

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 021 784**

51 Int. Cl.:

C06B 23/00 (2006.01)

C06B 31/28 (2006.01)

C06B 47/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.10.2015** **PCT/AU2015/050666**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.05.2016** **WO16065412**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.10.2015** **E 15855391 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.01.2025** **EP 3212595**

54 Título: **Composición explosiva y método de suministro**

30 Prioridad:

27.10.2014 AU 2014904283

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

27.05.2025

73 Titular/es:

DYNO NOBEL ASIA PACIFIC PTY LIMITED
(100.00%)
Level 8, 28 Freshwater Place
Southbank, Victoria 3006, AU

72 Inventor/es:

PARIS, NATHAN;
GORE, JEFF y
THORNLEY, PAUL

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 3 021 784 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

Composición explosiva y método de suministro

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a composiciones explosivas. En particular, la presente invención se refiere a composiciones explosivas adecuadas para usar en terrenos blandos y húmedos, y a métodos para introducir dichas composiciones explosivas en perforaciones.

10 **Antecedentes de la técnica**

En determinadas situaciones, y especialmente cuando el terreno que se va a volar es blando y húmedo, se requieren composiciones explosivas que tengan propiedades específicas. En primer lugar, las composiciones explosivas no deben verse afectadas negativamente por el agua y, en segundo lugar, deben tener una fuerza explosiva relativamente baja. Las composiciones explosivas en forma de emulsiones y geles de agua suelen tener una buena resistencia al agua, por lo que pueden ser adecuadas para usar en perforaciones húmedas, pero tales composiciones explosivas son normalmente demasiado potentes para usar en terrenos blandos.

Son conocidas las composiciones explosivas en las que se usan agentes de carga para reducir la energía de una explosión. Agentes de carga que comprenden, por ejemplo, microglobos, perlita, perlas de poliestireno expandido, materia vegetal tal como legumbres, cáscaras de arroz y fibras orgánicas, serrín, harina de madera y pasta de madera se han utilizado para reducir la energía explosiva (por volumen) de las composiciones explosivas. Sin embargo, tales agentes de carga pueden desestabilizar las emulsiones, de modo que pueda producirse la cristalización de los componentes de la emulsión, provocando cambios no deseables y perjudiciales en las propiedades explosivas de la composición explosiva. Dichos agentes de carga también pueden tener un alto grado de variabilidad en sus características físicas (es decir, en su densidad, distribución de tamaños, etc.) y químicas (p. ej., composición, compatibilidad, etc.), lo que puede conducir a dificultades de almacenamiento, manipulación o procesamiento, así como propiedades explosivas potencialmente incoherentes.

El documento WO 2013/131139 divulga composiciones explosivas que comprenden una emulsión acuosa de un componente oxidante, un componente de combustible de hidrocarburo que contiene emulsionante, y un agente de carga que es un material residual de tipo combustible en forma de partículas sólidas que carece sustancialmente de superficies rugosas y bordes afilados. Se comprobó que el agente de carga en forma de partículas sólidas sustancialmente sin superficies rugosas ni bordes afilados no favorecía la cristalización de la emulsión. Sin embargo, la obtención y procesamiento del material residual adecuado en dicha forma puede requerir mucho tiempo y esfuerzo, y puede no ser factible o rentable.

El documento GB2298420 se refiere a un método para reducir los humos de óxido de nitrógeno en las voladuras, a un método de voladura utilizando agentes de voladura en emulsión de agua en aceite, y a un método de reducción de la formación de óxidos de nitrógeno tóxicos en los humos posteriores a la voladura utilizando un agente de voladura en emulsión que tiene una cantidad apreciable de urea en su fase de solución salina discontinua.

Sería ventajoso proporcionar composiciones explosivas alternativas para usar en terrenos blandos y húmedos.

45 **Sumario de la invención**

La invención se establece en el conjunto de reivindicaciones adjuntas.

En un primer aspecto, la presente invención proporciona un compositor explosivo para terrenos blandos y húmedos. La composición explosiva comprende un explosivo que comprende un componente oxidante en una emulsión de agua en aceite o un gel de agua, y un agente de carga que comprende partículas discretas de una sustancia combustible. La sustancia combustible es soluble en agua pero, en la composición explosiva, se inhibe la migración de la sustancia combustible desde las partículas discretas al componente oxidante.

En el momento de realizar la invención divulgada en el documento WO 2013/131139, era de esperar que los agentes de carga tuvieran que estar formados por materiales que no pudieran interactuar física o químicamente con la emulsión divulgada en ella, de lo contrario, el agente de carga podría desestabilizar la emulsión (y viceversa), afectando potencialmente a las propiedades explosivas de la composición. Por tanto, el hecho de proporcionar el agente de carga en forma de partículas sólidas sustancialmente sin superficies rugosas ni bordes afilados no ofrecía medios para la disrupción y, por tanto, para la cristalización, de las gotas de emulsión. Además, los agentes de carga fabricados a partir de materiales residuales tales como plásticos son sustancialmente inertes químicamente con respecto a la emulsión (especialmente la fase acuosa, que es donde se encuentra el oxidante), pero, como se ha señalado anteriormente, la obtención y procesamiento de estos materiales residuales en una forma que no desestabilice la emulsión explosiva puede resultar problemática.

Los inventores han descubierto sorprendentemente que las sustancias que se esperaba que interaccionaran

químicamente con las composiciones explosivas y las desestabilizaran potencialmente (p. ej., provocando la cristalización del oxidante en la emulsión o el componente de gel de agua de la composición) pueden, de hecho, usarse como agentes de carga. En particular, los inventores descubrieron que los agentes de carga que comprenden sustancias solubles en agua (y combustibles) que potencialmente podrían interactuar químicamente con una emulsión o gel de agua al entrar en contacto pueden, de hecho, usarse en composiciones explosivas, siempre que se inhiba la migración de la sustancia desde el agente de carga al componente oxidante.

Los inventores descubrieron que proporcionar sustancias solubles en agua (y combustibles) en forma de partículas discretas inhibe la migración de la sustancia desde las partículas discretas al componente oxidante, al menos durante los periodos de tiempo que el explosivo y el agente de carga pasarían mezclados en la práctica antes de la detonación. También, como se describe a continuación, factores adicionales pueden inhibir aún más la migración de la sustancia desde las partículas discretas hasta el componente oxidante de la composición explosiva. Como tal, los agentes de carga de acuerdo con la presente invención no tienden a desestabilizar la composición explosiva, a pesar de que los agentes de carga y el explosivo estén íntimamente mezclados.

En algunas realizaciones, la sustancia combustible tiene un balance negativo de oxígeno. Como se describe en el presente documento, usar agentes de carga que tienen un balance negativo de oxígeno puede proporcionar ventajas adicionales significativas, tal como la mitigación de humos tras la voladura.

En algunas realizaciones, la sustancia combustible es una sustancia agrícola tal como un fertilizante. Los fertilizantes suelen ser fáciles de conseguir, relativamente baratos, y a menudo se suministran en forma comprimida o granulada, haciéndolos adecuados para su uso en la presente invención sin requerir necesariamente ningún procesamiento posterior. La sustancia combustible puede, por ejemplo, seleccionarse del grupo que consiste en urea, sulfato amónico, fosfato diamónico (DAP), nitrato amónico cálcico, fosfato monoamónico (MAP), sulfato de zinc, nitrato de sulfato amónico y mezclas de los mismos.

El agente de carga se presenta en forma de partículas discretas que tienen superficies exteriores lisas. Estas partículas tienen aún menos probabilidades de tener superficies rugosas y bordes afilados que puedan favorecer la cristalización o desestabilizar de otro modo la composición explosiva. Tales partículas pueden ser también más resistentes a ser disueltas por los componentes de la emulsión o del gel de agua, que puede ayudar a inhibir aún más la migración de la sustancia combustible. También, proporcionar el agente de carga en forma de partículas discretas que tienen superficies exteriores lisas puede ayudar a mejorar el perfeccionamiento del agente de carga (y de la composición explosiva), por ejemplo, facilitando su vertido o transferencia de otro modo.

En algunas realizaciones, el agente de carga se presenta en forma de comprimidos o gránulos. Los comprimidos y los gránulos son dos tipos de partículas que se pueden formar fácilmente utilizando equipos de procesamiento convencionales y que normalmente tienen superficies exteriores lisas y un tamaño de partícula relativamente consistente. Además, como materiales comprimidos y granulados se utilizan habitualmente en la industria de los explosivos, tales agentes de carga comprimidos y granulados pueden almacenarse en compartimentos de almacenamiento convencionales y transferirse utilizando aparatos de transferencia convencionales.

En algunas realizaciones, las partículas discretas de agente de carga tienen un tamaño medio de partícula entre aproximadamente 1 mm y 4 mm (p. ej., entre aproximadamente 2 y 3 mm). Tal tamaño de partícula es similar al de los comprimidos de nitrato de amonio utilizados habitualmente en la industria de explosivos. Por lo tanto, los agentes de carga que tienen tal tamaño de partícula pueden almacenarse y procesarse fácilmente con los equipos que se utilizan actualmente para almacenar y procesar comprimidos de nitrato de amonio.

En algunas realizaciones, el componente oxidante del explosivo (por ejemplo, la fase acuosa en una emulsión explosiva de agua en aceite) puede comprender una solución sobresaturada de un oxidante. Una solución sobresaturada de este tipo no sería capaz de disolver más sustancias (a temperatura constante), por lo que puede inhibir aún más la migración de la sustancia combustible desde el agente de carga al componente oxidante.

En algunas realizaciones, el componente oxidante del explosivo puede, por ejemplo, comprender un oxidante seleccionado del grupo que comprende en nitrato de amonio, nitrato sódico, nitrato de calcio, perclorato de amonio y mezclas de los mismos. En realizaciones en las que el explosivo es una emulsión de agua en aceite, el aceite puede ser un hidrocarburo.

En algunas realizaciones, la composición está comprendida entre aproximadamente el 50 % y aproximadamente el 99 % (en peso) del explosivo. Correspondientemente, en algunas realizaciones, la composición comprende entre aproximadamente el 1 % y aproximadamente el 50 % (en peso) del agente de carga. Las composiciones que comprenden más de aproximadamente el 50 % del explosivo se consideran generalmente resistentes al agua, siendo preferidas las composiciones que comprenden más de aproximadamente un 60 % de explosivo. Como podrá apreciarse, el aumento de la resistencia al agua hace que las composiciones explosivas sean más adecuadas para usar en terrenos húmedos.

En algunas realizaciones, puede ser necesario un agente sensibilizante para sensibilizar (o sensibilizar aún más) la

composición explosiva. En algunas realizaciones, el agente sensibilizante puede ser un agente reductor de la densidad tal como un agente de gasificación química (por ejemplo, una sal de un nitrito de metal alcalino y un ácido, de modo que se genere gas nitrógeno al combinarse la sal y el ácido).

En un segundo aspecto, la presente invención proporciona un método para suministrar una composición explosiva a una perforación (es decir, una perforación en terreno blando y húmedo). El método comprende mezclar un explosivo que comprende un componente oxidante en una emulsión de agua en aceite o un gel de agua con un agente de carga que comprende partículas discretas de una sustancia combustible y soluble en agua para formar una composición explosiva; y suministrar la composición explosiva a la perforación.

En algunas realizaciones, el método puede además comprender la adición de un agente sensibilizante a la composición explosiva. La composición explosiva puede, por ejemplo, sensibilizarse añadiendo el agente sensibilizante a la composición explosiva (antes o después de que el propio explosivo y el agente de carga se hayan mezclado), como se explicará a continuación) antes de su suministro a la perforación.

En algunas realizaciones, el explosivo y las partículas discretas de agente de carga pueden almacenarse antes de mezclarse en compartimentos separados de una unidad móvil de procesamiento convencional. Las partículas discretas de agente de carga pueden, por ejemplo, almacenarse en un compartimento de la unidad móvil de procesamiento normalmente reservado para los comprimidos de nitrato de amonio. Como podrá apreciarse, las partículas discretas (especialmente los comprimidos y los gránulos y las que tienen superficies exteriores lisas) fluirían de forma similar a los comprimidos de nitrato de amonio, por lo que serían fácilmente transferibles y, por tanto, sería menos probable que contaminaran el compartimento tras su uso. Sin embargo, incluso si una pequeña cantidad del agente de carga permanece en el compartimento, siempre que el agente de carga no provoque sensibilización a los comprimidos de nitrato de amonio, a continuación, es poco probable que una pequeña cantidad de agente de carga residual dé lugar a una mezcla potencialmente explosiva con cualquier comprimido de nitrato de amonio añadido posteriormente.

En contrapartida, muchos agentes de carga de la técnica anterior tienen poca consistencia en la distribución de tamaños y, por lo tanto, no serían tan fáciles (o fiables) de transferir. Además, ya que muchos agentes de carga de la técnica anterior también sensibilizan a los comprimidos de nitrato de amonio, si se almacenaban en compartimentos reservados para los comprimidos de nitrato de amonio, siempre sería necesario limpiar a fondo el compartimento después de usarlo, de lo contrario, la adición de comprimidos de nitrato de amonio al compartimento podría dar lugar a la formación de una mezcla potencialmente explosiva.

La composición explosiva utilizada en el método del segundo aspecto de la presente invención es la composición explosiva del primer aspecto de la presente invención.

En un tercer aspecto, la presente invención proporciona un uso de la composición explosiva del primer aspecto de la presente invención, en un método de reducción de humos posterior a la voladura. El método comprende el suministro de una composición explosiva a una perforación, en donde la composición explosiva comprende partículas discretas de una sustancia combustible soluble en agua que tiene un balance negativo de oxígeno, en donde las partículas discretas se distribuyen por una emulsión de agua en aceite o un gel de agua.

Descripción de las realizaciones

Se divulga en el presente documento una composición explosiva adecuada para terrenos blandos y húmedos. La composición explosiva comprende un explosivo que comprende un componente oxidante en una emulsión de agua en aceite o un gel de agua, y un agente de carga que comprende partículas discretas de una sustancia combustible. La sustancia combustible es soluble en agua pero, en la composición explosiva, se inhibe la migración de la sustancia combustible desde las partículas discretas al componente oxidante.

También se ha divulgado en el presente documento un método para suministrar una composición explosiva a una perforación, por ejemplo, una perforación en terreno blando y húmedo. El método comprende mezclar un explosivo que comprende un componente oxidante en una emulsión de agua en aceite o un gel de agua con un agente de carga que comprende partículas discretas de una sustancia combustible y soluble en agua, para formar una composición explosiva; y suministrar la composición explosiva a la perforación. Como se expondrá más adelante, los métodos de la presente invención también pueden usarse en algunas circunstancias en las que el terreno no es blando y húmedo.

La presente invención se refiere a composiciones explosivas adecuadas para usar en terrenos blandos y húmedos. Las composiciones explosivas para terrenos blandos requieren menos energía para hacer que el terreno se mueva que en el caso de terrenos más duros, y una de las formas de reducir la energía de una composición explosiva es incorporar un agente de carga a la composición. Los agentes de carga reducen la energía explosiva al aumentar la composición y, a pesar de haberse oxidado en la explosión, pueden o no ser una fuente de combustible para la explosión.

Las composiciones explosivas para terrenos húmedos deben tener cierta resistencia al agua, que puede añadirse a la

composición mediante una emulsión de agua en aceite o un gel de agua (ambos con resistencia inherente al agua). La composición explosiva de la presente invención comprende, por tanto, un explosivo que comprende un componente oxidante en una emulsión de agua en aceite o un gel de agua.

Cualquier emulsión de agua en aceite o gel de agua puede usarse en la composición explosiva de la presente invención, siempre que sea adecuado para usar (con un agente de carga) en terrenos blandos y húmedos. Está dentro del alcance de un experto en la materia seleccionar una emulsión de agua en aceite o un gel de agua apropiados para usar en la presente invención, en función de factores tales como las características del terreno que se va a volar y el resultado deseado de la voladura.

El componente oxidante del explosivo es el componente de la emulsión de agua en aceite o del gel de agua que contiene el oxidante. Por ejemplo, en el caso de una emulsión de agua en aceite, el componente oxidante es la fase acuosa discontinua. El oxidante para usar en la presente invención puede seleccionarse de entre cualquier oxidante conocido que sea compatible con el uso previsto de la composición explosiva. El oxidante puede, por ejemplo, ser nitrato de amonio, nitrato sódico, nitrato de calcio, perclorato de amonio o mezclas de los mismos. Normalmente, el oxidante incluirá o consistirá prácticamente en nitrato de amonio.

En algunas realizaciones, el componente oxidante puede comprender una solución sobresaturada del oxidante, que puede contribuir a inhibir la migración de la sustancia combustible desde las partículas discretas de agente de carga al componente oxidante, simplemente porque el componente oxidante es incapaz (o es menos probable que sea capaz) de disolver cualquiera de las sustancias adicionales (a esa temperatura).

En realizaciones en las que el explosivo es una emulsión de agua en aceite, el componente oleoso de la emulsión puede ser cualquier aceite adecuado. Por ejemplo, puede usarse un aceite combustible de hidrocarburo del tipo normalmente usado en emulsiones explosivas. Los aceites adecuados incluyen aceites combustibles tales como aceites minerales o diésel.

Normalmente, el componente oleoso de una emulsión explosiva es una fase continua, que también puede contribuir a inhibir la migración de la sustancia combustible desde las partículas discretas del agente de carga al componente oxidante o viceversa, simplemente porque el componente de aceite proporciona una barrera o capa física e hidrófoba entre los dos componentes (a esa temperatura). En efecto, el componente oleoso separa la sustancia combustible del componente oxidante.

En realizaciones en las que el explosivo es una emulsión de agua en aceite, la emulsión puede incluir también un emulsionante para ayudar a formar y posteriormente estabilizar la emulsión. El emulsionante puede, por ejemplo, ser cualquiera de los emulsionantes normalmente usados con los explosivos de voladura en emulsión. Los emulsionantes adecuados pueden, por ejemplo, seleccionarse del grupo de emulsionantes que resultan de reacciones de condensación entre PIBSA y aminas o alcanolaminas. Otro emulsionante adecuado es el monooleato de sorbitán, o similares. Puede usarse un único emulsionante o una combinación de emulsionantes. Cuando está presente, el emulsionante comprende normalmente entre el 0,3 y el 3,5 % (p. ej., entre el 0,5 y el 1,5 %) en peso de la emulsión.

La composición explosiva de la presente invención comprende también un agente de carga que comprende partículas discretas de una sustancia combustible soluble en agua.

Como se utiliza en el presente documento, el término "sustancia combustible" se refiere a una sustancia que sufriría combustión durante una explosión. Una sustancia combustible no proporciona necesariamente combustible durante la explosión, pero se quema y, en realizaciones en las que la sustancia combustible tiene un balance de oxígeno negativo, puede actuar como disipador del oxígeno producido por el oxidante. Ya que es un agente de carga, la sustancia combustible es en sí misma no explosiva, pero es capaz de consumirse por la explosión.

Proporcionar el agente de carga en forma de partículas discretas inhibe la migración de la sustancia soluble en agua contenida en las partículas discretas al componente oxidante, especialmente durante el tiempo en que el agente de carga y el explosivo pueden estar en contacto antes de la detonación. Como tal, a pesar de estar formado por sustancias solubles en agua que se habría esperado que interactuaran con el explosivo y potencialmente lo desestabilizaran, se ha comprobado que los agentes de carga de acuerdo con la presente invención no desestabilizan el explosivo, incluso cuando el explosivo y el agente de carga están íntimamente mezclados, como suele ser el caso. Por lo tanto, el descubrimiento en el que se basa la presente invención permite utilizar una nueva clase de sustancias como agentes de carga; en concreto, una clase de sustancias solubles en agua (y por lo demás adecuadas para usar como agentes de carga).

Sin desear quedar ligado a teoría alguna, los inventores postulan que la migración de la sustancia desde el agente de carga al componente oxidante se inhibe debido a la capacidad limitada de la sustancia cuando está contenida en las partículas discretas, para interactuar con el componente oxidante al mezclarse. Un número de otros factores, que se describen en el presente documento con más detalle, pueden contribuir también a inhibir la migración de la sustancia contenida en las partículas discretas hacia el componente oxidante. Ciertamente, en realizaciones específicas de la presente invención, varios de estos factores pueden contribuir a proporcionar composiciones explosivas óptimas para

aplicaciones específicas (por ejemplo, tiempos de reposo cortos o largos, la relativa blandura y humedad del terreno que se va a volar, etc.).

Proporcionar el agente de carga en forma de partículas discretas de una sustancia combustible también puede, en algunas realizaciones, proporcionar una fuente de combustible de combustión lenta en la composición explosiva, que puede ayudar a mitigar los humos posteriores a la voladura. Como se describe en el presente documento, el tamaño de partícula de las partículas discretas de agente de carga es normalmente al menos un orden de magnitud mayor que el de cualquiera de las gotas del oxidante en el explosivo (las partículas discretas de agente de carga tienen normalmente un tamaño de partícula en milímetros, mientras que cualquier gota del oxidante en una ANE (emulsión de nitrato de amonio), por ejemplo, es de tamaño micrométrico). Sin desear quedar ligado a teoría alguna, los inventores postulan que al proporcionar una fuente de combustible de combustión lenta en la composición explosiva, los agentes de carga de acuerdo con realizaciones de la presente invención (y especialmente los que tienen un balance de oxígeno negativo) pueden proporcionar un exceso de combustible en el punto en el que las vías de reacción de NOx pueden llegar a ser predominantes durante la detonación, y este exceso de combustible crea vías de reacción alternativas al agua y al COx, que son productos más deseables que los humos de NOx. De nuevo, no deseando quedar ligado a teoría alguna, el proceso de fabricación de una emulsión es de tal manera que el nitrato de amonio se disuelve a una temperatura (15 °C o superior al punto de cristalización). La emulsión se forma cuando el oxidante caliente y el combustible caliente (normalmente a aproximadamente 65 °C) se mezclan de alguna manera. A continuación, se enfría la emulsión y, una vez enfriada, la temperatura del producto se enfría generalmente por debajo de su punto de cristalización y, por tanto, el oxidante está sobresaturado. La razón de que no cristalice y forme partículas sólidas es que hay que superar la presión de Laplace de la gota para que se produzca la cristalización. Por lo tanto, en una emulsión, las gotas de oxidante son la fase discreta y la fase combustible es la fase continua.

La sustancia combustible en las partículas discretas de agente de carga es soluble en agua. Sin embargo, en la composición explosiva, se inhibe la migración de la sustancia desde las partículas discretas al componente oxidante. Esto impide (o al menos ralentiza considerablemente) la desestabilización de la composición explosiva, por ejemplo, provocando la cristalización del oxidante (u otros componentes) en el componente oxidante. Está dentro del alcance de un experto en la materia seleccionar, para cualquier aplicación dada, una sustancia combustible adecuada para su uso como agente de carga, así como la forma de las partículas discretas (p. ej., forma comprimida o granulada). Pueden realizarse pruebas o ensayos de campo relativamente sencillos para determinar si una sustancia concreta es adecuada para usar en una aplicación determinada de la presente invención (por ejemplo, si funcionaría como agente de carga combustible durante la explosión), así como si se inhibe la migración de la sustancia desde las partículas discretas al componente oxidante durante períodos de tiempo comercialmente realistas una vez se mezcla con el explosivo.

Por ejemplo, la estabilidad de una emulsión o un gel de agua en presencia de partículas discretas de agente de carga puede medirse mediante la prueba Calificación de Varillas (descrita a continuación), con partículas que proporcionan un resultado en la prueba de Calificación de Varillas de 6 o superior cuando se mezclan con el explosivo durante un periodo de tiempo apropiado siendo normalmente adecuadas para usar en la presente invención.

En la prueba de Calificación de Varillas, se preparan mezclas que contienen proporciones adecuadas de un explosivo y partículas discretas de un agente de carga y se sumerge una varilla de vidrio de 10 mm en la mezcla en un ángulo de 45 grados hasta una profundidad de aproximadamente 20 mm. Esto permite que un lado de la varilla de vidrio quede recubierto por la mezcla. A continuación, se golpea ligeramente la varilla de vidrio para eliminar el exceso de agente de carga y/o emulsión/gel de agua. La varilla de vidrio se sostiene hacia una fuente de luz con el lado recubierto con la emulsión/gel de agua hacia afuera de tal manera que la luz pueda pasar visualmente a través de la varilla de vidrio. A continuación, se frota ligeramente la emulsión/gel de agua tres veces a lo largo de la varilla de vidrio y se mide la proporción de cristales del siguiente modo:

- 8 = sin cristales,
- 7 = pequeña cantidad de cristales,
- 6 = mitad emulsión/gel de agua: mitad cristales,
- 5 = mayoritariamente cristales con algo de emulsión/gel de agua,
- 4 = Todos los cristales sin emulsión/gel de agua.

Una mezcla puede ser continuamente evaluada en cuanto a la proporción de formación de cristales a lo largo del tiempo a intervalos conocidos con el fin de evaluar su idoneidad para cualquier tiempo de reposo.

El agente de carga comprende partículas discretas de la sustancia combustible. Las partículas discretas pueden tener cualquier tamaño y forma prácticos, siempre que se inhiba la migración de la sustancia al componente oxidante y que las partículas funcionen como agentes de carga en la composición explosiva. Las partículas discretas de agentes de carga tienen superficies exteriores lisas, es decir, carecen sustancialmente de superficies rugosas y bordes afilados que puedan favorecer la cristalización de los componentes del componente oxidante (p. ej., en la fase acuosa de la emulsión). Como tal, es menos probable que las interacciones físicas entre las partículas del agente de carga y el componente oxidante favorezcan la desestabilización de la composición explosiva.

El agente de carga puede, por ejemplo, suministrarse en forma de comprimidos o gránulos. Dichos comprimidos y gránulos tienen normalmente superficies exteriores relativamente lisas y pueden formarse mediante técnicas conocidas. Además, los comprimidos y los gránulos son dos tipos de partículas que se utilizan habitualmente en la industria de los explosivos, y suministrar el agente de carga en tales formas puede permitir almacenarlo y procesarlo sin necesidad de equipos no convencionales. En realizaciones alternativas, sin embargo, el agente de carga puede, por ejemplo, proporcionarse en forma de finos.

En algunas realizaciones, los agentes de carga pueden presentarse en forma de comprimidos o gránulos agrícolas. Los comprimidos agrícolas, por ejemplo, son más baratos de fabricar que otras formas de comprimidos (p. ej. comprimidos de grado explosivo), y normalmente se forman sin poros en ellos (es decir, tienen superficies más lisas que los comprimidos de grado explosivo, lo que puede ayudar a inhibir aún más la migración de la sustancia combustible al componente oxidante).

Las partículas discretas de agente de carga pueden, por ejemplo, tener una forma redondeada (p. ej., sustancialmente esférica), lo que les conferiría excelentes propiedades de fluidez y facilitaría que el agente de carga se vierta, bombee, barre, etc. Como alternativa (o además), las partículas pueden, por ejemplo, ser cilíndricas, en forma de cubo, rectangulares en forma de bloque, o de forma irregular, con superficies generalmente lisas y bordes redondeados.

Las partículas discretas de agente de carga pueden tener cualquier tamaño que permita usarlas en la composición explosiva. Si el tamaño de las partículas es demasiado pequeño, entonces dejaría de considerarse una partícula discreta y no ardería lentamente, lo que puede aumentar el riesgo de humos posteriores a la voladura. Por otro lado, si el tamaño de las partículas es demasiado grande, a continuación, puede dar lugar a la disociación de la composición explosiva y propiedades explosivas no deseables. En algunas realizaciones, las partículas discretas pueden tener un tamaño medio de partícula (p. ej., diámetro) de hasta aproximadamente 1 mm, 2 mm, 3 mm o 4 mm. Por ejemplo, las partículas discretas pueden tener un tamaño medio de partícula de aproximadamente entre 1 y 4 mm, 2 y 4 mm, 3 y 4 mm, 2 y 3 mm o 3 y 4 mm. Las partículas discretas de agente de carga que tienen un tamaño medio de partícula entre aproximadamente 2 y 3 mm de diámetro serán de un tamaño similar al de los comprimidos de nitrato de amonio (p. ej., como los que se usan para producir ANFO). Por lo tanto, las partículas de agente de carga de este tamaño serían compatibles con el equipo de carga, etc., que se utiliza actualmente para transferir comprimidos de nitrato de amonio, y dicho agente de carga no requeriría usar nuevos equipos o nuevas configuraciones de equipos en la industria.

Las partículas discretas de agente de carga pueden ser sólidas o contener huecos en su interior. Las partículas que tienen una estructura compacta desprovista de cavidades significativas tendrían una densidad relativamente alta y, por tanto, sería poco probable que sensibilizaran la composición explosiva. Sin embargo, las partículas que contienen cavidades significativas tendrían una densidad relativamente más baja y, por lo tanto, tendrían más probabilidades de sensibilizar la composición explosiva. En algunas realizaciones, puede ser deseable proporcionar un agente de carga que, cuando se mezcla con el explosivo, no sensibilizaría la composición explosiva como para permitir una explosión. Esto funciona como un dispositivo de seguridad para impedir el desencadenamiento accidental de una explosión incontrolada. Mientras que, en dichas realizaciones, la composición explosiva tendría que sensibilizarse por separado (p. ej., en el momento en que se bombea a los orificios de disparo gaseando la emulsión para reducir su densidad, como se describirá más adelante), se considera que esta etapa adicional merece la pena en aras de la seguridad.

La densidad de las partículas discretas de agentes de carga dependerá de factores tales como la naturaleza de la sustancia combustible y la forma en que se suministra (p. ej., la densidad de la urea granulada y comprimida es de 0,73 a 0,78 g/cc y la densidad del sulfato de amonio granulada y comprimida es de 0,8 a 0,9 g/cc). En algunas realizaciones, las partículas discretas de agente de carga pueden tener una densidad de aproximadamente entre 0,7 a 1,4 g/cc, por ejemplo, entre aproximadamente 0,8 a 1,3 g/cc, entre aproximadamente 0,9 a 1,2 g/cc, entre aproximadamente 1,0 a 1,4 g/cc o entre aproximadamente 0,7 a 1,0 g/cc. Las partículas discretas de agente de carga pueden, por ejemplo, tener una densidad media de aproximadamente 0,7, 0,8, 0,9, 1,0, 1,1, 1,2, 1,3 o 1,4 g/cc.

El agente de carga de la composición explosiva de la presente invención comprende partículas discretas de una sustancia combustible soluble en agua. Una sustancia combustible será adecuada para su uso en la presente invención si es (a) soluble en agua (es decir, tiene una solubilidad en agua superior a aproximadamente 1 g/100 ml, 10 g/100 ml, 20 g/100 ml o 40 g/100 ml), (b) actúa como agente de carga en la composición explosiva y (c) puede formarse en partículas discretas. Está dentro del alcance de un experto en la materia que utilice pruebas rutinarias determinar si cualquier sustancia dada es adecuada para su uso como agente de carga en la presente invención.

Ya que es un agente de carga, la propia sustancia combustible debe ser no explosiva, pero capaz de consumirse por la explosión. Normalmente, la sustancia combustible será una sustancia que tiene un balance negativo de oxígeno. Tales sustancias reducen la energía explosiva de la composición al aumentar el volumen de la composición, pero también proporcionan un disipador de oxígeno, que puede ayudar a inhibir la formación de NOx. Por ejemplo, las partículas discretas de algunas de las sustancias combustibles que se tratan a continuación (es decir, la urea) son una fuente de combustible de combustión lenta y, cuando existen posibles vías de reacción para la formación de NOx durante la explosión, a continuación, hay un exceso de C y H, que impulsan las vías de reacción a otras especies tales como el COx y el agua.

Mientras que las sustancias combustibles que tienen un balance positivo de oxígeno pueden ser potencialmente usadas, una composición explosiva de este tipo tendría más probabilidades de estar insuficientemente alimentada y, por tanto, de provocar la formación de NOx y humos posteriores a la voladura. De nuevo, se podrían realizar pruebas relativamente sencillas con dichas sustancias combustibles para determinar si se forman humos posteriores a la voladura y, si este fuese el caso, si la cantidad de humos posteriores a la voladura supera los requisitos del lugar.

La sustancia combustible utilizada para formar las partículas discretas en el agente de carga puede, por ejemplo, ser una sustancia agrícola tal como un fertilizante. Como sería de agradecer, tales sustancias son relativamente baratas, están generalmente disponibles y a menudo se suministran en forma comprimida o granulada, que es especialmente adecuada para su uso en la presente invención. También se ha descubierto que algunas de estas sustancias pueden ayudar a mitigar (o incluso impedir) la formación de humos posteriores a la voladura.

La sustancia combustible utilizada para formar las partículas discretas en el agente de carga puede, por ejemplo, ser urea, sulfato amónico, fosfato diamónico o mezclas de los mismos. Otras sustancias combustibles que podrían usarse, pero que tienen balances positivos de oxígeno, incluyen fosfato monoamónico, nitrato amónico cálcico, sulfato de zinc o mezclas de los mismos.

En realizaciones específicas de la presente invención, la composición explosiva comprende una emulsión de agua en aceite y un agente de carga en forma de comprimidos o gránulos de un fertilizante tal como urea o sulfato de amonio. Se ha comprobado que tales composiciones explosivas tienen una resistencia al agua y una energía explosiva apropiadas para usar en terrenos blandos y húmedos, y también producen muy poco o ningún humo posterior a la voladura durante la voladura.

El ajuste de la proporción de explosivo y agente de voladura en la composición explosiva afectará a la fuerza y la resistencia al agua de la composición explosiva. Por ejemplo, la proporción de agente de carga puede seleccionarse de tal manera que reduzca la energía teórica de la composición explosiva entre un 20 y un 30 % aproximadamente en comparación con una composición que contenga comprimidos de nitrato de amonio o ANFO en lugar del agente de carga. Como podrá apreciarse, tal disminución de la energía teórica hace que dichas composiciones explosivas sean más adecuadas para usar en terrenos blandos.

Las proporciones del explosivo y del agente de carga en la composición explosiva se seleccionan en función de las condiciones del lugar de la voladura. Como se ha señalado anteriormente, el aumento de la proporción del explosivo en relación con el agente de carga aumentará la energía explosiva y la resistencia al agua de la composición, pero también puede dar lugar a que la composición tenga un balance positivo de oxígeno (lo que puede dar lugar a humos posteriores a la voladura). Se prevé que la composición comprenda el explosivo y el agente de carga en una proporción de modo que la composición tenga un balance global negativo de oxígeno. Está dentro del alcance de un experto en la materia considerar los factores relevantes (y posiblemente realizar algunas pruebas de campo) para determinar las proporciones adecuadas de explosivo y agente de carga en la composición explosiva de la presente invención para usar en un lugar específico.

En algunas realizaciones, la composición está comprendida entre aproximadamente el 50 % y aproximadamente el 99 % (en peso) del explosivo. Generalmente, una composición explosiva tiene una buena resistencia al agua si contiene un 60 % o más de explosivo de gel de agua o de emulsión. Como tal, en algunas realizaciones, la composición comprende aproximadamente un 60 % (en peso) del explosivo, por ejemplo, aproximadamente el 65 %, 70 %, 75 %, 80 %, 85 %, 90 % o 95 % (en peso) del explosivo (o cualquiera de los intervalos entremedias).

Correspondientemente, la composición explosiva puede comprender entre aproximadamente el 1 % y aproximadamente el 50 % (en peso) del agente de carga. Por ejemplo, la composición puede comprender aproximadamente un 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 % o 50 % (en peso) del agente de carga (o cualquiera de los intervalos entremedias).

Tal como se expone con más detalle más adelante, mientras que el explosivo y el agente de carga pueden suministrarse en forma premezclada, se prevé que normalmente se almacenen por separado, y se combinen solo cuando se vayan a transferir al orificio de voladura (con otros agentes, por ejemplo, agentes sensibilizantes, como se considera a continuación, añadidos aproximadamente al mismo tiempo). Normalmente, las partículas discretas de sustancia combustible están distribuidas de manera sustancialmente uniforme por toda la emulsión de agua en aceite o gel de agua de tal manera que la composición explosiva tendrá propiedades consistentes en toda ella. En algunas realizaciones, sin embargo, pueden obtenerse ventajas al proporcionar una composición explosiva en la que las partículas discretas de sustancia combustible no están distribuidas de manera sustancialmente uniforme por toda la emulsión de agua en aceite o el gel de agua. Por ejemplo, puede darse la situación de que haya orificios de 25 m con una capa de roca más dura a mitad de camino con 5 m de agua. La composición explosiva de la presente invención puede usarse hasta cierta profundidad para el material débil húmedo y a continuación se cambia la composición a una emulsión recta sensibilizada con gas para la capa más dura, volviendo a la composición de la invención para el material más débil por encima de la capa de roca más dura. Aunque las partículas son homogéneas cuando se cargan, sobre toda la columna explosiva, no lo es. Otro ejemplo sería cargar la invención en las paredes del orificio de voladura y, a

continuación, rellenar el centro de la columna explosiva con otra cosa, tal como ANFO, pesados o lodosos. Las ventajas generales de la presente invención son una mayor flexibilidad y la posibilidad de utilizar productos de mayor energía cuando la geología del terreno presenta dificultades que no pueden superarse utilizando un producto de baja energía.

5 En realizaciones en las que el agente de carga proporciona poca o ninguna sensibilización a la composición explosiva, la composición puede comprender además un agente sensibilizante. Puede usarse cualquier agente sensibilizante que sea compatible con los demás componentes de la composición explosiva y que no afecte negativamente a sus propiedades explosivas. Los agentes sensibilizantes adecuados pueden ser seleccionados por un experto en la materia basándose en la divulgación en el presente documento y en factores tales como los demás componentes de la composición explosiva, la fase en la que debe añadirse el agente sensibilizante y el resultado deseado de la explosión.

15 El agente sensibilizante puede, por ejemplo, ser un agente reductor de la densidad (especialmente cuando el agente de carga se suministra en forma de gránulos o comprimidos sólidos). En algunas realizaciones, el agente reductor de la densidad puede ser un agente de gasificación química, por ejemplo, una sal de un nitrito de metal alcalino (por ejemplo, nitrito de sodio o nitrito de potasio) y un ácido, de modo que se genere gas nitrógeno al combinarse con el ion de nitrito, iones de amonio (de la emulsión o del gel de agua) y ácido. En realizaciones alternativas, el agente reductor de la densidad puede ser microglobos de vidrio o plástico, o aire ocluido.

20 El agente sensibilizante puede añadirse en cualquier momento. Por ejemplo, el agente sensibilizante puede añadirse al explosivo o al agente de carga, añadiéndose posteriormente esa mezcla a la otra de explosivo y agente de carga. Alternativamente, el agente sensibilizante puede añadirse a la mezcla de explosivo y agente de carga. Sin embargo, ya que la composición sensibilizada es más explosiva, normalmente, el agente sensibilizante se añade a la composición explosiva (o a un componente de la composición explosiva) en el momento en que se inyecta la composición en un orificio de voladura (o poco antes). En realizaciones en las que el agente sensibilizante es un nitrito de metal alcalino y un ácido, cuando se mezclan, estos compuestos producen gas nitrógeno, reduciendo de este modo la densidad de la composición explosiva. Idealmente, la densidad de la composición se reduce a menos de 1,15 g/cm³, por ejemplo, entre 0,80 g/cm³ y 1,15 g/cm³, seleccionando una cantidad adecuada de agente sensibilizante para mezclar con la composición.

30 En realizaciones específicas, se añade un ácido (p. ej., ácido acético) a una emulsión a base de nitrato de amonio (p. ej., mediante un mezclador estático), y a continuación se añade una solución de nitrito de sodio al 20-30 % a la emulsión acidificada a base de nitrato de amonio. Los iones de nitrito se protonan y a continuación reaccionan con los iones de amonio para generar gas nitrógeno. La generación del gas suele completarse dentro de 20 a 60 minutos. La cantidad de solución de nitrito sódico utilizada determina la densidad final de la composición explosiva. A continuación se añaden las partículas discretas de agente de carga y la mezcla resultante se bombea (p. ej., con una barrena) al orificio de voladura.

40 También pueden añadirse otras sustancias a la composición explosiva, ya sea durante su almacenamiento (p. ej., como componentes separados) o mientras se transfiere a la perforación. Por ejemplo, pueden obtenerse propiedades mejoradas o variadas de las composiciones explosivas de acuerdo con la presente invención incorporando ANFO, microglobos o un lubricante (p. ej., agua) en la composición.

45 Por ejemplo, mientras que la presente invención se refiere a composiciones explosivas adecuadas para terrenos blandos y húmedos y, por tanto, que tienen una cantidad relativamente menor de potencia explosiva, en algunas realizaciones puede ser deseable incluir comprimidos de nitrato de amonio en la composición explosiva. Los comprimidos de nitrato de amonio no son un agente de carga de y aumentarán la potencia explosiva, pero su inclusión en la composición explosiva de la presente invención (es decir, adicionalmente a los explosivos y agentes de carga divulgados en el presente documento) puede conferir propiedades deseables a la composición explosiva resultante. Incluir comprimidos de nitrato de amonio puede, por ejemplo, proporcionar un poco más de energía explosiva pero reduciendo al mismo tiempo la formación de NOx. La adición de nitrato de amonio o de aceite combustible de nitrato de amonio puede ser conveniente cuando la geología del terreno presenta rocas ligeramente más duras o si se requiere un resultado con más levantamiento, por ejemplo.

55 En uso, una composición explosiva de acuerdo con la presente invención puede suministrarse a una perforación, tal como en terrenos blandos y húmedos, utilizando cualquiera de las técnicas adecuadas, teniendo en cuenta todos los factores pertinentes (especialmente la seguridad). La composición explosiva (o sus componentes) puede transferirse utilizando cualquier técnica convencional, tal como bombeo o barrenado, añadiendo componentes adicionales cuando sea necesario.

60 Normalmente, el explosivo y el agente de voladura se almacenarán por separado, y la composición explosiva se suministrará a una perforación mezclando primero un explosivo que comprende un componente oxidante en una emulsión de agua en aceite o un gel de agua con un agente de carga que comprende partículas discretas de una sustancia combustible, para formar una composición explosiva, y a continuación suministrar la composición explosiva a la perforación.

Como se ha expuesto previamente, puede ser necesario sensibilizar la composición explosiva (p. ej., utilizando un agente sensibilizante) inmediatamente antes o durante su transferencia a la perforación. Para garantizar una mezcla adecuada del agente sensibilizante en la composición explosiva, normalmente, el agente sensibilizante se añade antes de introducir la composición explosiva en la perforación.

En realizaciones en las que el explosivo y las partículas discretas de agente de carga se almacenan por separado antes de mezclarse, pueden almacenarse en compartimentos separados de una unidad móvil de procesamiento (MPU) del tipo utilizado habitualmente en la industria de explosivos. Como se ha señalado anteriormente, en algunas realizaciones, las partículas discretas del agente de carga pueden tener un tamaño y una forma similares a los de los comprimidos de nitrato de amonio, y dichas partículas discretas de agente de carga pueden almacenarse por tanto en el compartimento de la unidad móvil de procesamiento normalmente reservado para los comprimidos de nitrato de amonio.

Como sería de agradecer, proporcionar una nueva composición explosiva con propiedades que la hacen adecuada para usar en terrenos tales como terrenos blandos y húmedos, pero que pueden utilizar los equipos existentes, supondría un enorme beneficio para la industria. Además, ya que las partículas discretas de agente de carga normalmente tienen buenas propiedades de fluidez y carecen de finos, el compartimento de la MPU que se había utilizado para contener el agente de carga sería fácil de limpiar después de usarlo, aliviando así sustancialmente los posibles problemas de contaminación. También, ya que las partículas discretas de agente de carga normalmente no sensibilizan el comprimido de nitrato de amonio, en caso de que algunas de estas partículas se mezclaran con comprimidos de nitrato de amonio, la probabilidad de que constituyan una fuente de ignición, combustible para el comprimido de nitrato de amonio o la sensibilización suficiente para formar una mezcla potencialmente explosiva con el comprimido de nitrato de amonio es extremadamente baja. Por lo tanto, los camiones MPU pueden usarse para cualquier disposición y reutilizarse fácilmente, para llevar cualquier conjunto de componentes de voladura.

En una realización específica, las composiciones explosivas de la presente invención pueden suministrarse a un lugar donde se vayan a realizar voladuras utilizando un camión MPU convencional, que lleva los componentes en las secciones normalmente utilizadas para alojar los componentes de los agentes de voladura de emulsión AN tradicionales. Como podrá apreciarse, normalmente, una MPU tiene tres secciones, conteniendo la primera sección, la más pequeña, aceite combustible, que tradicionalmente comprende aproximadamente un 6 % del componente ANFO. La segunda sección se utiliza normalmente para almacenar los comprimidos de nitrato de amonio para la adición en seco, y la tercera sección para almacenar la emulsión (o gel de agua) a base de nitrato de amonio.

La composición explosiva puede suministrarse desde una barrena de la MPU, que puede facilitar la mezcla de las partículas discretas del agente de carga con el explosivo, siendo lo ideal que el agente reductor de la densidad (cuando sea necesario) se añada a la composición explosiva antes de que la composición explosiva salga de la barrena hacia los orificios de voladura. Si el agente reductor de la densidad es una sal de nitrito de metal alcalino, por ejemplo, a continuación, se puede administrar una solución salina a través de un puerto de entrada en la corriente de emulsión antes de que la composición explosiva salga por la barrena y entre en un orificio de voladura.

Como se expone en el presente documento, aspectos y realizaciones de la presente invención pueden proporcionar una reducción de los humos posteriores a la voladura. En este sentido, la presente invención puede proporcionar un método para reducir los humos posteriores a la voladura, que comprende el suministro de una composición explosiva a una perforación, en donde la composición explosiva comprende partículas discretas de una sustancia combustible soluble en agua que tiene un balance negativo de oxígeno, en donde las partículas discretas se distribuyen por una emulsión de agua en aceite o un gel de agua. La composición explosiva utilizada en este método es la composición explosiva del primer aspecto de la presente invención.

En algunas realizaciones, las partículas discretas se distribuyen uniformemente por la emulsión de agua en aceite o el gel de agua. En algunas realizaciones, las partículas discretas están separadas de una fase oxidante de la emulsión de agua en aceite por una fase oleosa.

En algunas realizaciones, el método comprende además la adición de un agente sensibilizante a la composición explosiva. Por ejemplo, la composición explosiva puede sensibilizarse añadiendo el agente sensibilizante al explosivo antes de mezclarlo con el agente de carga y de introducirlo en la perforación.

En algunas realizaciones, el explosivo y las partículas discretas de agente de carga pueden almacenarse antes de mezclarse en compartimentos separados de una unidad móvil de procesamiento. Por ejemplo, las partículas discretas de agente de carga pueden almacenarse en un compartimento de la unidad móvil de procesamiento normalmente reservado para comprimidos de nitrato de amonio.

En algunas realizaciones, la composición explosiva puede introducirse en la perforación mediante barrenado.

Las composiciones explosivas, de acuerdo con la invención, y sus métodos de introducción en los orificios de voladura son particularmente beneficiosos en el caso de voladuras de terreno blando y húmedo, tales como superficies

naturales. Las composiciones explosivas son, sin embargo, útiles también para aplicaciones en las que se desea minimizar los efectos de la voladura en los disparos adyacentes. Por ejemplo, las minas experimentan una sobreexcavación debida a diversos factores, tales como el levantamiento de bloques y la liberación de carga por los daños de la voladura derivados de la voladura del tiro adyacente anterior. Esta sobreexcavación puede hacer que el terreno sea menos competente y permitir que se escape alguna composición explosiva, lo que podría provocar una sobrecarga de los orificios. La consecuencia de ello es un mayor riesgo de inestabilidad de la pared, desprendimiento de rocas, dilución del mineral y un rendimiento de voladura no ideal, tal como un mayor riesgo de humo y roca volante. Una forma de reducir el riesgo de que esto ocurra es prever la última fila del disparo que bordea al siguiente disparo con una composición explosiva que tenga una energía reducida. Esto crea una grieta artificial que se controla mejor y reduce los riesgos descritos. Debido a los requisitos para un explosivo de energía reducida, la composición explosiva de la presente invención sería muy adecuada para esta aplicación. La invención también es beneficiosa cuando la mitigación de humos es importante, ya que las voladuras en las que los agentes de carga tienen un balance negativo de oxígeno normalmente producirán una cantidad mínima de humos, especialmente de humos nocivos NOx (que a menudo pueden producirse cuando la composición se sensibiliza utilizando gas nitrógeno).

A continuación se describen ejemplos de composiciones explosivas de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

Ejemplos

Ejemplo 1 - Estabilidad y resistencia al agua

Sulfato de amonio granulado y urea granulada (20 %, en peso de la composición explosiva) se mezclaron con una emulsión estándar de agua en aceite de nitrato de amonio (80%, en peso de la composición explosiva, véase la formulación a continuación en la Tabla 1) y gaseado químicamente utilizando una mezcla de solución de nitrato sódico (25 % en peso) y solución de ácido acético (50 % en peso) para preparar composiciones explosivas de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

Tabla 1. Formulación de emulsión AN estándar

Componente oxidante	94 %
Nitrato de amonio	75 %
Agua	25 %
Componente combustible	6 %
Emulsionante	15 %
Aceite mineral/ Aceite combustible	85 %

Se midieron la estabilidad y la resistencia al agua de estas composiciones explosivas y se compararon con la estabilidad y la resistencia al agua de la misma emulsión de agua en aceite, pero que se había mezclado con ANFO en una proporción de 60 y 40 % en peso, respectivamente, y gaseadas químicamente con una mezcla de solución de nitrato sódico (25 % en peso) y solución de ácido acético (50 % en peso). Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 2. Resultados de resistencia al agua y estabilidad después de 14 días para el Ejemplo 1

	ANE (60 % en peso) + ANFO (40 % en peso), sensibilizado químicamente	ANE (80 % en peso) + Urea granulada (20 % en peso), sensibilizado químicamente	ANE (80 % en peso) + Sulfato de amonio granulado (20 % en peso), sensibilizado químicamente
Hinchazón (mm)	11	8	8
Penetración (mm)	4	1	1
Estabilidad (Clasificación de varillas)	7	7,5	7

La resistencia estática al agua de cada composición explosiva se midió del siguiente modo. Se introdujeron 300 g de cada mezcla en un tarro de plástico de 500 ml, marcando con un bolígrafo el contorno de la parte superior de la composición en el exterior del tarro. A continuación, se añaden 150 ml de agua a la parte superior de la composición explosiva. Con el paso del tiempo, la composición explosiva absorbió agua, lo que provocó el hinchamiento de la mezcla. El agua también penetra en la mezcla y la mezcla cambia a un color opaco. La altura (en centímetros) a la que la mezcla se ha hinchado más allá de la línea es la hinchazón. La profundidad en centímetros a la que el agua ha penetrado en la mezcla es la penetración. La resistencia estática al agua se controló a intervalos regulares durante un periodo de 2 semanas.

La estabilidad de cada composición explosiva se midió controlando el nivel de cristalización en la emulsión en función del tiempo. Para ello, se realizó la prueba de Clasificación de varillas descrita anteriormente.

Se observaron perfeccionamientos en la resistencia al agua de las dos composiciones explosivas de acuerdo con realizaciones de la presente invención en comparación con lo estándar, indicando que las composiciones explosivas de acuerdo con la presente invención son al menos tan resistentes al agua y estables como los explosivos convencionales resistentes al agua. Las composiciones de acuerdo con la presente invención son también al menos tan estables como la composición estándar.

No se observó ningún indicio de encogimiento de los gránulos de urea y sulfato de amonio en las composiciones explosivas de acuerdo con la presente invención durante las pruebas de Clasificación de varillas a lo largo del periodo de 2 semanas.

Ejemplo 2 - Velocidad de detonación

Las pruebas de VOD se realizaron para una formulación de emulsión de nitrato de amonio estándar (100 % en peso), y se compararon con una composición de acuerdo con una realización de la presente invención (Ejemplo 2A) que contenía la misma formulación de emulsión (80 % en peso) mezclada con urea granulada (20 % en peso). Ambas mezclas se sensibilizaron químicamente añadiendo una solución de nitrito sódico al 0,03 % en peso y una solución de ácido acético al 0,03 % en peso (50 % en peso). Las mezclas se cargaron en tubos de 100 mm o 150 mm de diámetro y a continuación se describen las formulaciones y sus respectivas velocidades de detonación:

Tabla 3. Resultados VOD del Ejemplo 2

	Estándar	Ejemplo 2A
ANE (% en peso)	100	80
Comprimido de urea (% en peso)	0	20
Energía (MJ/kg)	2,7	2
VOD (tubo de 63 mm de diámetro) (m/s)	4700	4000
VOD (tubo de 100 mm de diámetro) (m/s)	4700	4600
VOD (tubo de 150 mm de diámetro) (m/s)	5100	5000

Como se puede observar, la composición explosiva de acuerdo con una realización de la presente invención tiene una energía significativamente menor y comparable, pero VOD ligeramente inferiores a las de una composición explosiva ANE estándar cuando el diámetro de carga era de 100 o 150. Como se puede observar, esta diferencia se hace mayor a menor diámetro debido a la diferencia de energía entre ambos productos (y a medida que ambos productos se acercan al diámetro crítico). Como sería de agradecer, estos datos pueden correlacionarse con que las composiciones de la presente invención tienen un levantamiento y una energía menores que las composiciones explosivas ANE estándar.

Ejemplo 3 - Mezclas aumentadas por velocidad de detonación (VOD)

Las pruebas de VOD se realizaron para una formulación estándar de emulsión de nitrato de amonio (100 % en peso), y se compararon con realizaciones de acuerdo con la presente invención.

Se preparó un lote de emulsión de nitrato de amonio (ANE) para usarlo en la preparación de mezclas de urea comprimida en emulsión (véanse las mezclas 1-4 a continuación) de acuerdo con realizaciones de la presente invención. La emulsión se preparó añadiendo una mezcla de nitrato de amonio (80% en peso) y agua (20% en peso) a una jarra de acero inoxidable de 2000 ml. La sal y el agua se calentaron a 80 °C para permitir la disolución del nitrato de amonio. En otro vaso de precipitados de acero inoxidable de 1000 ml, se añadió emulsionante a base de PIBSA (15% en peso), aceite mineral/diésel (85% en peso). Esta mezcla se calentó hasta 70 °C, donde se convirtió en un líquido monodisperso. La mezcla de combustible se agitó con una pala Jiffy de 64 mm de diámetro acoplada a un mezclador superior. La solución oxidante se añadió a la mezcla de combustible mientras se seguía agitando con el mezclador superior. La emulsión resultante tenía una proporción de oxidante/combustible de 94:6, respectivamente. Una vez añadido todo el oxidante, se había formado una emulsión de baja viscosidad. Se aplicó un refinamiento adicional que dio como resultado una emulsión de 32 Pa·s (32000 cP) cuando se utilizó un viscosímetro Brookfield a 20 rpm y con un husillo 7. El producto se enfrió antes de mezclarlo con urea.

Se realizaron cuatro mezclas de acuerdo con realizaciones de la presente invención. En la Mezcla n.º 1, la emulsión base se mezcló con urea comprimida en una proporción en peso de 60:40 hasta que el comprimido se dispersó uniformemente en la emulsión. En la Mezcla n.º 2, la emulsión base se mezcló con urea comprimida en una proporción en peso de 65:35 hasta que el comprimido se dispersó uniformemente en la emulsión. En la Mezcla n.º 3, la emulsión base se mezcló con urea comprimida en una proporción en peso de 70:30 hasta que el comprimido se dispersó uniformemente en la emulsión. En la Mezcla n.º 4, la emulsión base se mezcló con urea comprimida en una proporción en peso de 80:20 hasta que el comprimido se dispersó uniformemente en la emulsión.

Las mezclas se acidificaron con ácido acético y se añadió una solución de nitrito hasta que la mezcla alcanzó una densidad nominal de 1,10 g/cc (~0,08 % en peso de nitrito sódico de la mezcla total). El producto se cargó en tubos

de PVC de 100 mm de diámetro, 125 mm y 150 mm. El producto se inició utilizando diferentes reforzadores para probar la sensibilidad. La velocidad de detonación se midió utilizando el método punto a punto.

Los resultados se muestran en la Tabla 4 e indican que el producto detona a plena orden con un reforzador de 0,45 kg (una libra) cuando se usa emulsión, comprimido de urea y gasificación química en las cantidades divulgadas. Para todas las mezclas, la mezcla sin gas cargada en un tubo de 150 mm de diámetro no se inició con un reforzador de 0,45 kg (una libra), lo que indica que la urea no sensibiliza la ANE. Mezclas 1 y 2 detonadas ("det") con un reforzador de 50 gramos, pero no con un reforzador de 20 gramos. Mezclas 3 y 4 detonadas con un reforzador de 20 gramos, pero no con un reforzador de 10 gramos.

Tabla 4. Resultados VOD del Ejemplo 3

Mezcla n.º	Diámetro	Densidad (g/cc)	Reforzador	VOD (m/s)
1 (40 % UREA)	150 mm	1,30 Sin gas	0,45 kg (1 lb)	Fallo
1 (40 % UREA)	150 mm	1,14	0,45 kg (1 lb)	3800
1 (40 % UREA)	150 mm	1,05	0,45 kg (1 lb)	3800
1 (40 % UREA)	150 mm	1,04	0,45 kg (1 lb)	3800
1 (40 % UREA)	125 mm	1,03	0,45 kg (1 lb)	3700
1 (40 % UREA)	100 mm	1,04	0,45 kg (1 lb)	3400
1 (40 % UREA)	150 mm		20 g	Fallo
1 (40 % UREA)	150 mm		50 g	Det
2 (35 % UREA)	150 mm	1,32 Sin gas	0,45 kg (1 lb)	Fallo
2 (35 % UREA)	150 mm	1,13	0,45 kg (1 lb)	4100
2 (35 % UREA)	150 mm	1,03	0,45 kg (1 lb)	4000
2 (35 % UREA)	150 mm	1,03	0,45 kg (1 lb)	4100
2 (35 % UREA)	125 mm	1,05	0,45 kg (1 lb)	4000
2 (35 % UREA)	100 mm	1,04	0,45 kg (1 lb)	3600
2 (35 % UREA)	150 mm		20 g	Fallo
2 (35 % UREA)	150 mm		50 g	Det
3 (30 % UREA)	150 mm	1,34 Sin gas	0,45 kg (1 lb)	Fallo
3 (30 % UREA)	150 mm	1,15	0,45 kg (1 lb)	4300
3 (30 % UREA)	150 mm	1,05	0,45 kg (1 lb)	4200
3 (30 % UREA)	150 mm	1,04	0,45 kg (1 lb)	4400
3 (30 % UREA)	125 mm	1,08	0,45 kg (1 lb)	4200
3 (30 % UREA)	100 mm	1,06	0,45 kg (1 lb)	3700
3 (30 % UREA)	150 mm		20 g	Det
3 (30 % UREA)	150 mm		10 g	Fallo
4 (20 % UREA)	150 mm	1,37 Sin gas	0,45 kg (1 lb)	Fallo
4 (20 % UREA)	150 mm	1,17	0,45 kg (1 lb)	4600
4 (20 % UREA)	150 mm	1,04	0,45 kg (1 lb)	4300
4 (20 % UREA)	125 mm	1,06	0,45 kg (1 lb)	4300
4 (20 % UREA)	100 mm	1,09	0,45 kg (1 lb)	4000
4 (20 % UREA)	150 mm		20 g	Det
4 (20 % UREA)	150 mm		10 g	Fallo

Ejemplo 4 - Mitigación de humos tras la voladura

Se realizaron una serie de pruebas utilizando mezclas de acuerdo con realizaciones de la presente invención que incluyen TITAN 9000 (80 % en peso), una emulsión de nitrato de amonio disponible en el mercado y urea granulada (20% en peso) en una mina con sobrecarga blanda.

La urea granulada se cargó en el recipiente de la MPU normalmente reservado para el comprimido de AN (es decir, antes de mezclarla con la ANE TITAN 9000 y el agente sensibilizante), con el camión calibrado para tener en cuenta la ligera diferencia de densidad entre el comprimido de urea y el comprimido de AN. La urea granulada se dispersó uniformemente por toda la emulsión inmediatamente antes de su entrega a la perforación. Las composiciones explosivas se sensibilizaron químicamente utilizando una solución de nitrito sódico y una solución de ácido acético (50% en peso) hasta alcanzar una densidad de copa abierta de entre 0,9 y 1,15 g/cc.

Una primera prueba consistió en cargar 12 toneladas (aprox.) de este producto en una serie de orificios de voladura húmedos y secos, registrando los siguientes parámetros; inspección visual de la calidad del producto, tasas de gasificación, VoD y generación de humos para este producto, y comparando estos parámetros con los obtenidos utilizando las composiciones explosivas estándar utilizadas en la mina. El producto gaseado como se esperaba con VoD en el intervalo de 4300 y 4800 m/s, que es ligeramente inferior a la del explosivo estándar (4500 - 5000 m/s). No se observó ningún humo posterior a la voladura desde la sección del disparo que se cargó con ANE mezclada con urea.

Una segunda prueba consistió en cargar 60 toneladas (aprox.) de este producto en orificios de voladura que tienen una profundidad de 5 a 13 metros. Los orificios de voladura controlados por VOD eran principalmente orificios húmedos. El producto gaseado como se esperaba con VOD en el intervalo de 3900 y 4600 m/s. No se observaron humos tras la voladura.

Una tercera prueba consistió en cargar 54 toneladas (aprox.) de este producto en 145 orificios de voladura que tienen una profundidad de 16 a 19 metros. Los orificios de voladura controlados por VOD eran todos orificios secos. El producto gaseado como se esperaba con VOD en el intervalo de 3600 y 5100 m/s. No se observaron humos tras la voladura.

Una cuarta prueba consistió en cargar 54 toneladas (aprox.) de este producto en 118 orificios de voladura que tienen una profundidad de 16 a 27 metros, teniendo 22 de los orificios una profundidad de 25-27 metros. Todos los orificios de voladura medidos con VOD tenían una profundidad de 25-27 metros y eran orificios secos. El producto gaseado como se esperaba con VOD en el intervalo de 4600 y 5100 m/s. No se observaron humos tras la voladura.

Una quinta prueba consistió en cargar 70 toneladas (aprox.) de este producto en 145 orificios de voladura. Los orificios de voladura medidos con VOD tenían una profundidad de 13 a 15 metros y eran una mezcla de orificios secos y húmedos. Siete de los orificios de voladura, orificios no medidos con VOD, se cargaron con producto gaseado hasta una densidad de 0,85 g/cc. Esos orificios fueron controlados para detectar desprendimientos y no se observó ninguno. La VOD estaba en el intervalo de 5100 y 5200 m/s. No se observaron humos tras la voladura.

Estas pruebas demuestran claramente que las composiciones de acuerdo con la presente invención pueden usarse en perforaciones que no están necesariamente en terrenos blandos y húmedos, siempre que no se requiera la máxima potencia explosiva (p. ej., en situaciones previas a la división, como las que se han comentado anteriormente).

Si bien se han descrito en el presente documento realizaciones particulares de la presente invención, las realizaciones descritas deben considerarse en todos sus aspectos como únicamente ilustrativas.

En las reivindicaciones que siguen y en la descripción anterior de la invención, excepto cuando el contexto requiera lo contrario debido al lenguaje expreso o implicación necesaria, la palabra "comprender" o variaciones como "comprende" o "que comprende" se usa en un sentido inclusivo, es decir, para especificar la presencia de las características indicadas pero no para excluir la presencia o la adición de características adicionales en varias realizaciones de la invención.

Debe entenderse que cualquier publicación de la técnica anterior a la que se haga referencia en el presente documento no constituye una admisión de que la publicación forma parte del conocimiento general común en la técnica.

REIVINDICACIONES

1. Una composición explosiva para terrenos blandos y húmedos que comprende:

- 5 un explosivo que comprende un componente oxidante en una emulsión de agua en aceite o un gel de agua; y un agente de carga que comprende una sustancia combustible soluble en agua en forma de partículas sólidas discretas que tienen superficies exteriores lisas para inhibir la migración de la sustancia combustible desde las partículas discretas al componente oxidante,
caracterizada por que
 10 la composición comprende el explosivo y el agente de carga en una proporción de modo que la composición tiene un balance global negativo de oxígeno.

2. La composición explosiva de la reivindicación 1, en donde la sustancia combustible tiene un balance negativo de oxígeno.

- 15 3. La composición explosiva de una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en donde la sustancia combustible se selecciona del grupo que consiste en urea, sulfato amónico, fosfato diamónico, fosfato monoamónico, nitrato amónico cálcico, sulfato de zinc, nitrato de sulfato amónico y mezclas de los mismos.

- 20 4. La composición explosiva de la reivindicación 3, en donde el agente de carga se selecciona del grupo que consiste en urea y sulfato amónico.

5. La composición explosiva de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el agente de carga se suministra en forma de comprimidos o gránulos y/o las partículas discretas de agente de carga tienen forma redondeada y/o las partículas discretas de agente de carga tienen un tamaño medio de partícula de entre 1 mm y 4 mm.
 25

6. La composición explosiva de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde las partículas discretas de agente de carga tienen una densidad de entre 0,7 y 1,4 g/cc.

- 30 7. La composición explosiva de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde el componente oxidante comprende una solución sobresaturada de un oxidante y/o el componente oxidante comprende un oxidante que se selecciona del grupo que consiste en nitrato de amonio, nitrato sódico, nitrato de calcio, perclorato de amonio y mezclas de los mismos.

- 35 8. La composición explosiva de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde la composición comprende entre aproximadamente 50 % y aproximadamente 99 % (en peso) del explosivo y/o en donde la composición comprende entre aproximadamente 1 % y aproximadamente 50 % (en peso) del agente de carga.

- 40 9. La composición explosiva de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende además un agente sensibilizante, en donde el agente sensibilizante es un agente reductor de la densidad.

10. La composición explosiva de la reivindicación 9, en donde el agente reductor de la densidad es un agente de gasificación química.

- 45 11. La composición explosiva de la reivindicación 10, en donde el agente de gasificación química comprende una sal de un nitrito de metal alcalino y un ácido, de modo que se genere gas nitrógeno al combinarse la sal y el ácido.

12. La composición explosiva de una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11 en donde la densidad de la composición es inferior a 1,15 g/cm³.

- 50 13. Un método para suministrar una composición explosiva de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 a una perforación, comprendiendo el método:

- 55 mezclar un explosivo que comprende un componente oxidante en una emulsión de agua en aceite o un gel de agua con un agente de carga que comprende partículas discretas de una sustancia combustible y soluble en agua; formando una composición explosiva de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12; y suministrar la composición explosiva a la perforación.

- 60 14. El método de la reivindicación 13, en donde la composición se sensibiliza añadiendo un agente sensibilizante a la composición explosiva antes de que se mezcle con el agente de carga y se suministre a la perforación; y/o el explosivo y las partículas discretas de agente de carga se almacenan antes de mezclarse en compartimentos separados de una unidad móvil de procesamiento, en donde las partículas discretas de agente de carga se almacenan en un compartimento de la unidad móvil de procesamiento normalmente reservado para comprimidos de nitrato de amonio.

- 65 15. Uso de una composición explosiva de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 en un método de reducción de humos posterior a la voladura, comprendiendo el método:

suministrar una composición explosiva de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 a una perforación, en donde la composición explosiva comprende partículas discretas de una sustancia combustible soluble en agua que tiene un balance negativo de oxígeno, en donde las partículas discretas se distribuyen por una emulsión de agua en aceite o un gel de agua.