

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 979 158**

51 Int. Cl.:

F42D 1/10 (2006.01)
F42D 1/12 (2006.01)
F42D 1/24 (2006.01)
C06B 23/00 (2006.01)
E21C 41/00 (2006.01)
E21B 43/263 (2006.01)
F42D 3/00 (2006.01)
E21D 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.02.2019** **PCT/US2019/018599**
87 Fecha y número de publicación internacional: **29.08.2019** **WO19164845**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.02.2019** **E 19757903 (0)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.04.2024** **EP 3755967**

54 Título: **Emulsiones inhibidas para uso en la voladura en suelo reactivo o en condiciones de alta temperatura**

30 Prioridad:

20.02.2018 US 201862632818 P
30.11.2018 US 201862773766 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.09.2024

73 Titular/es:

DYNO NOBEL INC. (100.0%)
6440 S. Millrock Drive, Suite 150
Salt Lake City, UT 84121, US

72 Inventor/es:

NELSON, CASEY L.;
GORDON, LYNN;
HUNSAKER, DAVE y
HALANDER, JOHN B.

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 979 158 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

Emulsiones inhibidas para uso en la voladura en suelo reactivo o en condiciones de alta temperatura

5 **Solicitudes relacionadas**

Esta solicitud reivindica prioridad a la Solicitud Provisional de Estados Unidos N.º 62/632.818 presentada el 20 de febrero de 2018 y titulada "EMULSIONES INHIBIDAS PARA USO EN LA VOLADURA EN SUELO REACTIVO O EN CONDICIONES DE ALTA TEMPERATURA", y la Solicitud Provisional de EE. UU. N.º 62/773.766 presentada el 30 de noviembre de 2018 y titulada "EMULSIONES INHIBIDAS PARA USO EN LA VOLADURA EN SUELO REACTIVO O EN CONDICIONES DE ALTA TEMPERATURA".

Campo técnico

La presente divulgación se refiere en general a explosivos. Más específicamente, la presente divulgación se refiere a métodos para suministrar emulsiones inhibidas y sistemas relacionados con los mismos. En algunas realizaciones, los métodos se refieren a métodos de uso de una emulsión inhibida para volar en suelo reactivo y/o en condiciones de alta temperatura. El documento EP0895055 describe un método para evitar explosiones de polvo de sulfuro después de la voladura en operaciones de voladura que involucran minerales que contienen sulfuro. El documento US6125761 A describe un método para evitar la detonación prematura en explosivos colocados en suelo reactivo.

Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones divulgadas en el presente documento resultarán más evidentes a partir de la siguiente descripción y las reivindicaciones adjuntas, tomadas en conjunto con los dibujos adjuntos. Los dibujos representan principalmente realizaciones generalizadas, realizaciones que se describirán con especificidad y detalle adicionales en relación con los dibujos en los que:

La Figura 1 es un diagrama de flujo de proceso de una realización de un sistema para suministrar explosivos.

La Figura 2 es un diagrama de flujo de una realización de un método para suministrar una emulsión inhibida a un barreno.

La Figura 3 es un diagrama de flujo de una realización de voladura en suelo reactivo.

Descripción detallada

De acuerdo con la invención, se proporciona un método para suministrar una emulsión inhibida a un barreno con las características de la reivindicación 1. En el presente documento se divulgan composiciones explosivas para uso en suelos reactivos y/o en condiciones de alta temperatura, junto con métodos relacionados. Los explosivos se utilizan comúnmente en las industrias de la minería, de canteras y excavaciones para romper rocas y minerales. Generalmente, un orificio, conocido como "barreno", se perfora en una superficie, tal como el suelo. A continuación se puede colocar una composición explosiva en el barreno. Posteriormente, la composición explosiva puede ser detonada.

En algunas realizaciones, la composición explosiva es una emulsión o mezcla que incluye la emulsión. En algunas realizaciones, la emulsión incluye fueloil como fase continua y un oxidante como fase discontinua. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la emulsión incluye gotículas de una solución oxidante acuosa que se dispersan en una fase continua de fueloil (es decir, una emulsión de agua en aceite).

"Emulsión", tal como se utiliza en el presente documento, abarca tanto la matriz de emulsión no sensibilizada como la emulsión que ha sido sensibilizada para convertirse en emulsión explosiva. Por ejemplo, la matriz de emulsión no sensibilizada puede transportarse como oxidante Clase 5.1 de las Naciones Unidas. Los explosivos en emulsión incluyen una cantidad suficiente de agente sensibilizante para hacer que la emulsión sea detonable con detonadores estándar. La emulsión puede sensibilizarse en el lugar de la voladura o incluso en el barreno. En algunas realizaciones, el agente sensibilizante es un agente de formación de gases químico. En algunas realizaciones, el agente sensibilizante incluye microesferas huecas u otros agentes incorporadores de gas sólidos. En algunas realizaciones, el agente sensibilizante son burbujas de gas que se han introducido mecánicamente en la emulsión. La introducción de burbujas de gas en la emulsión puede disminuir la densidad de la emulsión que se proporciona al barreno.

Un peligro potencial asociado con composiciones explosivas, tales como explosivos en emulsión, es una detonación prematura. Generalmente, el material explosivo se deja en un barreno durante un período de tiempo (es decir, el "tiempo de reposo") hasta que se dispara. Dicho de manera diferente, el tiempo de reposo de un material explosivo es el tiempo entre la carga del material en el barreno y el disparo intencional del material explosivo. La detonación prematura (es decir, la detonación durante el tiempo de reposo previsto) crea riesgos importantes.

Una causa potencial de detonación prematura es la colocación de la composición explosiva en suelo reactivo. "Suelo reactivo" es el suelo que sufre una reacción exotérmica espontánea cuando entra en contacto con nitratos, tal como el nitrato de amonio. A menudo, la reacción implica la oxidación química de sulfuros (por ejemplo, sulfuro de hierro o sulfuro de cobre) por nitratos y la liberación de calor. En otras palabras, cuando una composición explosiva se coloca en suelo reactivo, los sulfuros dentro del suelo reactivo pueden reaccionar con los nitratos en la composición explosiva. La reacción de nitratos con suelos que contienen sulfuros puede dar lugar a un proceso autocatalizado que puede, después de un tiempo de inducción, provocar una descomposición exotérmica desmedida. En algunos casos, el aumento de temperatura resultante (es decir, la exotermia resultante) puede provocar una detonación prematura. Un ejemplo de suelo reactivo es el suelo que incluye pirita.

Una segunda causa potencial de detonación prematura es la temperatura elevada del suelo. Una temperatura elevada del suelo puede reducir (o proporcionar) la energía de activación necesaria para desencadenar la detonación de un explosivo. Tal como se utiliza en el presente documento, la expresión "suelo a alta temperatura" se refiere a un suelo a una temperatura de 55 °C o superior.

Adicionalmente, el suelo que se va a volar puede ser tanto suelo de alta temperatura como suelo reactivo.

Se pueden emplear varias estrategias para prevenir una exotermia y una detonación prematura. Por ejemplo, como se analiza con más detalle a continuación, la composición explosiva puede incluir un aditivo que funcione como inhibidor, tal como urea, aminas, soluciones básicas (por ejemplo, carbonato de sodio acuoso), nitrato sódico, hidrotalcita y óxido de zinc.

El inhibidor puede reducir la degradación térmica del explosivo de emulsión cuando el explosivo de emulsión está en contacto con suelo reactivo y/o suelo a una temperatura elevada. Por ejemplo, cuando el explosivo de emulsión está en contacto con suelo que contiene sulfuro, el inhibidor puede reducir la velocidad de reacción entre las sales de nitrato de la fase de oxidante discontinua y los sulfuros en el suelo reactivo. Debe entenderse que las emulsiones inhibidas divulgadas en el presente documento pueden no prevenir completamente una exotermia y la detonación prematura resultante; sin embargo, las emulsiones inhibidas divulgadas en el presente documento pueden retrasar o minimizar las exotermias y, por lo tanto, aumentar la seguridad de los explosivos y aumentar el tiempo de reposo seguro de los explosivos.

También se divulgan métodos de uso de las composiciones explosivas descritas en el presente documento. Por ejemplo, se puede usar un explosivo de emulsión descrito en el presente documento para hacer estallar en suelo reactivo y/o suelo a una temperatura elevada. Por ejemplo, un método de voladura en suelo reactivo incluye la etapa de colocar el explosivo de emulsión en suelo reactivo. Por ejemplo, el explosivo de emulsión puede cargarse en un barreno perforado dentro de suelo reactivo.

El suelo reactivo puede incluir cualquier mineral que normalmente reaccione con una o más sales de nitrato para producir una reacción exotérmica. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el suelo reactivo incluye uno o más sulfuros. Más particularmente, algunos suelos reactivos incluyen un sulfuro de hierro, tal como la pirita de hierro. El suelo puede identificarse como suelo reactivo realizando el ensayo de suelo reactivo isotérmico del Australian Explosives Industry and Safety Group Inc. (véase Australian Explosives Industry and Safety Group Inc., Code of Practice: Elevated Temperature and Reaction Ground, Marzo de 2017).

Cualquier método divulgado en el presente documento incluye una o más etapas o acciones para realizar el método descrito. Las etapas y/o acciones del método pueden intercambiarse entre sí. En otras palabras, a menos que se requiera un orden específico de etapas o acciones para el funcionamiento adecuado de la realización, el orden y/o uso de etapas y/o acciones específicas podrán ser modificados. Es más, las subrutinas o solo una parte de un método descrito en el presente documento pueden ser un método separado dentro del alcance de esta divulgación. Indicado de otra manera, algunos métodos pueden incluir solo una parte de las etapas descritas en un método más detallado.

La referencia a lo largo de la presente memoria descriptiva a "una realización" o "la realización" significa que un rasgo, estructura o característica descrita en relación con la realización está incluida en al menos una realización. De este modo, las expresiones citadas, o variaciones de las mismas, tal como se enumeran a lo largo de esta especificación no necesariamente se refieren todas a la misma realización.

Las expresiones "operativamente conectado a", "conectado a", y "acoplado con" se refieren a cualquier forma de interacción entre dos o más entidades, incluyendo interacción mecánica, eléctrica, magnética, electromagnética, fluida y térmica. Igualmente, "conectado de manera fluida con" se refiere a cualquier forma de interacción fluidica entre dos o más entidades. Dos entidades pueden estar acopladas entre sí aunque no estén en contacto directo entre sí. Por ejemplo, dos entidades pueden interactuar entre sí a través de una entidad intermedia.

El término "proximal" se utiliza en el presente documento para referirse a "cerca" o "en" el objeto divulgado. Por ejemplo, "proximal a la salida del conducto de suministro" se refiere a cerca o en una salida del conducto de suministro.

Los métodos proporcionados en este documento pueden permitir o posibilitar que un fabricante de explosivos fabrique

una única emulsión para su uso tanto en aplicaciones de suelo reactivo como de suelo no reactivo. Si la emulsión se va a utilizar en una aplicación de suelo reactivo, un usuario puede añadir una solución de inhibidor (es decir, una solución que incluye agua, un inhibidor y un modificador del punto de cristalización) a la matriz de emulsión después de la fabricación de la matriz de emulsión. Por ejemplo, el usuario puede añadir la solución de inhibidor a la emulsión durante el suministro al barreno. Por consiguiente, el tiempo de reposo en suelo reactivo de un explosivo de emulsión preparado como se divulga en el presente documento puede ser mayor que el tiempo de reposo en suelo reactivo de un explosivo de emulsión que carece de un inhibidor y un modificador del punto de cristalización.

Como se ha afirmado anteriormente, el barreno puede estar dispuesto en suelo reactivo y la emulsión puede ser una emulsión configurada o utilizada para suelo no reactivo. Un beneficio de los métodos proporcionados en este documento puede ser que la emulsión se puede adaptar al nivel de reactividad del suelo reactivo que se va a volar, ya que generalmente tiende a haber una amplia variedad de suelos reactivos. Por ejemplo, el método puede incluir la determinación de las propiedades del suelo a lo largo de la longitud o profundidad del barreno. En algunas realizaciones, se puede determinar información detallada sobre el barreno, incluyendo un perfil geológico. En determinadas realizaciones, se puede generar un perfil geológico basándose en uno o más tipos de datos geológicos. Ejemplos no limitantes de datos geológicos incluyen mineralogía (elemental y/o mineral) y temperatura. Los datos geológicos pueden determinarse directa o indirectamente a partir de fuentes tales como datos sísmicos (tales como los recibidos de uno o más geófonos u otros sensores sísmicos), datos de perforación, recortes de perforación, muestras centrales, sensores (por ejemplo, sensores de temperatura o sensores químicos acoplados al taladro), o combinaciones de los mismos. Por ejemplo, los recortes de perforación y/o las muestras de núcleos pueden analizarse mediante fluorescencia de rayos X o rayos gamma, microscopía electrónica de barrido y otras técnicas de espectroscopia y/o microscopía. Los datos geológicos pueden incluir información de forma incremental, como por ejemplo basado en pies. Un experto en la materia puede utilizar el conocimiento del perfil geológico o las propiedades del suelo para seleccionar una emulsión inhibida adaptada a las características del suelo que contiene el barreno para lograr un rendimiento óptimo del explosivo.

En el presente documento se divulgan sistemas para suministrar explosivos y métodos relacionados con los mismos. Se entenderá fácilmente que los componentes de las realizaciones como se describen generalmente a continuación e ilustradas en las Figuras del presente documento podrían disponerse y diseñarse en una amplia variedad de configuraciones diferentes. De este modo, la siguiente descripción más detallada de diversas realizaciones, como se describe a continuación y se representa en las Figuras, no pretende limitar el alcance de la divulgación, sino que es meramente representativa de varias realizaciones. Si bien los diversos aspectos de las realizaciones se presentan en los dibujos, los dibujos no están necesariamente dibujados a escala a menos que se indique específicamente.

La Figura 1 ilustra un diagrama de flujo del proceso de una realización de un sistema de suministro de explosivos 100. El sistema de suministro de explosivos 100 de la Figura 1 incluye varios componentes y materiales como se detalla a continuación. Adicionalmente, cualquier combinación de los componentes individuales puede incluir un conjunto o subconjunto para su uso en conexión con un sistema de suministro de explosivos.

En la Figura 1, el sistema de suministro de explosivos 100 incluye un primer depósito 10 configurado para almacenar un primer agente de formación de gases 11, un segundo depósito 20 configurado para almacenar un segundo agente de formación de gases 21, y un tercer depósito 30 configurado para almacenar una matriz de emulsión 31. El sistema de suministro de explosivos 100 incluye además un homogeneizador 40 configurado para mezclar la matriz de emulsión 31 y el primer agente de formación de gases 11 en un producto homogeneizado 41. En algunas realizaciones diferentes, el sistema de suministro de explosivos 100 puede no incluir el homogeneizador 40. Dicho de otra manera, el sistema de suministro de explosivos 100 puede carecer de un homogeneizador.

El primer agente de formación de gases 11 puede incluir un agente de control del pH. El agente de control del pH puede incluir un ácido. Ejemplos de ácidos incluyen, pero sin limitación, ácidos orgánicos, tales como ácido cítrico, ácido acético y ácido tartárico. Cualquier agente de control del pH conocido en la técnica y compatible con el segundo agente de formación de gases 21 y un acelerador de formación de gases, si está presente, puede ser usado. El agente de control del pH se puede disolver en una solución acuosa.

El primer depósito 10 puede configurarse además para almacenar un acelerador de formación de gases mezclado con el primer agente de formación de gases 11. El homogeneizador 40 puede configurarse para mezclar la matriz de emulsión 31 y la mezcla del acelerador de formación de gases y el primer agente de formación de gases 11 en el producto homogeneizado 41. Ejemplos de aceleradores de formación de gases incluyen, pero sin limitación, tiourea, urea, tiocianato, yoduro, cianato, acetato, ácido sulfónico y sus sales, y combinaciones de los mismos. Puede usarse cualquier acelerador de formación de gases conocido en la técnica y compatible con el primer agente de formación de gases 11 y el segundo agente de formación de gases 21. El agente de control del pH y el acelerador de la formación de gases se pueden disolver en una solución acuosa.

El segundo agente de formación de gases 21 puede incluir un agente de formación de gases químico configurado para reaccionar en la matriz de emulsión 31 y con el acelerador de formación de gases, si está presente. Ejemplos de agentes químicos de formación de gases incluyen, pero sin limitación, peróxidos como peróxido de hidrógeno, sales de nitrito inorgánico tal como nitrito de sodio, nitrosaminas tales como N,N'-dinitrosopentametilentetramina,

borohidruros de metales alcalinos tales como borohidruro de sodio y bases tales como carbonatos que incluyen carbonato de sodio. Cualquier agente de formación de gases químico conocido en la técnica y compatible con la matriz de emulsión 31 y el acelerador de formación de gases, si está presente, puede ser usado. El agente de formación de gases químico puede disolverse en una solución acuosa.

5 En algunas realizaciones, la matriz de emulsión 31 incluye una fase de combustible continua y una fase de oxidante discontinua. Se puede usar cualquier matriz de emulsión adecuada conocida en la técnica, tal como, a modo de ejemplo no limitante, TITAN® 1000 G (DYNO NOBEL®).

10 Ejemplos de la fase de combustible incluyen, pero sin limitación, combustibles líquidos como el fueloil, gasóleo, destilado, aceite de horno, queroseno, gasolina y nafta; ceras tales como cera microcristalina, cera de parafina y cera floja; aceites tales como aceites de parafina, benceno, aceites de tolueno y xileno, materiales asfálticos, aceites poliméricos tales como los polímeros de olefinas de bajo peso molecular, aceites animales, tales como aceites de pescado y otros minerales, hidrocarburo o aceites grasos; y mezclas de los mismos. Cualquier fase de combustible
15 conocida en la técnica y compatible con la fase de oxidante y un emulsionante, si está presente, puede ser usada.

La matriz de emulsión puede proporcionar al menos aproximadamente el 95 %, al menos aproximadamente el 96 %, o al menos aproximadamente el 97 % del contenido de oxígeno del producto sensibilizado.

20 Ejemplos de la fase de oxidante incluyen, pero sin limitación, sales liberadoras de oxígeno. Ejemplos de sales liberadoras de oxígeno incluyen, pero sin limitación, nitratos de metales alcalinos y alcalinotérreos, cloratos de metales alcalinos y alcalinotérreos, percloratos de metales alcalinos y alcalinotérreos, nitrato de amonio, clorato de amonio, perclorato de amonio y mezclas de los mismos, tal como una mezcla de nitrato de amonio y nitratos de sodio o calcio. Cualquier fase de oxidante conocida en la técnica y compatible con la fase de combustible y un emulsionante, si está
25 presente, puede ser usada. La fase de oxidante se puede disolver en una solución acuosa, dando como resultado una matriz de emulsión conocida en la técnica como emulsión de "agua en aceite". La fase de oxidante no puede disolverse en una solución acuosa, dando como resultado una matriz de emulsión conocida en la técnica como emulsión "fundida en aceite".

30 En algunas realizaciones, la matriz de emulsión 31 incluye además un emulsionante. Ejemplos de emulsionantes incluyen, pero sin limitación, emulsionantes a base de productos de reacción de anhídridos poli[alqu(en)il]succínicos y alquilaminas, incluidos los derivados de alcanolaminas del anhídrido poliisobutileno succínico (PiBSA). Ejemplos adicionales de emulsionantes incluyen, pero sin limitación, alcoxilatos de alcohol, alcoxilatos de fenol, poli(oxialquilen)glicoles, ésteres de ácidos grasos de poli(oxialquilen), alcoxilatos de amina, ésteres de ácidos grasos
35 de sorbitol y glicerol, sales de ácidos grasos, ésteres de sorbitano, ésteres de poli(oxialquilen)sorbitano, alcoxilatos de aminas grasas, ésteres de poli(oxialquilen)glicol, aminas de ácidos grasos, alcoxilatos de amidas de ácidos grasos, aminas grasas, aminas cuaternarias, alquinoxazolinas, alqueniloxazolinas, imidazolinas, alquilsulfonatos, alquilsulfosuccinatos, alquilarilsulfonatos, alquifosfatos, alquenilfosfatos, ésteres de fosfato, lecitina, copolímeros de poli(oxialquilen)glicol y ácido poli(12-hidroxiesteárico), 2-alquil y 2-alquenil-4,4'-bis(hidroximetil)oxazolina, monooleato
40 de sorbitano, sesquiolato de sorbitano, 2-oleil-4,4'-bis(hidroximetil)oxazolina y mezclas de los mismos. Puede usarse cualquier emulsionante conocido en la técnica y compatible con la fase de combustible y la fase de oxidante.

El sistema de suministro de explosivos 100 incluye además una primera bomba 12 configurada para bombear el primer agente de formación de gases 11. La entrada de la primera bomba 12 está conectada de manera fluida al primer
45 depósito 10. La salida de la primera bomba 12 está conectada de manera fluida al primer caudalímetro 14 configurado para medir una corriente 15 del primer agente de formación de gases 11. El primer caudalímetro 14 está conectado de manera fluida al homogeneizador 40. La corriente 15 del primer agente de formación de gases 11 puede introducirse en una corriente 35 de la matriz de emulsión 31 aguas arriba del homogeneizador 40, incluyendo antes o después, una tercera bomba 32 o, antes o después, un tercer caudalímetro 34. La corriente 15 puede introducirse a lo largo de
50 la línea central de la corriente 35. La Figura 1 ilustra el flujo de la corriente 15 del primer agente de formación de gases 11 desde el primer depósito 10, a través de la primera bomba 12 y el primer caudalímetro 14, y al interior del homogeneizador 40.

El sistema de suministro de explosivos 100 incluye además una segunda bomba 22 configurada para bombear el
55 segundo agente de formación de gases 21. La entrada de la segunda bomba 22 está conectada operativamente al segundo depósito 20. La salida de la segunda bomba 22 está conectada de manera fluida a un segundo caudalímetro 24 configurado para medir el flujo de una corriente 25 del segundo agente de formación de gases 21. El segundo caudalímetro 24 está conectado de manera fluida a una válvula 26. La válvula 26 está configurada para controlar la corriente 25 del segundo agente de formación de gases 21. La válvula 26 está conectada de manera fluida a un
60 conducto de suministro (no mostrado) proximal a la salida del conducto de suministro y proximal a la entrada de un mezclador 60. La válvula 26 puede incluir una válvula de control. Ejemplos de válvulas de control incluyen, pero sin limitación, válvulas de asiento inclinado, válvulas de globo, válvulas de mariposa y válvulas de diafragma. Puede usarse cualquier válvula conocida en la técnica y compatible con el control del flujo del segundo agente de formación de gases 21. La Figura 1 ilustra el flujo de la corriente 25 del segundo agente de formación de gases 21 desde el
65 segundo depósito 20, a través de la segunda bomba 22, el segundo caudalímetro 24, y la válvula 26, y en la corriente a 47.

El sistema de suministro de explosivos 100 incluye además la tercera bomba 32 configurada para bombear la matriz de emulsión 31. La entrada de la tercera bomba 32 está conectada de manera fluida al tercer depósito 30. La salida de la tercera bomba 32 está conectada de manera fluida al tercer caudalímetro 34 configurado para medir la corriente 35 de la matriz de emulsión 31. El tercer caudalímetro 34 está conectado de manera fluida al homogeneizador 40. La Figura 1 ilustra el flujo de la corriente 35 de la matriz de emulsión 31 desde el tercer depósito 30, a través de la tercera bomba 32 y el tercer caudalímetro 34, y al interior del homogeneizador 40.

El sistema de suministro de explosivos 100 está configurado para transportar el segundo agente de formación de gases 21 a un caudal másico inferior a aproximadamente el 5 %, inferior a aproximadamente el 4 %, inferior a aproximadamente el 2 %, o inferior a aproximadamente el 1 % de un caudal másico de la matriz de emulsión 31.

El homogeneizador 40 puede configurarse para homogeneizar la matriz de emulsión 31 al formar el producto homogeneizado 41. Como se usa en el presente documento, "homogeneizar" u "homogeneización" se refiere a reducir el tamaño de las gotículas de la fase de oxidante en la fase de combustible de una matriz de emulsión, tal como la matriz de emulsión 31. La homogeneización de la matriz de emulsión 31 aumenta la viscosidad del producto homogeneizado 41 en comparación con la matriz de emulsión 31. El homogeneizador 40 también puede configurarse para mezclar la corriente 35 de la matriz de emulsión 31 y la corriente 15 del primer agente de formación de gases 11 en el producto homogeneizado 41. La corriente 45 del producto homogeneizado 41 sale del homogeneizador 40. La presión de la corriente 35 y la corriente 15 puede proporcionar la presión para que fluya la corriente 45.

El homogeneizador 40 puede reducir el tamaño de las gotículas de la fase de oxidante introduciendo una tensión de cizallamiento en la matriz de emulsión 31 y el primer agente de formación de gases 11. El homogeneizador 40 puede incluir una válvula configurada para introducir una tensión de cizallamiento en la matriz de emulsión 31 y el primer agente de formación de gases 11. El homogeneizador 40 puede incluir además elementos de mezcla, tal como, a modo de ejemplo no limitante, mezcladores estáticos y/o mezcladores dinámicos, tales como barrenas, para mezclar la corriente 15 del primer agente de formación de gases 11 con la corriente 35 de la matriz de emulsión 31.

Homogeneizar la matriz de emulsión 31 al formar el producto homogeneizado 41 puede ser beneficioso para el producto sensibilizado 61. Por ejemplo, el tamaño reducido de las gotículas de la fase de oxidante y la mayor viscosidad del producto sensibilizado 61, en comparación con un producto sensibilizado no homogeneizado, puede mitigar la coalescencia de las burbujas de gas generadas mediante la introducción del segundo agente de formación de gases 21. Igualmente, los efectos de la presión de cabeza estática sobre la densidad de las burbujas de gas en un producto 61 sensibilizado homogeneizado se reducen en comparación con un producto sensibilizado no homogeneizado. Por tanto, la migración de burbujas de gas es menor en el producto 61 sensibilizado homogeneizado en comparación con un producto sensibilizado no homogeneizado. Como resultado, la densidad cargada del producto 61 sensibilizado homogeneizado a una profundidad particular de un barreno está más cerca de la densidad suministrada del producto sensibilizado homogeneizado 61 a esa profundidad que lo que sería el caso para la densidad cargada de un producto sensibilizado no homogeneizado transportado en su lugar. La viscosidad aumentada del producto sensibilizado homogeneizado 61 también tiende a reducir la migración del producto hacia grietas y huecos en el material circundante de un barreno, en comparación con un producto sensibilizado no homogeneizado.

El homogeneizador 40 puede no homogeneizar sustancialmente la matriz de emulsión 31. En estos casos, el homogeneizador 40 incluye elementos configurados principalmente para mezclar la corriente 35 y la corriente 15, pero no incluye elementos configurados principalmente para reducir el tamaño de las gotículas de la fase de oxidante en la matriz de emulsión 31. En dichas realizaciones, el producto sensibilizado 61 sería un producto sensibilizado no homogeneizado. "Configurado principalmente", como se utiliza en este documento, se refiere a la función principal para la que se configuró un elemento. Por ejemplo, cualquier elemento de mezcla del homogeneizador 40 puede tener algún efecto sobre el tamaño de las gotículas de la fase de oxidante, pero la función principal de los elementos mezcladores puede ser mezclar la corriente 15 y la corriente 35.

El sistema de suministro de explosivos 100 incluye además un cuarto depósito 50 configurado para almacenar un lubricante 51 y/o una solución de inhibidor 53 (que se analiza con mayor detalle a continuación) y un inyector de lubricante 52 configurado para lubricar el transporte del producto homogeneizado 41 a través del interior del conducto de suministro. El cuarto depósito 50 está conectado de manera fluida al inyector de lubricante 52. El inyector de lubricante 52 puede configurarse para inyectar un anillo del lubricante 51 y/o la solución de inhibidor 53 que rodea la corriente 45 del producto homogeneizado 41 y lubrica el flujo del producto homogeneizado 41 dentro del conducto de suministro. El lubricante 51 puede incluir agua. La solución de inhibidor 53 puede incluir agua, un inhibidor y un modificador del punto de cristalización. El homogeneizador 40 está conectado de manera fluida al inyector de lubricante 52. El inyector de lubricante 52 está conectado operativamente al conducto de suministro. La corriente 45 del producto homogeneizado 41 entra en el inyector de lubricante 52. La corriente 55 del lubricante 51 y/o la solución de inhibidor 53 sale del cuarto depósito 50 y es introducida por el inyector de lubricante 52 en la corriente 45. La corriente 55 puede inyectarse como un anillo que rodea sustancialmente radialmente la corriente 45. La corriente 47 sale del inyector de lubricante 52 e incluye la corriente 45 sustancialmente rodeada radialmente por la corriente 55. La corriente 55 del lubricante 51 y/o la solución de inhibidor 53 pueden lubricar el flujo de la corriente 45 a través del conducto de suministro.

- El anillo del lubricante 51 y/o la solución de inhibidor 53 que rodea la corriente 45 del producto homogeneizado 41 puede comprender desde aproximadamente el 1 por ciento en peso (% en peso) hasta aproximadamente el 14 % en peso del producto total (el lubricante 51 y/o solución de inhibidor 53 más el producto homogeneizado 41 y cualquier agente sensibilizante) en el barreno. En algunas realizaciones diferentes, el anillo del lubricante 51 y/o la solución de inhibidor 53 que rodea la corriente 45 del producto homogeneizado 41 puede comprender desde aproximadamente el 2 % en peso hasta aproximadamente el 12 % en peso, desde aproximadamente el 6 % en peso hasta aproximadamente el 10 % en peso, o aproximadamente el 8 % en peso del producto total en el barreno.
- El sistema de suministro de explosivos 100 incluye además un conducto de suministro. El conducto de suministro está conectado operativamente al inyector de lubricante. El conducto de suministro está configurado para transportar la corriente 47 al mezclador 60. El conducto de suministro está configurado para su inserción en un barreno.
- El sistema de suministro de explosivos 100 incluye además el mezclador 60 situado cerca de la salida del conducto de suministro. El mezclador 60 está configurado para mezclar el producto homogeneizado 41 y el lubricante 51 y/o la solución de inhibidor 53 en la corriente 47 con el segundo agente de formación de gases 21 en la corriente 25 para formar el producto sensibilizado 61 en la corriente 65. El mezclador puede incluir un mezclador estático. Un ejemplo de mezclador estático incluye, aunque sin limitación, un mezclador estático helicoidal. Se puede utilizar cualquier mezclador estático conocido en la técnica y compatible con mezclar el segundo agente de formación de gases 21, el producto homogeneizado 41 y el lubricante 51 y/o la solución de inhibidor 53.
- La corriente 15 del primer agente de formación de gases 11 no puede introducirse en la corriente 35 aguas arriba del homogeneizador 40. En lugar de ello, la corriente 15 del primer agente de formación de gases 11 puede introducirse en la corriente 45 del producto homogeneizado 41 después del homogeneizador 40 o en la corriente 47 después del inyector de lubricante 52. La corriente 15 puede inyectarse a lo largo de la línea central de la corriente 45 o la corriente 47. En estas realizaciones, el primer agente de formación de gases 11 de la corriente 15 se puede mezclar con el producto homogeneizado 41 y el segundo agente de formación de gases 25 en el mezclador 60.
- El sistema de suministro de explosivos 100 incluye además un sistema de control 70 configurado para variar el caudal de la corriente 25 con respecto al caudal de la corriente 47. El sistema de control 70 puede configurarse para variar el caudal de la corriente 25 mientras el producto sensibilizado 61 se forma y transporta continuamente al barreno. El sistema de control 70 puede configurarse para variar el caudal de la corriente 25 y al mismo tiempo variar el caudal de la corriente 15, la corriente 35, y la corriente 55 para cambiar el caudal de la corriente 47.
- El sistema de control 70 puede configurarse para variar automáticamente el caudal de la corriente 25 a medida que el barreno se llena con el producto sensibilizado 61, dependiendo de una densidad de producto sensibilizado deseada del producto sensibilizado 61 a una profundidad particular del barreno. El sistema de control 70 puede configurarse para determinar la densidad del producto sensibilizado deseada basándose en un perfil de energía explosiva deseada dentro del barreno. El sistema de control 70 puede configurarse para ajustar el caudal de la corriente 15 del primer agente de formación de gases 11 en función de la temperatura de la matriz de emulsión 31 y la velocidad de reacción deseada del segundo agente de formación de gases 21 en el producto homogeneizado 41. La temperatura de la matriz de emulsión 31 se puede medir en el tercer depósito 30. El sistema de control 70 puede configurarse para variar el caudal de la corriente 25 para mantener una densidad de producto sensibilizado deseada en función de, al menos en parte, variaciones en el caudal de la corriente 35 al homogeneizador 40.
- El sistema de control 70 incluye un ordenador (no mostrado) que incluye un procesador (no mostrado) conectado operativamente a un dispositivo de memoria (no mostrado). El dispositivo de memoria almacena programación para realizar las funciones deseadas del sistema de control 70 y el procesador implementa la programación. El sistema de control 70 se comunica con la primera bomba 12 a través de un sistema de comunicación 71. El sistema de control 70 se comunica con la segunda bomba 22 a través de un sistema de comunicación 72. El sistema de control 70 se comunica con la tercera bomba 32 a través de un sistema de comunicación 73. El sistema de control 70 se comunica con el primer caudalímetro 14 a través de un sistema de comunicación 74. El sistema de control 70 se comunica con el segundo caudalímetro 24 a través de un sistema de comunicación 75. El sistema de control 70 se comunica con el tercer caudalímetro 34 a través de un sistema de comunicación 76. El sistema de control 70 se comunica con la válvula 26 a través de un sistema de comunicación 77. El sistema de control 70 se comunica con el inyector de lubricante 52 a través de un sistema de comunicación 78. Los sistemas de comunicación 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78 pueden incluir uno o más cables y/o sistemas de comunicación inalámbricos.
- El sistema de suministro de explosivos 100 puede configurarse para suministrar una mezcla del producto sensibilizado 61 con oxidantes sólidos y combustibles líquidos adicionales. En dichas realizaciones, el conducto de suministro no puede insertarse en el barreno, pero en cambio el producto sensibilizado 61 puede mezclarse con oxidante sólido y combustible líquido adicional. La mezcla resultante se puede verter en un barreno, como por ejemplo de la descarga de un canal de barrena ubicada sobre la boca de un barreno.
- Por ejemplo, el sistema de suministro de explosivos 100 puede incluir un quinto depósito configurado para almacenar el oxidante sólido. El sistema de suministro de explosivos 100 puede incluir además un sexto depósito configurado

para almacenar un combustible líquido adicional, separado del combustible líquido que forma parte de la matriz de emulsión 31. Una tolva puede conectar operativamente el quinto depósito a un elemento mezclador, tal como una barrena. El elemento mezclador puede estar conectado de manera fluida al sexto depósito. El elemento mezclador también puede estar conectado de manera fluida a la salida del conducto de suministro configurado para formar el producto sensibilizado 61. El elemento mezclador puede configurarse para mezclar el producto sensibilizado 61 con el oxidante sólido del quinto depósito y el combustible líquido del sexto depósito. Se puede conectar un canal a la descarga del elemento mezclador y configurarlo para transportar el producto 61 sensibilizado mezclado a un barreno. Por ejemplo, el producto sensibilizado 61 se puede mezclar en una barrena con nitrato de amonio y fueloil N.º 2 para formar una mezcla de "ANFO pesado".

El sistema de suministro de explosivos 100 puede incluir depósitos adicionales para almacenar sensibilizadores sólidos y/o agentes que aumentan la energía. Estos componentes adicionales pueden mezclarse con el oxidante sólido del quinto depósito o pueden mezclarse directamente con el producto homogeneizado 41 o el producto sensibilizado 61. En algunas realizaciones, el oxidante sólido, el sensibilizador sólido y/o el agente incrementador de energía se pueden mezclar con el producto sensibilizado 61 sin la adición de ningún combustible líquido desde el sexto depósito.

Ejemplos de sensibilizadores sólidos incluyen, pero sin limitación, microglobos de vidrio o de hidrocarburo, agentes de carga celulósicos, agentes de carga minerales expandidos y similares. Ejemplos de agentes que aumentan la energía incluyen, pero sin limitación, polvos de metal, tal como el polvo de aluminio. Ejemplos del oxidante sólido incluyen, pero sin limitación, sales liberadoras de oxígeno formadas en esferas porosas, también conocido en la técnica como "prills". Ejemplos de sales liberadoras de oxígeno son las divulgadas anteriormente con respecto a la fase de oxidante de la matriz de emulsión 31. Como oxidante sólido se pueden utilizar partículas de las sales que liberan oxígeno. Puede usarse cualquier oxidante sólido conocido en la técnica y compatible con el combustible líquido. Ejemplos de combustible líquido son los divulgados anteriormente con respecto a la fase de combustible de la matriz de emulsión 31. Puede usarse cualquier combustible líquido conocido en la técnica y compatible con el oxidante sólido.

Debe entenderse que el sistema de suministro de explosivos 100 puede incluir además componentes adicionales compatibles con el suministro de explosivos.

Debe entenderse que el sistema de suministro de explosivos 100 puede modificarse para excluir componentes. Por ejemplo, el sistema de suministro de explosivos 100 puede excluir el homogeneizador 40. Por ejemplo, el sistema de suministro de explosivos 100 puede modificarse para excluir componentes no necesarios para hacer fluir las corrientes 15, 25, 35. Por ejemplo, una o más de la primera bomba 12, la segunda bomba 22, la tercera bomba 32, el primer caudalímetro 14, el segundo caudalímetro 24 y el tercer caudalímetro 34 pueden no estar presentes. Por ejemplo, en lugar de que esté presente la primera bomba 12, el sistema de suministro de explosivos 100 puede depender de la altura de presión en el primer depósito 10 para proporcionar suficiente presión para el flujo de la corriente 15 del primer agente de formación de gases 11. En otro ejemplo, el sistema de control 70 puede no estar presente y en su lugar pueden estar presentes controles manuales para controlar el flujo de las corrientes 15, 25, 35, 45.

Debe entenderse además que la Figura 1 es un diagrama de flujo de proceso y no dicta la ubicación física de ninguno de los componentes. Por ejemplo, la tercera bomba 32 puede estar ubicada internamente dentro del tercer depósito 30.

La invención está relacionada con métodos para suministrar una emulsión inhibida a un barreno. En algunas realizaciones, el método puede incluir proporcionar una emulsión que incluye una fase de oxidante discontinua y una fase de combustible continua en una unidad móvil de procesamiento. El método puede incluir proporcionar una solución de inhibidor separada que incluye agua, un inhibidor y un modificador del punto de cristalización en la unidad móvil de procesamiento. El método también puede incluir mezclar la emulsión con la solución de inhibidor en la unidad móvil de procesamiento para formar una emulsión inhibida. De manera adicional, el método puede incluir transportar la emulsión inhibida a un barreno.

En ciertas realizaciones, el método puede incluir proporcionar una emulsión que comprende una fase de oxidante discontinua y una fase de combustible continua y proporcionar una solución de inhibidor separada que comprende agua, un inhibidor y un modificador del punto de cristalización. El método puede incluir mezclar la emulsión con la solución de inhibidor para formar una emulsión inhibida y transportar la emulsión inhibida a un barreno. De manera adicional, el método puede incluir determinar si el barreno está dispuesto en suelo reactivo, suelo de alta temperatura, o ambos.

Como se ha examinado anteriormente, la emulsión y la solución de inhibidor separada pueden suministrarse en una unidad móvil de procesamiento. La emulsión se puede mezclar con la solución de inhibidor en la unidad móvil de procesamiento para formar la emulsión inhibida. De manera adicional, la emulsión inhibida puede transportarse a un barreno desde la unidad móvil de procesamiento. Proporcionar la solución de inhibidor separada puede incluir mezclar agua, el inhibidor y el modificador del punto de cristalización en la unidad móvil de procesamiento. Proporcionar la solución de inhibidor separada puede incluir la introducción de la solución de inhibidor en un depósito dispuesto en la unidad móvil de procesamiento.

En determinadas realizaciones, la emulsión y la solución de inhibidor separada pueden proporcionarse en una planta o fábrica. La emulsión se puede mezclar con la solución de inhibidor en la planta para formar la emulsión inhibida. La emulsión inhibida puede entonces proporcionarse en una unidad móvil de procesamiento. De manera adicional, la emulsión inhibida puede transportarse a continuación a un barreno desde la unidad móvil de procesamiento.

Ejemplos de inhibidores incluyen, pero sin limitación, urea, aminas, soluciones básicas (por ejemplo, carbonato de sodio acuoso), nitrato sódico, hidrotalcita y óxido de zinc. Puede usarse cualquier inhibidor conocido en la técnica y compatible con la emulsión. En algunas realizaciones, el % en peso del inhibidor en la emulsión inhibida puede ser de aproximadamente el 1 % en peso a aproximadamente el 10 % en peso, de aproximadamente el 1,5 % en peso a aproximadamente el 7,5 % en peso, de aproximadamente el 2 % en peso a aproximadamente el 5 % en peso, o de aproximadamente el 3 % en peso.

Un "modificador del punto de cristalización" como se usa en el presente documento se refiere a un agente que, cuando está en una mezcla o solución, está configurado para reducir el punto de cristalización de la mezcla o la solución. Por ejemplo, una mezcla puede tener un punto de cristalización de 18 °C, sin embargo, cuando se añade un modificador del punto de cristalización a la mezcla, el punto de cristalización de la mezcla puede disminuir a 3 °C. En algunas realizaciones, la mezcla o solución puede incluir un inhibidor (por ejemplo, urea) y el modificador del punto de cristalización puede reducir el punto de cristalización del inhibidor en la mezcla o solución de manera que la mezcla o solución no obstruya ni inhiba el flujo de una o más de las corrientes (por ejemplo, en un conducto en la unidad móvil de procesamiento). Ejemplos de modificadores del punto de cristalización incluyen, pero sin limitación, nitrato de calcio, nitrato de sodio y cloruro de calcio. Puede usarse cualquier modificador del punto de cristalización conocido en la técnica y compatible con la emulsión. En determinadas realizaciones, el % en peso del modificador del punto de cristalización en la emulsión inhibida puede ser de aproximadamente el 0,1 % en peso a aproximadamente el 8 % en peso, de aproximadamente el 0,5 % en peso a aproximadamente el 6 % en peso, de aproximadamente el 1 % en peso a aproximadamente el 5 % en peso, o de aproximadamente el 2 % en peso a aproximadamente el 4 % en peso.

La solución de inhibidor también puede incluir etilenglicol. En diversas realizaciones, el % en peso del etilenglicol en la emulsión inhibida puede ser de aproximadamente el 0,1 % en peso a aproximadamente el 1 % en peso, de aproximadamente el 0,2 % en peso a aproximadamente el 0,8 % en peso, de aproximadamente el 0,3 % en peso a aproximadamente el 0,7 % en peso, o de aproximadamente el 0,4 % en peso a aproximadamente el 0,6 % en peso. Como se ha indicado anteriormente, la solución de inhibidor también puede incluir agua. En algunas realizaciones, el % en peso del agua en la emulsión inhibida puede ser de aproximadamente el 0,5 % en peso a aproximadamente el 10 % en peso, de aproximadamente el 1 % en peso a aproximadamente el 9 % en peso, de aproximadamente el 2 % en peso a aproximadamente el 7 % en peso, o de aproximadamente el 3 % en peso a aproximadamente el 5 % en peso. Otros porcentajes en peso adecuados del inhibidor, el modificador del punto de cristalización, agua y/o etilenglicol en la emulsión inhibida también pueden estar dentro del alcance de esta divulgación.

En algunas realizaciones, agua, el inhibidor y el punto de cristalización se pueden mezclar para formar la solución de inhibidor y luego la solución de inhibidor se puede introducir en un depósito en la unidad móvil de procesamiento (por ejemplo, como el cuarto depósito 50 de la Figura 1). Dicho de otra manera, se puede introducir una solución de inhibidor premezclada en un depósito en la unidad móvil de procesamiento. En algunas realizaciones diferentes, agua, el inhibidor y el punto de cristalización se pueden mezclar para formar la solución de inhibidor dentro de un depósito dispuesto en la unidad móvil de procesamiento.

En determinadas realizaciones, la emulsión se puede suministrar incluyendo un inhibidor (por ejemplo, urea). El método puede incluir mezclar la emulsión que tiene el inhibidor con la solución de inhibidor de manera que aumente la concentración de inhibidor en la emulsión. En determinadas realizaciones, proporcionar la emulsión puede incluir proporcionar una matriz de emulsión. Dicho de otra manera, es posible que la emulsión no esté sensibilizada. El método puede incluir además introducir un agente sensibilizante (por ejemplo, un agente de formación de gases químico, microesferas huecas u otros agentes incorporadores de gas sólidos, burbujas de gas, etc.) a la matriz de emulsión para formar un explosivo de emulsión. El agente sensibilizante se puede introducir en la matriz de emulsión para formar el explosivo de emulsión antes de la introducción del explosivo de emulsión en un conducto de suministro. La unidad móvil de procesamiento puede incluir el conducto de suministro. Por ejemplo, el conducto de suministro puede ser un componente de la unidad móvil de procesamiento. En otras realizaciones, el agente sensibilizante puede introducirse en la matriz de emulsión para formar el explosivo de emulsión proximal a una salida del conducto de suministro. Por ejemplo, el agente sensibilizante puede introducirse en la matriz de emulsión en o junto a una boquilla acoplada a un extremo distal del conducto de suministro (tal como se describe anteriormente el ejemplo de sistema de suministro de explosivos 100). En diversas realizaciones, proporcionar la emulsión puede incluir proporcionar un explosivo de emulsión.

En algunas realizaciones, la emulsión (es decir, la matriz de emulsión o el explosivo de emulsión) se puede mezclar con la solución de inhibidor para formar la emulsión inhibida antes de la introducción de la emulsión inhibida en el conducto de suministro. Por ejemplo, la emulsión y la solución de inhibidor se pueden mezclar en una posición anterior a la entrada del conducto de suministro. En algunas realizaciones diferentes, la emulsión y el inhibidor se pueden introducir en el conducto de suministro y después la emulsión se puede mezclar con la solución de inhibidor para formar la emulsión inhibida. La emulsión y el inhibidor pueden mezclarse en el conducto de suministro, por ejemplo,

en una posición proximal a una salida del conducto de suministro.

En determinadas realizaciones, la emulsión se puede mezclar con la solución de inhibidor para formar la emulsión inhibida antes de la introducción de la emulsión inhibida en el homogeneizador. Por ejemplo, la emulsión y la solución de inhibidor se pueden mezclar en una posición anterior a la entrada del homogeneizador. En otras realizaciones determinadas, la emulsión y el inhibidor se pueden introducir en el homogeneizador para formar un producto homogeneizado.

El método para suministrar la emulsión inhibida al barreno también puede incluir determinar una concentración, un caudal, o ambos, de la solución de inhibidor para lograr una inhibición deseada del suelo reactivo mediante la emulsión inhibida. En algunas realizaciones, una primera porción de suelo reactivo puede tener una reactividad mayor que una segunda porción de suelo reactivo. Por consiguiente, se puede determinar que se debe usar una mayor concentración y/o caudal de la solución de inhibidor para la primera porción de suelo reactivo que para la segunda porción de suelo reactivo para inhibir o limitar la posibilidad de detonación prematura de la emulsión inhibida en el suelo reactivo. El método para suministrar la emulsión inhibida al barreno también puede incluir variar la concentración, un caudal, o ambos, de la solución de inhibidor para lograr una inhibición deseada del suelo reactivo mediante la emulsión inhibida. Por ejemplo, donde una primera porción de suelo reactivo tiene una reactividad mayor que una segunda porción de suelo reactivo, la concentración y/o el caudal de la solución de inhibidor se pueden variar (por ejemplo, aumentar) para la primera porción de suelo reactivo en comparación con la segunda porción de suelo reactivo.

En determinadas realizaciones, se puede inyectar o introducir un anillo de la solución de inhibidor en el conducto de suministro para lubricar el transporte de la emulsión a lo largo de al menos una porción del conducto de suministro. En diversas realizaciones, la solución de inhibidor puede inyectarse o introducirse en una línea central de una corriente de la emulsión (por ejemplo, dentro de al menos una porción del conducto de suministro).

Transportar la emulsión inhibida al barreno puede incluir insertar el conducto de suministro en el barreno y/o transportar la emulsión inhibida al barreno a través del conducto de suministro.

Otro aspecto de la divulgación está relacionado con métodos de voladura en suelo reactivo. En determinadas realizaciones, el método puede incluir proporcionar una emulsión que incluye una fase de oxidante discontinua y una fase de combustible continua en una unidad móvil de procesamiento. El método puede incluir proporcionar un inhibidor a la unidad móvil de procesamiento. El método también puede incluir mezclar la solución de inhibidor a una determinada concentración, caudal o ambos con la emulsión en la unidad móvil de procesamiento para formar una emulsión inhibida con suficiente inhibidor para lograr una inhibición deseada de un suelo reactivo particular por la emulsión inhibida. De manera adicional, el método puede incluir transportar la emulsión inhibida a un barreno en el suelo reactivo particular.

En diversas realizaciones, el método de voladura en suelo reactivo, suelo de alta temperatura, o ambos, pueden incluir proporcionar una emulsión que comprende una fase de oxidante discontinua y una fase de combustible continua y proporcionar un inhibidor. El método puede incluir además mezclar el inhibidor a una concentración determinada, caudal, o ambos con la emulsión para formar una emulsión inhibida con suficiente inhibidor para lograr una inhibición deseada de un suelo reactivo particular, suelo de alta temperatura, o ambos, por la emulsión inhibida. El método puede incluir transportar la emulsión inhibida a un barreno en el suelo reactivo particular, suelo de alta temperatura, o ambos. De manera adicional, el método puede incluir determinar si el suelo es suelo reactivo, suelo de alta temperatura, o ambos.

Como se ha examinado anteriormente, la emulsión y el inhibidor pueden suministrarse en una unidad móvil de procesamiento. El inhibidor se puede mezclar con la emulsión en la unidad móvil de procesamiento para formar la emulsión inhibida. De manera adicional, la emulsión inhibida puede transportarse a un barreno desde la unidad móvil de procesamiento.

En algunas realizaciones, la emulsión y el inhibidor pueden suministrarse en una planta. El inhibidor se puede mezclar con la emulsión en la planta para formar la emulsión inhibida. La emulsión inhibida puede suministrarse en una unidad móvil de procesamiento. De manera adicional, la emulsión inhibida puede transportarse a continuación a un barreno desde la unidad móvil de procesamiento.

El inhibidor puede ser un componente o ingrediente de una solución de inhibidor. Como se ha examinado anteriormente, la solución de inhibidor puede incluir agua y un modificador del punto de cristalización además del inhibidor. De manera adicional, la solución de inhibidor también puede incluir etilenglicol.

El método de voladura en suelo reactivo podrá incluir la determinación de la concentración, el caudal, o ambos, de la solución de inhibidor para lograr una inhibición deseada de un suelo reactivo particular mediante la emulsión inhibida. El método de voladura en suelo reactivo también puede incluir variar la concentración, el caudal, o ambos, de la solución de inhibidor para lograr una inhibición deseada de un suelo reactivo particular mediante la emulsión inhibida.

En algunas realizaciones, puede haber una pluralidad de barrenos. Cada uno de los barrenos puede tener un nivel

diferente de reactividad del suelo. En determinadas realizaciones, una primera porción de los barrenos (por ejemplo, un primer grupo de uno o más barrenos) puede tener un primer nivel de reactividad del suelo y una segunda porción de los barrenos (por ejemplo, un segundo grupo de uno o más barrenos) puede tener un segundo nivel de reactividad del suelo. También puede haber una tercera porción, una cuarta porción, y así sucesivamente de los barrenos. Dicho de otra manera, la pluralidad de barrenos puede formar un patrón en donde cada barreno, o cada porción de los barrenos, tiene un nivel particular o único de reactividad del suelo. El método de voladura en suelo reactivo podrá incluir la determinación de la concentración, el caudal, o ambos, de la solución de inhibidor para lograr una inhibición deseada de un suelo reactivo particular mediante la emulsión inhibida en cada uno de los barrenos o en cada una de una o más porciones de los barrenos. El método de voladura en suelo reactivo también puede incluir variar la concentración, el caudal, o ambos, de la solución de inhibidor para lograr una inhibición deseada de un suelo reactivo particular mediante la emulsión inhibida en cada uno de los barrenos o en cada una de una o más porciones de los barrenos.

Algunos métodos de voladura en suelo reactivo implican la etapa de dejar reposar la emulsión inhibida durante al menos un día, al menos dos días, al menos de dos semanas, al menos un mes, al menos dos meses o al menos tres meses. Por ejemplo, la emulsión inhibida puede reposar durante algún período de tiempo en suelo reactivo sin provocar una reacción exotérmica descontrolada que cambie significativamente la temperatura del explosivo de emulsión. Evitar tal reacción exotérmica descontrolada puede prevenir o reducir el riesgo de detonación prematura.

Una vez colocada la emulsión inhibida en el suelo reactivo, la emulsión inhibida puede detonarse en el momento deseado. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la emulsión inhibida podrá detonarse después de haberla dejado en reposo durante un período superior a tres horas, cinco horas, 12 horas, 24 horas, dos días, una semana, dos semanas, al menos un mes, al menos dos meses o al menos tres meses.

Otro aspecto de la divulgación está relacionado con una solución de inhibidor. En algunas realizaciones, la solución de inhibidor puede incluir agua, un inhibidor y un modificador del punto de cristalización. La solución de inhibidor también puede incluir etilenglicol.

El % en peso del inhibidor en la solución de inhibidor puede ser de aproximadamente el 10 % en peso a aproximadamente el 50 % en peso, de aproximadamente el 20 % en peso a aproximadamente el 50 % en peso, de aproximadamente el 30 % en peso a aproximadamente el 50 % en peso, o de aproximadamente el 40 % en peso a aproximadamente el 50 % en peso. El % en peso del modificador del punto de cristalización en la solución de inhibidor puede ser de aproximadamente el 5 % en peso a aproximadamente el 35 % en peso, de aproximadamente el 10 % en peso a aproximadamente el 30 % en peso, de aproximadamente el 12 % en peso a aproximadamente el 25 % en peso, o de aproximadamente el 14 % en peso a aproximadamente el 20 % en peso. El % en peso del agua en la solución de inhibidor puede ser de aproximadamente 15 % en peso a aproximadamente 50 % en peso, de aproximadamente el 20 % en peso a aproximadamente el 45 % en peso, de aproximadamente el 25 % en peso a aproximadamente el 42 % en peso, o de aproximadamente el 30 % en peso a aproximadamente el 40 % en peso. El % en peso del etilenglicol en la solución de inhibidor puede ser de aproximadamente el 1 % en peso a aproximadamente el 10 % en peso, de aproximadamente el 2 % en peso a aproximadamente el 8 % en peso, de aproximadamente el 4 % en peso a aproximadamente el 6 % en peso, o de aproximadamente el 5 % en peso. Otros porcentajes en peso adecuados del inhibidor, el modificador del punto de cristalización, agua y/o etilenglicol en la solución de inhibidor también pueden estar dentro del alcance de esta divulgación.

Otro aspecto de la divulgación está relacionado con un sistema de suministro de explosivos (análogo al sistema de suministro de explosivos 100 de la Figura 1). El sistema de suministro de explosivos puede incluir un depósito de emulsión (tal como el tercer depósito 30 de la Figura 1) configurado para almacenar una emulsión que incluye una fase de oxidante discontinua y una fase de combustible continua (tal como la matriz de emulsión 31 de la Figura 1). El sistema de suministro de explosivos también puede incluir un depósito de solución de inhibidor (tal como el cuarto depósito 50 de la Figura 1) configurado para almacenar una solución de inhibidor separada (tal como la solución de inhibidor 53 de la Figura 1) que incluye agua, un inhibidor y un modificador del punto de cristalización. Se puede conectar operativamente un calentador al depósito de solución de inhibidor. El calentador puede configurarse para mantener la temperatura de la solución de inhibidor de manera que la temperatura de la solución de inhibidor no caiga por debajo del punto de cristalización de la solución de inhibidor. Por ejemplo, en condiciones de clima frío, el calentador puede ayudar a mantener la solución de inhibidor a una temperatura superior al punto de cristalización de la solución de inhibidor.

El sistema de suministro de explosivos puede incluir además un inyector de solución inhibidor conectado operativamente al depósito de emulsión y al depósito de solución de inhibidor. El inyector de solución de inhibidor se puede configurar para introducir la solución de inhibidor en la emulsión. De manera adicional, un conducto de suministro puede estar conectado operativamente al inyector de solución de inhibidor. En determinadas realizaciones, el conducto de suministro se puede configurar para transportar la emulsión y la solución de inhibidor. El conducto de suministro también puede configurarse para su inserción en un barreno.

El sistema de suministro de explosivos puede incluir un mezclador (tal como el mezclador 60 de la Figura 1) dispuesto proximal a una salida del conducto de suministro. En diversas realizaciones, el mezclador puede configurarse para

mezclar la emulsión y la solución de inhibidor para formar una emulsión inhibida.

El inyector de solución de inhibidor puede ser un inyector de lubricante (tal como el inyector 52 de lubricante de la Figura 1) configurado para inyectar un anillo de la solución de inhibidor para lubricar el transporte de la matriz de emulsión a lo largo del conducto de suministro. En otras realizaciones, el inyector de solución de inhibidor puede configurarse para inyectar la solución de inhibidor en una línea central de una corriente de la matriz de emulsión dentro del conducto de suministro.

La Figura 2 es un diagrama de flujo de una realización de un método para suministrar una emulsión inhibida a un barreno. En esta realización, el método incluye proporcionar, Etapa 201, una emulsión; proporcionar, Etapa 202, una solución de inhibidor separada; y mezclar, Etapa 203, la emulsión y la solución de inhibidor separada en una emulsión inhibida. El método incluye además insertar, Etapa 204, un conducto de suministro hacia un barreno y transportar, Etapa 205, la emulsión inhibida al barreno.

La Figura 3 es un diagrama de flujo de una realización de un método de voladura en suelo reactivo. En esta realización, el método incluye proporcionar, Etapa 301, una emulsión que comprende una fase de oxidante discontinua y una fase de combustible continua en una unidad móvil de procesamiento; proporcionar, Etapa 302, un inhibidor en la unidad móvil de procesamiento; y mezclar, Etapa 303, el inhibidor a una determinada concentración, caudal o ambos con la emulsión en la unidad móvil de procesamiento para formar una emulsión inhibida con suficiente inhibidor para lograr una inhibición deseada de un suelo reactivo particular por la emulsión inhibida. El método incluye además transportar, Etapa 304, la emulsión inhibida a un barreno en el suelo reactivo particular.

EJEMPLO

El siguiente ejemplo es ilustrativo de los métodos y composiciones divulgados. A la luz de esta divulgación, los expertos en la materia reconocerán que serían posibles variaciones de este ejemplo y otros ejemplos de los métodos y composiciones divulgados sin experimentación indebida.

Ejemplo 1

Se prepararon soluciones inhibidoras que incluyen urea, nitrato de calcio y agua como se indica en la Tabla 1 a continuación. Las muestras 4 y 5 también incluían etilenglicol. Se determinó el punto de cristalización promedio (CP prom.) y la densidad de cada muestra.

TABLA 1

Muestra									
Ingrediente (% en peso)	Control	1	2	3	4	5	6	7	8
Urea	50,0	50,0	47,5	45,0	47,5	45,0	45,0	40,0	44,0
Nitrato de calcio*		15,8	15,0	14,2	15,0	14,2	17,4	19,0	17,4
Agua	50,0	33,0	36,4	39,7	31,4	34,7	36,3	39,6	37,3
Etilenglicol					5,0	5,0			-
Nitrato de amonio		1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,3	1,4	1,3
CP prom. (°C)	18	3,1	2,2	-8,8	2,9	-2,9	-7,5	-16,5	-9,1

ES 2 979 158 T3

Densidad (g/ml)	1,140	1,286	1,270	1,254	1,275	1,261	1,283	1,282	1,283
------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

	Muestra							
Ingrediente (% en peso)	9	10	11	12	13	14	15	16
Urea	46,0	42,0	44,0	45,0	46,0	44,0	45,0	42,8
Nitrato de calcio*	18,2	16,6	16,6	19,0	18,2	18,2	19,8	16,8
Agua	34,5	40,2	38,2	34,6	34,5	36,5	34,8	39,2
Etilenglicol								
Nitrato de amonio	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,3
CP prom. (°C)	-	-18,5	-9,0	-	-	-6,5	-	-13,8
Densidad (g/ml)	1,291	1,268	1,276	1,303	1,297	1,291	1,307	1,273

* El nitrato de calcio fue suministrado por YARA™

REIVINDICACIONES

1. Un método para suministrar una emulsión inhibida a un barreno, comprendiendo el método:
 - 5 proporcionar una emulsión (31) que comprende una fase de oxidante discontinua y una fase de combustible continua;
proporcionar una solución de inhibidor separada (53) que comprende agua, un inhibidor y un modificador del punto de cristalización;
determinar si el suelo en el que se encuentra un barreno es suelo reactivo, suelo de alta temperatura, o ambos;
 - 10 mezclar la emulsión (31) con la solución de inhibidor (53) para formar una emulsión inhibida, que comprende variar una concentración, un caudal, o ambos, de la solución de inhibidor para lograr una inhibición deseada del suelo mediante la emulsión inhibida; y
transportar la emulsión inhibida al barreno.
- 15 2. El método de la reivindicación 1, en donde la emulsión se suministra en una unidad móvil de procesamiento, en donde la solución de inhibidor separada (53) se suministra a la unidad móvil de procesamiento, en donde la emulsión (31) se mezcla con la solución de inhibidor (53) en la unidad móvil de procesamiento para formar la emulsión inhibida, y en donde la emulsión inhibida se transporta a un barreno desde la unidad móvil de procesamiento.
- 20 3. El método de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde proporcionar la solución de inhibidor separada (53) comprende mezclar agua en la unidad móvil de procesamiento, el inhibidor y el modificador del punto de cristalización.
4. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde proporcionar la emulsión (31) comprende proporcionar una matriz de emulsión.
- 25 5. El método de la reivindicación 4, que comprende además introducir un agente sensibilizante a la matriz de emulsión para formar un explosivo de emulsión.
6. El método de la reivindicación 5, en donde el agente sensibilizante se introduce en la matriz de emulsión para formar el explosivo de emulsión proximal a una salida de un conducto de suministro.
- 30

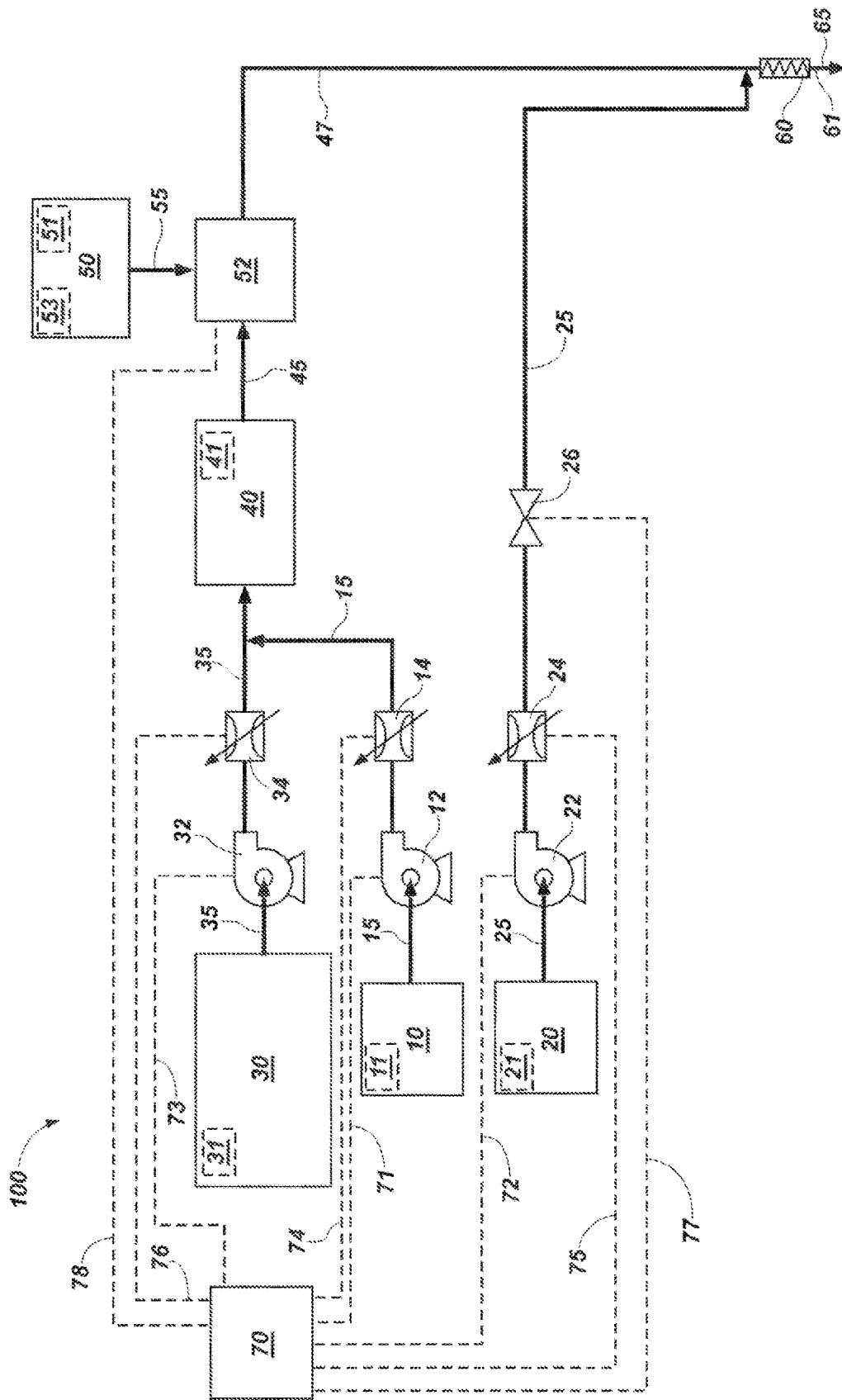


FIG. 1

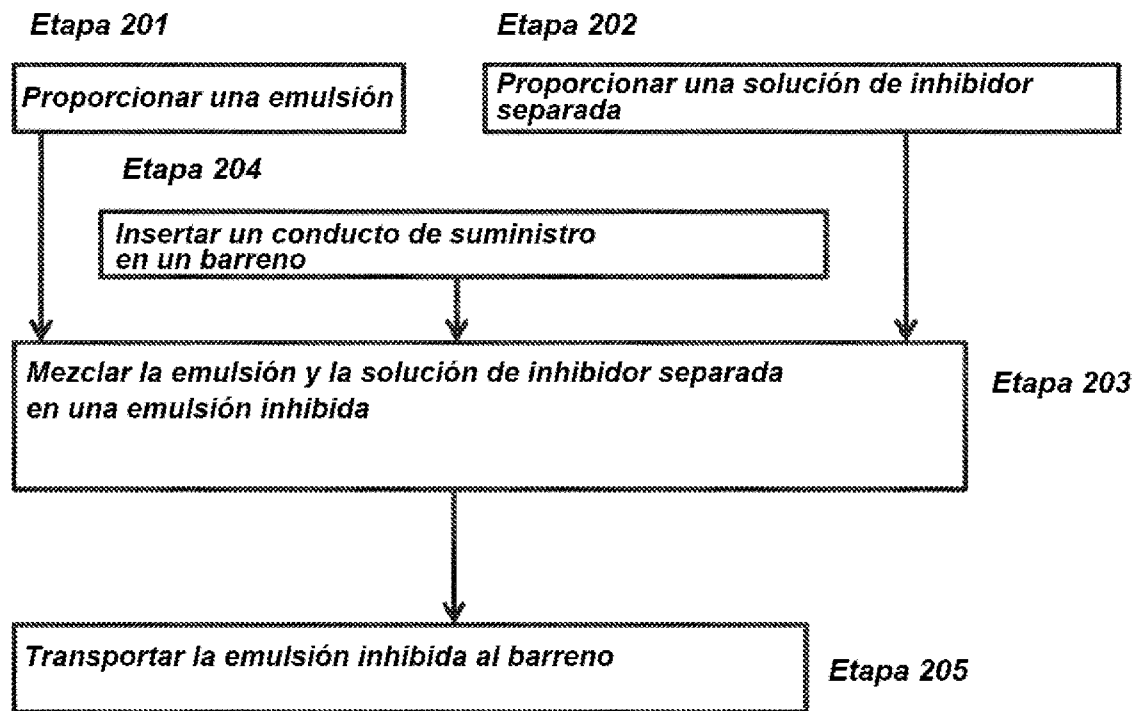


FIG. 2

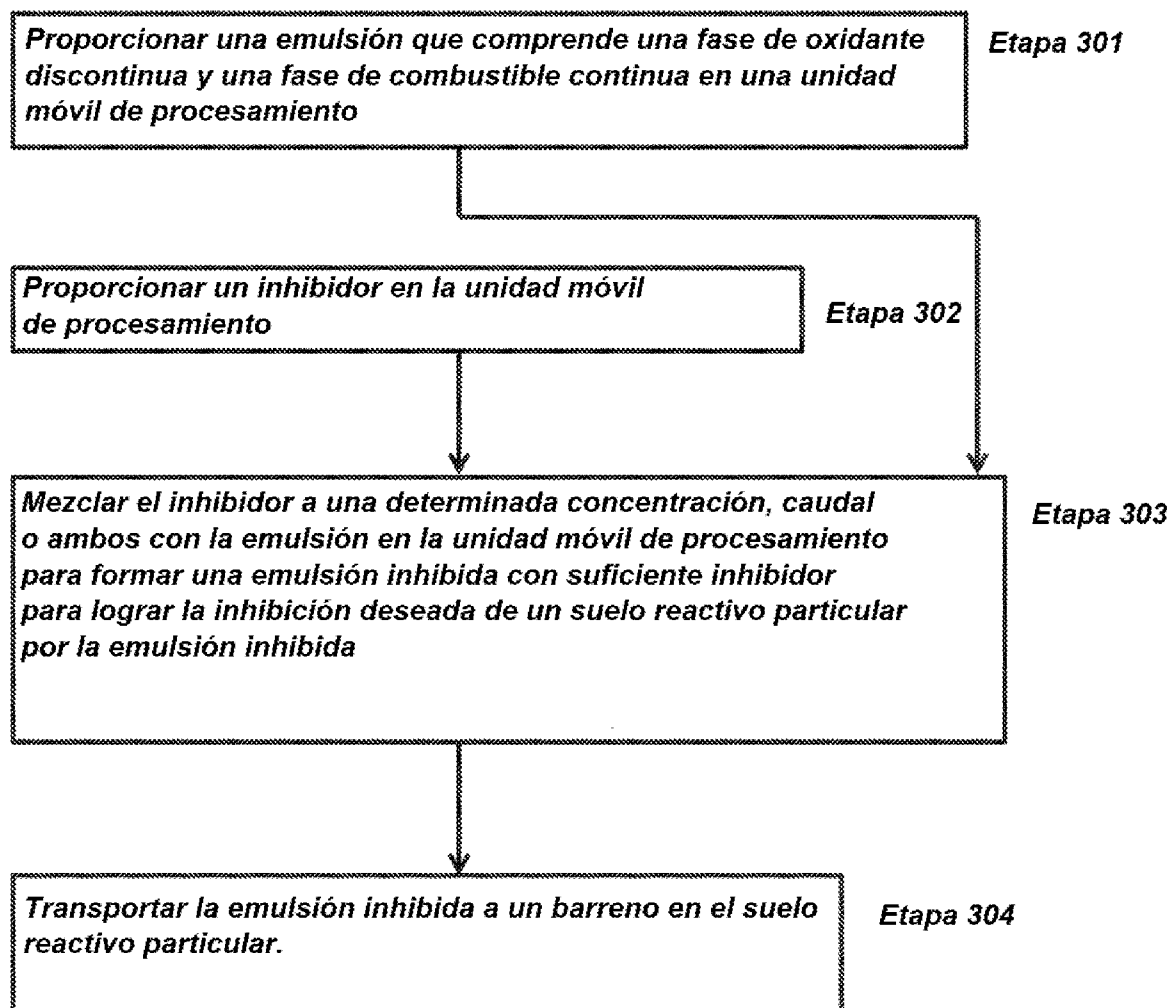


FIG. 3