dividido por la mitad de nuevo para el tercer disparo (35 ms). A continuación, la secuencia podría ser repetida.

50 La introducción de datos de disparo adecuados se puede realizar por entradas a un programa lógico apropiado, o la disposición completa puede ser controlada por ordenador en lo que respecta a las entradas y a las salidas.

55 La diferencia en intervalos de tiempo se puede conseguir proporcionando (1) fusibles detonadores que tienen iguales retardos de tiempo entre cuando son disparados y cuando producen la detonación de la carga explosiva asociada, y (2) variando el intervalo de tiempo entre los disparos sucesivos de los fusibles detonadores. Alternativamente, los fusibles detonadores se pueden seleccionar para tengan retardos de tiempo diferentes y para proporcionar intervalos de tiempo iguales entre los disparos sucesivos de los fusibles detonadores. Incluso más adicionalmente, el intervalo del tiempo variable requerido entre explosiones sucesivas se puede obtener por una selección cuidadosamente controlada de (a) fusibles detonadores de retraso de tiempo variado y (b) intervalos de tiempo controlados entre los disparos sucesivos de los fusibles detonadores.

60 Dependiendo del intervalo de tiempo entre fases sucesivas, por ejemplo, si están suficientemente retardados para que el efecto de “campana” en la masa de roca se haya extinguido (típicamente, de 1 a 4 ciclos), se pueden repetir las variaciones de los intervalos de tiempo entre detonaciones en una o más fases posteriores de la serie, es decir, pueden ser las mismas que los intervalos de tiempo en la primera de las fases.

65 El aparato comprende un dispositivo de control 14 remoto operado eléctricamente, que se puede conectar a detonadores de activación eléctrica, estando asociado cada uno de ellos con cada carga explosiva 13 en los barrenos respectivos 12, siendo designado uno de estos detonadores típicos por el número de referencia 15 en la figura 2.

ES 2 207 240 T7

Preferiblemente, el detonador 15 es un denominado “detonador electrónico”, que será bien conocido por aquellos de conocimientos ordinarios en la técnica de la tecnología de las voladuras y que no necesitan ser descritos en mayor detalle en la presente memoria.

5 Un circuito generador secuencial 16 se conecta al dispositivo de control 14 y está programado, o puede ser programado, para que produzca la operación del dispositivo de control 14 de manera que este último pueda iniciar detonaciones sucesivas de las cargas explosivas 13 en cualquier serie en particular.

10 El aparato también incluye medios de circuito electrónico 17 adecuados que son operativos para hacer que el dispositivo de control 14 inicie la activación sucesiva de los detonadores (al menos en una fase de una serie de detonaciones, por ejemplo, una secuencia de tres detonaciones; y preferiblemente en más de una fase de la serie) en intervalos de tiempo que son diferentes entre sí, para evitar, o al menos minimizar, la generación de vibraciones armónicas en el medio de roca.

15 Los medios de circuito electrónico 17 pueden estar dispuestos para introducir elementos variables calculados en los intervalos de tiempo entre la iniciación sucesiva de las detonaciones de las cargas explosivas, y esto se establecerá para evitar los inconvenientes que han sido citados con anterioridad. En una situación típica, que solamente se proporciona a título de ejemplo, puede haber un intervalo de tiempo de 25 ms entre la detonación 1 y la detonación 2, un intervalo de tiempo de 50 ms entre la detonación de la carga explosiva 2 y de la carga explosiva 3, y un intervalo de tiempo de 30 ms entre la detonación de la carga explosiva 3 y la de la carga explosiva 4. La diferencia en el intervalo de tiempo es una variable calculada, y esta variable será determinada empíricamente de acuerdo con cualquier material de roca en particular o condición del lugar.

25 La invención se puede aplicar para controlar los intervalos de tiempo de barreno a barreno en una fila, para proporcionar retrasos “entre barrenos”. Alternativamente, o además, la invención se puede aplicar para controlar intervalos de retraso entre las filas. Además, la invención se puede aplicar para controlar los intervalos de retraso en las detonaciones “de disparo en anillo”, por ejemplo como se utilizan en las tunelizaciones.

30 Los retrasos de tiempo se pueden introducir manualmente o pueden ser calculados automáticamente para que sean variables en las cantidades requeridas, y/o pueden ser generados aleatoriamente. Se contempla que se puede desarrollar un programa de ordenador en el cual se puedan introducir distintos parámetros del lugar, y utilizando modelos matemáticos adecuados, se puedan desarrollar programas lógicos adecuados para alcanzar las diferencias requeridas en los intervalos de tiempo entre las detonaciones sucesivas de, al menos, una fase de una serie de detonaciones.

35 Por lo tanto, en un sistema de acuerdo con la invención, los intervalos de tiempo sucesivos, en al menos una parte de la serie de detonaciones, están controlados para evitar, o al menos minimizar, el riesgo de vibraciones armónicas (resonancia) que se establecen en la masa de roca. Las repeticiones del patrón pueden ser las mismas entre sí en algunas circunstancias de una masa de roca particular. Alternativamente, pueden variar de un patrón a otro en unas cantidades fijas o en unas cantidades variables, siempre que el efecto acumulativo no produzca la generación de vibraciones armónicas en la masa de roca.

45 En una disposición preferente, los medios de circuito electrónico 17 se programan para recibir entradas adecuadas de manera que se puedan seleccionar intervalos de tiempo sucesivos para que las formas de onda de vibración sucesivas interfieran entre sí, otra vez con el fin de minimizar, o evitar, la generación de vibraciones armónicas en la masa de roca. A título de ejemplo, desde un primer intervalo de tiempo de x ms, los intervalos de tiempo segundo y tercero podrían ser $1/2 x$ y $1/4 x$, respectivamente.

50 Por lo tanto, el primer intervalo de tiempo se puede establecer con un periodo máximo para evitar la denominada “congestión” en las vibraciones sucesivas aplicadas a la masa de roca (y también para mantener el denominado efecto “de cortina”) y los intervalos de tiempo posteriores pueden ser periodos de tiempo reducidos progresivamente para crear interferencias y, por lo tanto, para reducir los riesgos de que se establezcan vibraciones resonantes.

55 Se debe entender que el ejemplo que se muestra en la figura 2 es solamente una ilustración esquemática, y que se pueden proporcionar muchas variaciones al sistema ilustrado que se encuentran en la amplitud de la invención reivindicada.

60 En particular, el dispositivo de control operado eléctricamente se puede disponer para que inicie la activación de detonadores sucesivos a través de líneas de conexión eléctrica, transmisión de radio o por el sistema de “tubería de choque” conocido por sí mismo.

65 La realización ilustrada es una unidad de control remoto común que aplica intervalos de tiempo seleccionados entre las activaciones sucesivas de los detonadores. Sin embargo, en una disposición alternativa, no mostrada, cada detonador puede tener una unidad de control de intervalo de tiempo individual respectiva, asociada al mismo.

La figura 2 ilustra esquemáticamente la provisión de un generador secuencial 16 y de unos medios de circuito electrónico 17. Estos componentes comprenden efectivamente, en conjunto, los medios de control de intervalo de tiempo para controlar los intervalos entre las activaciones sucesivas de, al menos, parte de la serie de cargas explosivas.

En otra realización, el generador secuencial 16 se retiene y está conectado al dispositivo de control 14 que está programado o puede ser programable, para producir la operación del dispositivo de control 14, de manera que este último pueda iniciar detonaciones sucesivas de la serie de cargas explosivas. Además, aunque no se muestra en detalle, los medios del circuito de control 17 puede comprender medios ajustadores electrónicos, los cuales pueden estar conectados al dispositivo de control 14, como se muestra en la figura 2, y pueden ser operativos para aplicar ajustes predeterminados a los intervalos de tiempo programados establecidos por el generador secuencial 16.

Alternativamente, los medios ajustadores electrónicos pueden estar conectados al generados secuencial 16, y pueden ser operativos para aplicar ajustes predeterminados a los intervalos de tiempo programados establecidos por el generador secuencial 16.

La selección de los intervalos de tiempo requeridos que se introducen como entrada a los medios electrónicos 17, dependerá de factores del lugar, incluyendo (a) las circunstancias de la masa de roca en particular que va a ser volada y (b) la distancia que separan las cargas explosivas detonadas sucesivamente.

La selección de intervalos de tiempo puede ser predeterminada, de manera que los intervalos de tiempo sucesivos de, al menos, una parte de la serie de cargas difieran entre sí, para conseguir una secuencia de voladura deseada por la cual se evite el riesgo de que se establezcan vibraciones armónicas, o al menos se minimice el mismo.

Los medios ajustadores electrónicos 17 se pueden programar para introducir deliberadamente una porción de tiempo variable en cada intervalo de tiempo sucesivo. Alternativamente, se pueden programar para que se inicien activaciones sucesivas a intervalos de tiempo sucesivos que difieren entre si en una cantidad tal que las formas de onda de vibración sucesivas impartidas a la masa de roca, interfieran entre sí.

Para concluir, las características esenciales de la invención son alcanzar diferencias de tiempo entre detonaciones sucesivas de, al menos, una fase (por ejemplo, una secuencia de tres detonaciones) de una serie de detonaciones (por ejemplo, hasta 200 detonaciones) para obtener eficientemente fragmentaciones deseadas de una masa de roca, al mismo tiempo que se minimiza la generación de vibraciones de baja frecuencia que pueden producir un efecto adverso en los edificios cercanos. Como se ha indicado más arriba, los intervalos de tiempo no deberían ser demasiado cortos para evitar el denominado “amontonamiento”, pero no deberían ser demasiado largos para que la cortina completa de roca formada por una carga explosiva pueda haber caído completamente. Finalmente, la cortina de roca que cae como resultado de una explosión todavía debería ser adyacente a la superficie de roca de la cual se ha formado, para que pueda actuar, en alguna extensión, como una pantalla contra la cual pueda chocar el material de roca fragmentada después de que haya explotado una carga explosiva posterior.

Aquí, la diferencia de tiempo requerida entre detonaciones sucesivas se puede alcanzar: (a) utilizar fusibles detonadores que tienen retardos de tiempo constantes entre activación y detonación, además de intervalos de tiempo distintos entre activaciones sucesivas; (b) detonadores de retardo de tiempo variado y retardo de tiempo constante entre activaciones sucesivas, o bien, activaciones uniformes de, al menos, cada fase; y (c) intervalos de tiempo variados entre activaciones sucesivas de cada fase, además de retardos de tiempo de fusibles detonadores variados.

Con independencia de los medios que se adopten, la invención requiere diferencias de tiempo entre detonaciones sucesivas de, al menos, una fase de una serie de detonaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de control para controlar la iniciación de las detonaciones de una serie de cargas explosivas (13) separadas entre sí en barrenos (12) formados en un medio de roca (10) que va a ser volada,
caracterizado porque la diferencia de tiempo en los intervalos de tiempo entre detonaciones sucesivas de, al menos, una fase de tres cargas sucesivas, está controlada para crear una interferencia destructiva entre detonaciones sucesivas y, de esta manera, reducir la estimulación consecutiva del medio de roca, al provocar que formas de onda de vibración sucesivas interfieran entre sí en el medio de roca, mitigando por lo tanto el riesgo de que se generen vibraciones armónicas en el medio de roca como resultado de la iniciación de la serie de cargas explosivas.
2. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** por:
un dispositivo de control (14) operado eléctricamente, que es operativo para iniciar la activación de detonadores (15), estando cada uno de ellos asociado con cada carga explosiva (13) en un barreno respectivo (12); y
medios de control de intervalo de tiempo para controlar los intervalos entre las activaciones sucesivas de, al menos, la citada fase de la serie de cargas.
3. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado** porque cada detonador tiene una unidad de control de intervalo de tiempo individual respectiva asociada con el mismo.
4. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado** porque se proporciona una unidad de control remoto común para suministrar intervalos de tiempo selectivos entre activaciones sucesivas de los detonadores de, al menos, la citada una fase de la serie de cargas.
5. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, y que se **caracteriza** por:
un dispositivo de control (14) operado eléctricamente, que es operativo para iniciar la activación de detonadores (15), estando cada uno de ellos asociado con cada carga explosiva (13) en un barreno respectivo (12);
un generador secuencial (16) conectado al citado dispositivo de control (14) y que está programado, o es programable, para producir la operación del dispositivo de control de manera que este último pueda iniciar detonaciones sucesivas de las series de cargas explosivas; y
medios ajustadores electrónicos (17) que son operativos para iniciar activaciones sucesivas de los detonadores (15) de, al menos, la citada una fase de la serie de cargas a intervalos de tiempo diferentes seleccionados, lo cual tiene el efecto de evitar, o al menos minimizar, la generación de vibraciones armónicas indeseables en el medio de roca (10).
6. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado** porque los medios ajustadores electrónicos (17) están conectados al dispositivo de control (14) y son operativos para aplicar ajustes predeterminados a intervalos de tiempo programados establecidos por el generador secuencial (16).
7. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado** porque los medios ajustadores electrónicos (17) están conectados al generador secuencial (16) y son operativos para aplicar ajustes predeterminados a los intervalos de tiempo programados establecidos por el generador secuencial (16).
8. Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, **caracterizado** porque la selección de los intervalos de tiempo requeridos que se introducen como entrada a los medios electrónicos (17) depende de factores del lugar, incluyendo (a) las circunstancias de la masa de roca particular (10) que va a ser volada y (b) la distancia que separa las cargas explosivas (13) detonadas sucesivamente.
9. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizado** porque la selección de intervalos de tiempo diferentes está predeterminada, de manera que los intervalos de tiempo sucesivos de, al menos, la citada una fase de la serie de cargas son diferentes entre sí, para alcanzar una secuencia de voladura deseada en la cual se evita, o al menos se minimiza, el riesgo de que se produzcan vibraciones armónicas en la masa de roca.
10. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, **caracterizado** porque los medios ajustadores electrónicos (17) están programados para introducir deliberadamente una porción de tiempo variable en cada intervalo de tiempo sucesivo entre las detonaciones sucesivas de, al menos, la citada una fase de la serie de cargas.
11. Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, **caracterizado** porque los medios ajustadores electrónicos (17) están programados para iniciar activaciones sucesivas de los detonadores (15) de la citada al menos una fase de la serie de cargas, en intervalos de tiempo sucesivos que difieren entre sí en cantidades tales que las formas de onda de vibración sucesivas impartidas a la masa de roca interfieran entre sí, con lo cual, al menos, se minimiza la generación de vibraciones armónicas indeseables en la masa de roca (10).

ES 2 207 240 T7

12. Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 11, **caracterizado** porque el dispositivo de control (14) operado eléctricamente es operativo para iniciar la activación de detonadores sucesivos (15) a través de líneas de conexión eléctricas, transmisión de radio o por medio de un “sistema de tubería de choque”.

- 5 13. Un procedimiento para controlar el inicio de detonaciones de una serie de cargas explosivas (13) separadas entre sí, en barrenos (12) formados en un medio de roca (10) que va a ser volada, **caracterizado** porque la diferencia de tiempo en los intervalos de tiempo entre las detonaciones sucesivas de, al menos, una fase de tres cargas sucesivas está controlada para crear una interferencia destructiva entre las detonaciones sucesivas, y reducir por lo tanto la estimulación consecutiva del medio de roca, al provocar que formas de onda de vibración sucesivas interfieran entre
10 si en el medio de roca, mitigando por lo tanto el riesgo de que se generen vibraciones armónicas en el medio de roca como resultado de la iniciación de la serie de cargas explosivas.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

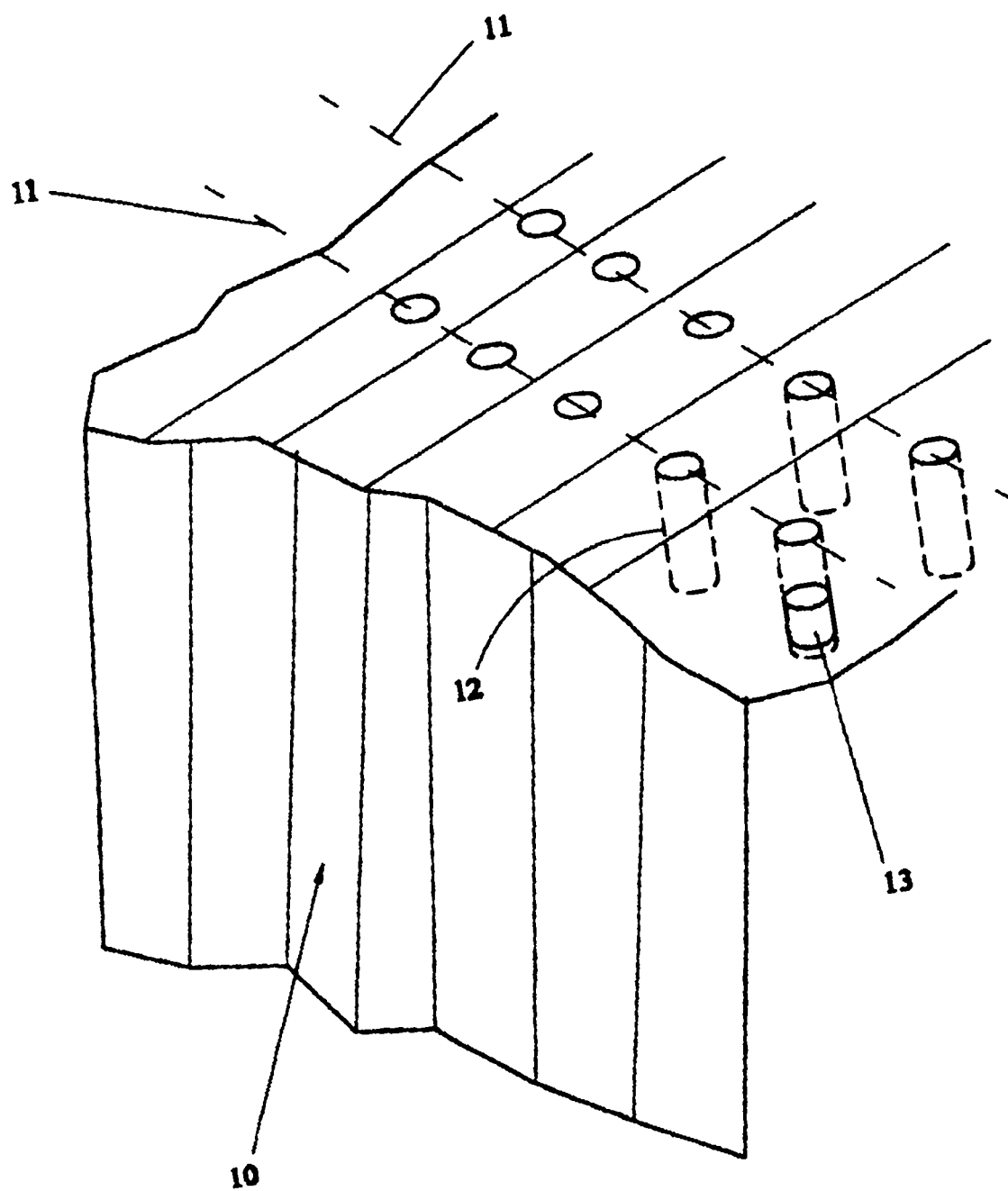


FIG. 1

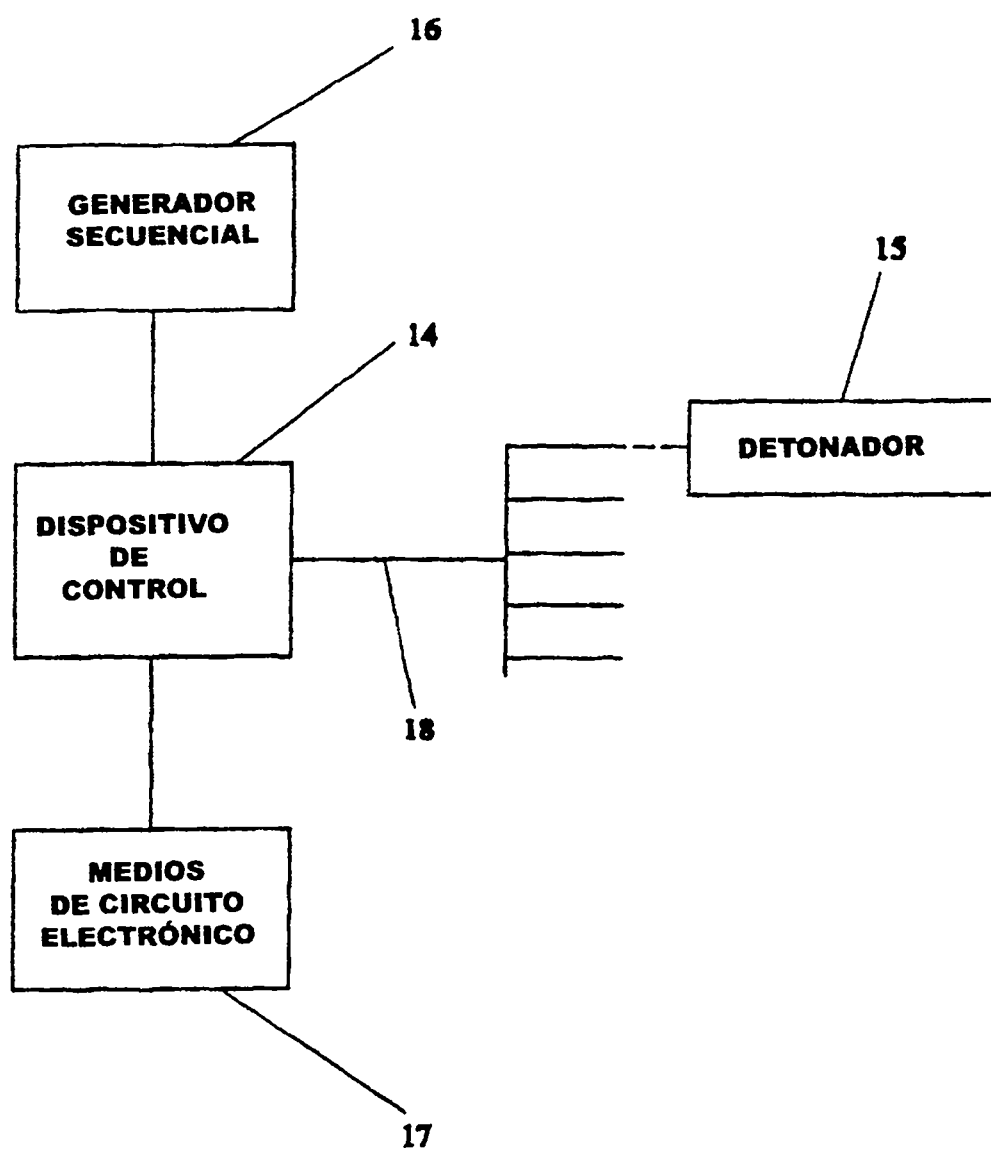


FIG. 2