

CÁPSULA DETONANTE DE MEZCLA METÁLICA

CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a una cápsula detonante de mezcla metálica y, muy particularmente, a una cápsula detonante de mezcla metálica, que incluye una sal metálica como agente oxidante y un polvo metálico como agente reductor.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La patente coreana No. 10-0213577 describe una mezcla metálica de rápida expansión, que comprende una sal metálica como agente oxidante, un polvo metálico, cuyo volumen aumenta a través de una reacción exotérmica, mientras se oxida por medio de la sal metálica, y un promotor de reacción, para promover la reacción de oxidación de la sal metálica y el polvo metálico. La sal metálica está compuesta de un nitrato, que oxida el polvo metálico, y un óxido metálico, que determina la velocidad de oxidación del polvo metálico, mientras el polvo metálico se oxida. A medida que aumenta la cantidad de óxido metálico que se agrega, disminuye la velocidad de oxidación. Los ejemplos de sal metálica incluyen nitratos, tales como nitrato de hierro, nitrato de cobre, nitrato de bario, nitrato de manganeso, nitrato de magnesio, nitrato de potasio, nitrato de sodio y nitrato de calcio, y óxidos metálicos, tales como trióxido de dihierro, tetraóxido de tri-hierro, óxido de cobre, dióxido de manganeso, trióxido de diníquel y óxido de plomo. El nitrato funciona para oxidar el polvo metálico y el óxido metálico funciona para oxidar el polvo metálico y también para determinar la velocidad de oxidación del polvo metálico. Los ejemplos de polvo metálico incluyen aluminio, manganeso, magnesio y otros metales que se pueden utilizar como agentes reductores. El promotor de reacción está compuesto por un promotor de oxidación, que promueve la reacción de oxidación de la sal metálica y el polvo metálico, cuando la mezcla metálica de rápida expansión es operada través de una chispa eléctrica o por medio de un cebador y un electrolito de inducción de chispa eléctrica, que induce y promueve la reacción de oxidación de la sal

metálica y el polvo metálico, cuando la mezcla metálica de rápida expansión es operada por una chispa eléctrica. Como promotor de oxidación se puede utilizar sulfato de sodio, sulfato de magnesio, sulfato de hierro, sulfato de manganeso, sulfato de níquel, sulfato de calcio y otros sulfatos metálicos, solos o en combinaciones de los mismos, y como electrolito de inducción de chispa eléctrica se puede utilizar una solución resultante de la disolución de una pequeña cantidad de borato de amonio y nitrato o sulfato en glicerina o alcohol, tal como etilenglicol. La mezcla metálica de rápida expansión se carga en un cartucho (o una cápsula) y el electrodo positivo y el electrodo negativo, conectados por un cable de resistencia, se entierran en la mezcla metálica de rápida expansión. Luego, cuando se aplica un voltaje de corriente continua (CC) de 3.000 V o más a ambos electrodos, se genera una chispa eléctrica, a 1500°C o más, entre los electrodos, al fundir el cable de resistencia, por lo que el oxígeno descompuesto en la sal metálica, entre los electrodos con choque térmico, se combina instantáneamente con el polvo de metal vaporizado, lo que resulta en una reacción de oxidación en cadena. Como tal, el polvo metálico se oxida rápidamente por medio del nitrato y el polvo metálico se oxida con una ligera diferencia de tiempo, por parte del óxido metálico. Cuando se inicia la reacción de oxidación de la sal metálica y el polvo metálico, se genera nuevamente una temperatura alta de 10.000°C o más y el polvo metálico en el cartucho se oxida instantáneamente, por lo que el volumen del polvo metálico, la sal metálica y el producto de reacción de oxidación se expande rápidamente. Cuando se lleva a cabo la desintegración de rocas, por medio del uso de una mezcla metálica de rápida expansión, la roca se agrieta, debido a la rápida expansión del volumen, y cuando la temperatura se hace descender, la reacción de oxidación se detiene inmediatamente y se produce una contracción, lo que permite la desintegración segura de rocas, sin vibraciones, ruido o dispersión de fragmentos de roca. En consecuencia, la mezcla metálica de rápida expansión puede emplearse de manera útil, en el desarrollo minero y en la obra civil.

Sin embargo, la invención de la patente coreana No. 10-0213577 es problemática, ya que es difícil desencadenar la reacción de oxidación inicial o iniciar la reacción de oxidación, aunque se aplique una chispa eléctrica.

En la mezcla metálica de rápida expansión, que se almacena y transporta al sitio, en el estado de carga en el cartucho, hay muchos casos en los que es difícil desencadenar la reacción de oxidación, incluso cuando se aplica una chispa eléctrica. Las razones para ello son las siguientes.

En la mezcla metálica de rápida expansión, la superficie del polvo metálico utilizado como agente reductor se oxida fácilmente, cuando se expone a la humedad o al oxígeno en el aire. La superficie de polvo metálico así oxidada tiene un punto de fusión muy alto, en comparación con el metal no oxidado. Cuando el polvo de metal se mezcla con una sal de metal, un promotor de reacción y similares y luego se carga en el cartucho, el polvo de metal se expone a la humedad o al oxígeno en el aire y su superficie se oxida y, por lo tanto, la reacción de oxidación no se activa (inicia) fácilmente en una aplicación en el mundo real.

Para evitar que el polvo metálico se oxide y se degrade, la publicación de solicitud de patente coreana No. 10-2003-0037707 describe un método para agregar aceite o un conservante inorgánico. Sin embargo, cuando se usa un cable de resistencia para conectar los electrodos y se aplica un alto voltaje a los mismos, se genera una chispa eléctrica en la trayectoria del cable de resistencia, al fundir el cable de resistencia, debido a la gran corriente. Como tal, la chispa eléctrica generada tiene una temperatura alta de 1.500°C o más para fundir los electrodos y, por lo tanto, los electrodos desaparecen en un tiempo extremadamente corto. Mientras tanto, dado que el aceite o conservante inorgánico dificulta la transferencia instantánea de la alta temperatura de la chispa eléctrica a la sal metálica y al polvo metálico, el aceite o conservante inorgánico puede interferir con el inicio de una reacción redox eficiente entre el polvo metálico y el metal sal, en el curso de desencadenar la reacción de oxidación.

Como se desprende de una variedad de resultados de pruebas, el sulfato de sodio, el sulfato de magnesio, el sulfato de hierro, el sulfato de manganeso, el sulfato de níquel, el sulfato de calcio y otros sulfatos metálicos, que se utilizan como promotor de la oxidación en la patente coreana No. 10-0213577, dificultan el desencadenamiento de la reacción de oxidación inicial y el electrolito de inducción de chispa eléctrica, que es una solución resultante de la disolución de

una pequeña cantidad de borato de amonio y nitrato o sulfato en glicerina o alcohol, como el etilenglicol, interfiere con la generación de la chispa eléctrica y acorta el tiempo durante el cual se mantiene la chispa eléctrica.

A pesar de las ventajas de la mezcla metálica de rápida expansión, tales como baja vibración, bajo ruido y cero dispersión, la baja probabilidad de desencadenar o iniciar la reacción de oxidación de la mezcla metálica de rápida expansión se considera una de las principales causas de inhibición de la aplicación de la mezcla metálica de rápida expansión a la operación de desintegración de rocas. En el caso de que el desencadenamiento de la reacción de oxidación sea bajo, la desintegración de rocas debe llevarse a cabo repetidamente, al eliminar de la roca los cartuchos con fallas de ignición y luego instalar nuevos cartuchos, reduciendo así el número de cartuchos de la mezcla metálica de rápida expansión que pueden ser detonados simultáneamente, aplicando la misma cantidad de energía eléctrica.

Con el fin de resolver el problema relacionado con la baja probabilidad de desencadenar o iniciar la reacción de oxidación de la mezcla metálica de rápida expansión, la patente coreana número 10-0770316 describe el uso de una composición de cebado. Típicamente, una composición de cebado es un explosivo, que se usa para causar la combustión en la pólvora, y una mezcla de tiocianato de plomo y clorato de potasio o dinitrosoresorcinato de plomo se usa como la composición de cebado, que se enciende con un cebador eléctrico. La composición de cebado, como una mezcla de tiocianato de plomo y clorato de potasio o dinitrosoresorcinato de plomo, tiene una temperatura de ignición de aproximadamente 8000°C al momento del encendido y, por lo tanto, no tiene problemas para encender una pólvora típica; sin embargo, es problemática, porque la temperatura de ignición de la misma es demasiado baja para provocar el desencadenamiento de la reacción de oxidación de la mezcla metálica de rápida expansión, que está compuesta –principalmente- de sal metálica y polvo metálico, lo que hace que sea imposible desencadenar la reacción de oxidación. Por esta razón, todavía no se ha utilizado en la industria un método para encender una mezcla metálica de rápida expansión, por medio del uso de la composición de cebado descrita en la patente coreana No. 10-0770316.

DIVULGACIÓN DE LA INVENCION

Problema Técnico

En consecuencia, la presente invención se ha realizado, teniendo en cuenta los problemas de una mezcla metálica de rápida expansión convencional, que se encuentra en la técnica relacionada, y el objetivo de la presente invención es proporcionar una cápsula detonante de mezcla metálica, por medio del uso de una mezcla metálica de rápida expansión, que puede iniciar fácilmente la reacción de oxidación, al utilizar una chispa eléctrica.

SOLUCIÓN TÉCNICA DE LA INVENCION

Para lograr el objetivo anterior, la presente invención proporciona una cápsula detonante de mezcla metálica, que comprende un cartucho externo, un cartucho interno alojado en el cartucho externo, una mezcla metálica de rápida expansión cargada entre el cartucho externo y el cartucho interno y que comprende polvo de nitrato de sodio, polvo de óxido férrico, polvo de aluminio, polvo lubricante sólido y polvo de relleno de vidrio, una mezcla metálica de activación rápida cargada en el cartucho interno y que comprende polvo de nitrato de sodio, polvo de óxido férrico, polvo de óxido de cobre, polvo de aluminio y polvo de magnesio de mayor porcentaje en peso que el polvo de aluminio, y una unidad de generación de chispas eléctricas, integrada en la mezcla metálica de activación rápida.

EFFECTOS VENTAJOSOS DE LA INVENCION

Según la presente invención -a diferencia de una mezcla metálica convencional de rápida expansión, en la que solo se proveen varillas de electrodos- un grupo de materiales, en el que se produce una reacción de oxidación del metal de manera eficiente y precisa, debido a una chispa eléctrica, se selecciona una mezcla metálica de activación rápida y luego se carga en el cartucho interno, después de lo cual el cartucho interno se integra en la mezcla metálica de rápida expansión, alojada en el cartucho externo, y la mezcla metálica de activación

rápida en el cartucho interno explota por una chispa eléctrica. Como tal, el gran calor generado de este modo provoca la reacción de oxidación en cadena de la mezcla metálica de rápida expansión en el cartucho externo, por lo que el desencadenamiento de la reacción de oxidación de la mezcla metálica de rápida expansión puede mejorarse en gran medida y, además, el número de cartuchos que se puede detonar simultáneamente, aplicando la misma cantidad de energía, se puede aumentar al menos diez veces, lo que mejora significativamente la eficiencia del trabajo en el sitio de desintegración de rocas.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La Figura 1 es una vista en sección transversal, que muestra el cartucho externo, el cartucho interno y la unidad de generación de chispa eléctrica de una cápsula detonante de mezcla metálica, de acuerdo con una modalidad de la presente invención.

La Figura 2 es una vista detallada de la parte principal de la Figura 1.

La Figura 3 es una vista en sección transversal, que muestra una mezcla metálica de rápida expansión y una mezcla metálica de activación rápida cargada respectivamente en el cartucho externo y el cartucho interno de la cápsula detonante de la mezcla metálica de la Figura 1.

La Figura 4 es una vista en sección transversal, que muestra el cartucho externo, el cartucho interno y la unidad de generación de chispa eléctrica de una cápsula detonante de mezcla metálica, de acuerdo con otra modalidad de la presente invención; y

la Figura 5 es una vista en sección transversal, que muestra una mezcla metálica de rápida expansión y una mezcla metálica de activación rápida, respectivamente cargada en el cartucho externo y el cartucho interno de la cápsula detonante de la mezcla metálica de la Figura 4).

MODO DE REALIZACIÓN DE LA INVENCIÓN

A continuación, se proporcionará una descripción detallada de una cápsula detonante de mezcla metálica, de acuerdo con las modalidades de la presente invención, con referencia a las figuras adjuntas.

La presente invención incluye una mezcla metálica de rápida expansión, que comprende un polvo de sal metálica, que sirve como agente oxidante, un polvo metálico, cuyo volumen aumenta a través de una reacción exotérmica, mientras se oxida por el polvo de sal metálica, y polvo lubricante sólido, que se carga entre los polvos para eliminar así la fricción entre los mismos, durante la mezcla del polvo de sal metálica y el polvo metálico. Como agente oxidante, el polvo de sal metálica se compone, preferentemente, de polvo de nitrato de sodio y polvo de óxido férrico, que se mezclan en una relación en peso de 1:2 a 2:1, y el polvo de sal metálica se usa, preferentemente, en una cantidad de 50% a 90% en peso, sobre la base del peso total de la mezcla metálica de rápida expansión. El polvo metálico es, preferentemente, polvo de aluminio y se usa, preferentemente, en una cantidad de 9% a 45% en peso. El lubricante sólido es, preferentemente, estearato de zinc, y se usa, preferentemente, en una cantidad de 1% a 5% en peso. La mezcla metálica de rápida expansión es capaz de generar fuerza de expansión rápida y necesaria para desintegrar rocas, bajo la condición de que el polvo de sal metálica y el polvo de metal oxidado por el polvo de sal metálica se mezclen uniformemente. Para este fin, el polvo de sal metálica y el polvo de metal se mezclan uniformemente, y el polvo lubricante sólido se agrega a los mismos, evitando así la fricción entre los polvos durante el mezclado y la generación de chispas debidas al mismo, por lo que el polvo de sal de metal y el polvo de metal pueden mezclarse de manera muy uniforme, sin temor a una explosión.

Incluso cuando la mezcla del polvo de sal metálica y el polvo metálico se combina con el polvo lubricante sólido, se forma una capa de aire entre los polvos y la humedad u oxígeno en el aire oxida el polvo metálico. Para evitar los problemas anteriores, la mezcla metálica de rápida expansión incluye, además, polvo de relleno inorgánico que puede llenar el espacio entre el polvo de sal metálica y el polvo metálico. El relleno inorgánico es, preferentemente, burbujas de vidrio

vacías y se utiliza en una cantidad de 1% a 5% en peso, sobre la base de la masa de la mezcla de la sal de metal en polvo y el polvo de metal.

El polvo lubricante sólido y el polvo de relleno inorgánico son componentes, que son muy útiles para fabricar la mezcla metálica de rápida expansión y para evitar el contacto con el aire, pero pueden actuar como obstáculos al momento de desencadenar la reacción de oxidación de la mezcla metálica de rápida expansión, por parte de la chispa eléctrica. Por lo tanto, la presente invención no utiliza la mezcla metálica de rápida expansión para desencadenar la reacción de oxidación alrededor de los electrodos.

Tal como se muestra en las Figs. 3 y 5, una cápsula detonante de mezcla metálica según la presente invención está configurada para incluir un cartucho externo 1, que constituye una cubierta externa del mismo; un cartucho interno 7, que tiene un diámetro y una longitud más pequeños que los del cartucho externo 1 y está alojado en el cartucho externo 1; una mezcla metálica de rápida expansión 21 cargada entre el cartucho externo 1 y el cartucho interno 7 y que comprende polvo de nitrato de sodio como agente oxidante, polvo de óxido férrico como agente oxidante, polvo de aluminio como agente reductor y polvo lubricante sólido para eliminar la fricción en el polvo de aluminio, y polvo de relleno inorgánico para llenar una capa de aire entre los polvos; una mezcla metálica de activación rápida 23 cargada en el cartucho interno 7 y que comprende polvo de nitrato de sodio como agente oxidante, polvo de óxido férrico como agente oxidante, polvo de óxido de cobre como agente oxidante, polvo de aluminio como agente reductor, y polvo de magnesio como agente reductor; y las unidades de generación de chispas eléctricas 11a, 11b, 13 integradas en la mezcla metálica de activación rápida 23.

La mezcla metálica de rápida expansión 21 y la mezcla metálica de activación rápida 23 difieren en su composición. La mezcla metálica de activación rápida 23 excluye el lubricante sólido y el relleno inorgánico que se incluyen en la mezcla metálica de rápida expansión 21 y contiene óxido de cobre, que no está incluido en la mezcla metálica de rápida expansión 21, y tiene un contenido de oxígeno relativamente bajo, pero libera oxígeno a una temperatura relativamente baja, como el agente oxidante, y el polvo de magnesio, que no está incluido en la

mezcla metálica de rápida expansión 21 y tiene una fuerza de expansión débil, debido al calor relativamente bajo generado por la oxidación, pero se oxida a una temperatura relativamente baja, como el agente reductor. El óxido férrico libera oxígeno a una temperatura alta, en comparación con el nitrato de sodio, y el óxido de cobre libera oxígeno a una temperatura baja, en comparación con el nitrato de sodio. El magnesio se somete rápidamente a una reacción exotérmica con oxígeno, a baja temperatura, en comparación con el aluminio. Por lo tanto, tal diferencia en la composición trae una gran diferencia en la facilidad de desencadenar la reacción de oxidación entre la mezcla metálica de rápida expansión 21 y la mezcla metálica de activación rápida 23.

En la cápsula detonante de mezcla metálica según la presente invención, la mezcla metálica de activación rápida 23, que excluye el lubricante sólido y la carga inorgánica, y contiene óxido de cobre, que tiene un contenido de oxígeno relativamente bajo, pero libera oxígeno a una temperatura relativamente baja, como agente oxidante, y el polvo de magnesio, que tiene una fuerza de expansión débil, debido al calor relativamente bajo generado por la oxidación, pero se oxida a una temperatura relativamente baja, como agente reductor, se carga en el cartucho interno 7 y, por lo tanto, se coloca alrededor de las unidades de generación de chispa eléctrica 11a, 11b, 13, por lo que la reacción de oxidación se dispara muy rápidamente, sin fallas, debido a la chispa eléctrica.

Por otro lado, solo el polvo de aluminio, que tiene un alto calor generado por la oxidación y, por lo tanto, una fuerza de expansión muy grande, pero que se oxida a una temperatura relativamente alta, está contenido en una gran cantidad como agente reductor en el cartucho externo 1, incrementando así al máximo la fuerza de expansión de la cápsula detonante de la mezcla metálica.

En la mezcla metálica de activación rápida, que comprende polvo de nitrato de sodio, polvo de óxido férrico, polvo de óxido de cobre, polvo de aluminio y polvo de magnesio, 10% a 27% en peso de polvo de nitrato de sodio, 15% a 30% en peso de polvo de óxido férrico, 10% a 28% en peso de polvo de óxido de cobre, 5% a 14,99% en peso de polvo de aluminio y 15% a 28% en peso de polvo de magnesio se mezclan sobre la base de su peso total. En ese momento, la relación en peso del polvo de magnesio al polvo total es siempre mayor que la relación en

peso del polvo de aluminio al polvo total. Cuando la relación en peso de polvo de aluminio es mayor que la relación en peso de polvo de magnesio, la capacidad de activación oxidativa se reduce considerablemente.

La mezcla metálica de rápida expansión puede comprender, además, un agente impermeabilizante, en una pequeña cantidad (menos del 2% sobre la base de la masa total la misma). El agente impermeabilizante es, preferentemente, aceite.

Tal como se muestra en la Figura 1, cuando el cartucho externo 1 es corto, solo un extremo del mismo se une al cartucho interno 7 y el extremo restante del mismo se sella con una tapa inferior del cartucho externo 5.

Tal como se muestra en la Figura 2, para unir el cartucho interno 7 al interno del cartucho externo 1, la porción central de una tapa superior del cartucho externo 3 está diseñada como una forma vacía, y el cartucho interno 7 y la tapa superior del cartucho interno 19 están unidos a la porción central de la tapa superior del cartucho externo 3. Los electrodos 11a, 11b fijados por los soportes de electrodos 15 se proveen en el cartucho interno 7 y la tapa superior del cartucho interno 19. Los electrodos 11a, 11b están conectados a un dispositivo de generación de alto voltaje de CC (no mostrado) por medio de cables conductores 21a, 21b, que pasan a través de la tapa superior del cartucho interno 19. El interior de la tapa superior del cartucho interno 19 está sellado por los portaelectrodos 15, fabricados de goma o silicona, y los cables conductores superiores 21a, 21b de la tapa superior del cartucho interno 19 están envueltos con un sellador de cable conductor 17, fabricado de goma o silicona, para bloquear completamente la entrada de aire o humedad en el cartucho interno. El extremo inferior del cartucho interno 7 está sellado con la tapa inferior del cartucho interno 9a. La porción unida entre la tapa inferior del cartucho externo 5 y el cartucho externo 1, la porción unida entre la tapa superior del cartucho externo 3 y el cartucho externo 1, la porción unida entre la tapa superior del cartucho externo 3 y la tapa superior del cartucho interno 19, y la porción unida entre la tapa superior del cartucho interno 19 y el cartucho interno 7 están completamente selladas por medio de un adhesivo.

La tapa superior del cartucho interno 19 se inyecta y el sellador del cable conductor 17 y los portaelectrodos 15 se moldean en el estado, en que los cables conductores 21a, 21b y los electrodos 11a, 11b se insertan en la tapa superior del cartucho interno 19, por lo que la tapa superior del cartucho interno 19, los cables conductores 21a, 21b, el sellador de cables conductores 17, los portaelectrodos 15 y los electrodos 11a, 11b están formados de manera integral. El cartucho interno se une a la tapa superior del cartucho interno 19 en el estado, en el que el cartucho interno 7 se llena con la mezcla metálica de activación rápida 23. En este procedimiento, los electrodos 11a, 11b se integran en la mezcla metálica de activación rápida 23. De este modo, la estanqueidad del cartucho interno 7 puede estar completamente asegurada.

Un cable de resistencia 13 para conectar el electrodo positivo 11a y el electrodo negativo 11b está conectado a los extremos inferiores de los electrodos 11a, 11b, y el dispositivo de generación de alto voltaje de CC funciona para aplicar un alto voltaje de 3 KV o más a los electrodos 11a, 11b y, por lo tanto, se produce una chispa eléctrica entre los dos electrodos al fundir el cable de resistencia.

Tal como se muestra en las Figs. 4 y 5, cuando el cartucho externo 1 es largo, cada uno de sus extremos está provisto de un cartucho interno 7 y la mezcla metálica de activación rápida 23 y los electrodos 11a, 11b se proporcionan a cada cartucho interno 7 para causar simultáneamente explosiones en ambos extremos del cartucho externo 1. Además, la tapa inferior del cartucho interno 9b está diseñada de una forma que se estrecha hacia la punta del mismo, por lo que el cartucho interno 7 puede insertarse fácilmente en la mezcla metálica de rápida expansión 21, en el cartucho externo 1.

Tal como se describió anteriormente, en la cápsula detonante de la mezcla metálica, de acuerdo con la presente invención, el cartucho externo 1 se llena con la mezcla metálica de rápida expansión 21, y la mezcla metálica de activación rápida 23 -que facilita el desencadenamiento de la reacción de oxidación- está contenida en el cartucho interno pequeño 7, y el cartucho interno está integrado en la porción central del cartucho externo, y las unidades de generación de chispas eléctricas 11a, 11b, 13 se proveen en el cartucho interno 7, para así llevar a cabo, de manera precisa y rápida, una reacción de explosión.

La cápsula detonante de la mezcla metálica, de acuerdo con la presente invención, está configurada de modo tal, que la mezcla metálica de activación rápida 23 en el cartucho interno 7 se enciende usando una chispa eléctrica y, por lo tanto, explota y, por ende, la mezcla metálica de rápida expansión 21 en el cartucho externo 1 se enciende mediante la explosión de la mezcla metálica de activación rápida 23, incrementando notablemente la tasa de éxito de la reacción de la cápsula detonante de la mezcla metálica, al utilizar la mezcla metálica de rápida expansión. Además, el número de cartuchos que se pueden detonar simultáneamente, aplicando la misma cantidad de energía, se puede aumentar al menos diez veces, lo que mejora significativamente la eficiencia del trabajo en el sitio.

APLICABILIDAD INDUSTRIAL

La cápsula detonante de mezcla metálica según la presente invención es capaz de aumentar al máximo los efectos de bajo ruido y baja vibración, que es un requisito de las invenciones convencionales para la aplicación en el mundo real (ingeniería civil, desarrollo minero, etc.) y de eliminar por completo la tasa de falla de la explosión, para garantizar la estabilidad, permitiendo así una construcción segura, y, además, la eficiencia del trabajo puede aumentarse al menos diez veces, generando finalmente beneficios económicos.