(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 389 185**

(51) Int. CI.:
C06B 47/14 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Número de solicitud europea: **08774442 .1**
(96) Fecha de presentación: **27.06.2008**
(97) Número de publicación de la solicitud: **2176197**
(97) Fecha de publicación de la solicitud: **21.04.2010**

(54) Título: **Composiciones de emulsión explosiva y métodos de preparación de las mismas**

(30) Prioridad:
28.06.2007 US 770378

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
24.10.2012

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
24.10.2012

(73) Titular/es:
MAXAMCORP HOLDING, S.L. (100.0%)
AVDA. DEL PARTENÓN 16 - 5ª PL
28042 MADRID, ES

(72) Inventor/es:
LUBBE, CARL y
OLIPHANT, JOSEPH

(74) Agente/Representante:
ARIAS SANZ, Juan

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

Composiciones de emulsión explosiva y métodos de preparación de las mismas

Campo de la invención

La presente descripción se refiere a composiciones de emulsión explosiva sensibles al detonador que comprenden nitrato de hexamina y a métodos de preparación de las mismas.

Antecedentes

Los explosivos en emulsión se fabrican normalmente como una emulsión de agua en aceite a temperaturas de procedimiento de entre 40 y 100ºC. La fase acuosa (de oxidante) consiste normalmente en una disolución sobresaturada de nitrato de amonio (AN) y nitratos de metales alcalinos, tales como nitrato de sodio, nitrato de calcio, etc., u otros agentes de disminución de la temperatura de cristalización a temperaturas elevadas. La fase de oxidante cristalizará (caramelizará) si se enfría por debajo de la temperatura de sobresaturación y debe mantenerse caliente durante el procesamiento. Dependiendo de la composición de la fase de oxidante y el/los agente(s) de disminución de la temperatura de cristalización usado(s), la temperatura de cristalización de una fase de oxidante típica estará en el intervalo de 30 a 100ºC.

La fase de aceite (combustible) consiste normalmente en un aceite mineral o vegetal, al menos un tensioactivo y otros modificadores de la viscosidad, tales como ceras, aceites de alto peso molecular, etc. La fase de aceite también se mantiene caliente durante el procesamiento para impedir la cristalización prematura de la fase de oxidante. La emulsión se fabrica en una mezcladora de alta cizalladura, mediante la cual se rompe el oxidante en gotitas de tamaño micrométrico, recubiertas por la fase de aceite. Una propiedad única de los explosivos en emulsión de agua en aceite es que la fase de oxidante puede enfriarse hasta por debajo de su temperatura de sobresaturación una vez que se forma la emulsión, sin provocar que cristalicen las gotitas de oxidante. Sin embargo, el sobreenfriamiento excesivo provocará que las gotitas de oxidante cristalicen rápidamente, provocando que la emulsión se vuelva insensible como explosivo. Tal como se usa en el presente documento, las referencias a la temperatura de cristalización de la emulsión se refieren a la temperatura de cristalización de la fase de oxidante, que se refiere a la temperatura a la que comenzaría la cristalización en una disolución de nitrato de amonio y el agente de disminución de la temperatura de cristalización.

La sensibilidad de los explosivos en emulsión a la detonación por choque está determinada por el contenido en agua de la emulsión. Pueden prepararse emulsiones sensibles al detonador usando sólo nitrato de amonio y agua en la fase de oxidante, pero la temperatura de cristalización inicial (punto de caramelización) de estas disoluciones es tan alta que no puede obtenerse una vida útil de almacenamiento adecuada del producto. El problema es que las gotitas de la disolución de oxidante en la emulsión están sobreenfriadas a temperatura ambiente, y si el grado de sobreenfriamiento es demasiado alto, las gotitas cristalizarán y la emulsión se volverá insensible al detonador. Se han usado nitrato de sodio y perclorato de sodio ampliamente para disminuir el punto de caramelización para emulsiones sensibles al detonador mientras se mantiene el contenido en agua lo suficientemente bajo para mantener la sensibilidad al detonador.

Las patentes estadounidenses que describen el uso de emulsiones como explosivos y el uso de reductores del punto de caramelización incluyen la patente estadounidense número 3.447.978 que nombra a Harold F. Bluhm como inventor; EP 213 786; y las patentes estadounidenses números 4.110.134; 4.138.281; 4.149.916; y 4.149.917 que nombran a Charles G. Wade como inventor. Adicionalmente, la patente estadounidense número 5.244.475 que nombra a C. Mick Lownds y Steven C. Grow como inventores da a conocer el uso de agentes de reticulación en explosivos en emulsión.

Aunque la adición de nitrato de sodio a la disolución de oxidante disminuye la temperatura de cristalización de la emulsión, también se ha observado que el nitrato de sodio desensibiliza realmente la emulsión. Se han usado microbalones o burbujas de gas en explosivos para que actúen como “puntos calientes” durante la reacción de detonación, que se sabe que aumentan las sensibilidades de los explosivos en emulsión. En consecuencia, en emulsiones que utilizan nitrato de sodio como agente de disminución de la temperatura de cristalización, deben añadirse más microbalones o burbujas de gas como sensibilizador para mantener la sensibilidad al detonador.

Las emulsiones que usan nitrato de sodio para la disminución de la temperatura de cristalización sólo pueden prepararse a densidades inferiores a 1,22 g/cc. Las emulsiones que usan perclorato de sodio para disminuir el punto de caramelización pueden prepararse a densidades inferiores a 1,32 g/cc. Esto proporciona una velocidad de detonación superior, una densidad de energía superior en el orificio y un mejor rendimiento global. Por tanto, el perclorato de sodio ha sido el agente de disminución del punto de caramelización de elección para las emulsiones sensibles al detonador de la mejor calidad.

En los Estados Unidos, el uso de perclorato de sodio en explosivos ha sido prohibido en varios estados debido a problemas de contaminación del agua subterránea. Adicionalmente, el perclorato de sodio se ha vuelto cada vez

más caro y varios países están comenzando a poner en práctica restricciones sobre la importación y el transporte del perclorato de sodio. Por tanto, necesita encontrarse una alternativa menos cara y más conveniente mientras se conservan las ventajas del perclorato de sodio (alta velocidad de detonación, alta densidad de energía, etc.).

Posibles reductores del punto de caramelización alternativos conocidos son nitrato de sodio, nitrato de calcio, nitrato de monometilamina (MMAN) y disolución de nitrato de hexamina (HNS). Tal como se indicó anteriormente, el problema con el nitrato de sodio es que desensibiliza la emulsión, de modo que han de usarse más microbalones. El uso de microbalones adicionales aumenta los costes y disminuye el rendimiento global.

El nitrato de monometilamina es un muy buen reductor del punto de caramelización y se ha usado ampliamente en explosivos en gel acuoso sensibles a fulminante, pero no en emulsiones. Un problema con el nitrato de monometilamina es que su transporte es ilegal en los Estados Unidos. El problema es que cuando se secan los cristales de nitrato de monometilamina, se vuelven sensibles a la detonación. Por tanto, el nitrato de monometilamina debe prepararse *in situ* si va a usarse en un explosivo. Debe tenerse cuidado de que no se dejen secar pequeñas cantidades y formen cristales sensibles. Esto requiere pruebas cuidadosas de los sistemas de tuberías para detectar fugas y un diseño cuidadoso, de modo que el nitrato de monometilamina no se asiente y cristalice en ningún lugar del sistema. Además de los peligros implicados en el transporte, almacenamiento y uso del nitrato de monometilamina, también es bastante caro construir una planta que pueda preparar de manera segura nitrato de monometilamina. Una razón para tal gasto es que la monometilamina anhidra, uno de los componentes de alimentación para cualquier procedimiento para producir nitrato de monometilamina, es un gas inflamable y debe mantenerse a presión para mantenerlo en estado líquido.

El nitrato de hexamina también es un reductor del punto de caramelización y puede usarse para preparar explosivos con una buena sensibilidad y altos valores de velocidad de detonación (VDD) hasta densidades de al menos 1,35 g/cc. Sin embargo, el nitrato de hexamina tiene una desventaja principal como reductor del punto de caramelización que ha impedido hasta ahora su uso en explosivos en emulsión. A altas temperaturas, el nitrato de hexamina se descompone rápidamente en formaldehído y amoniaco, invalidando las propiedades de agente de disminución de la temperatura de cristalización de añadir nitrato de hexamina.

Sumario

La presente descripción se refiere a una composición de emulsión explosiva sensible al detonador que comprende una fase oxidante y una fase de combustible. La fase oxidante incluye una disolución sobresaturada de nitrato de amonio en agua. La fase de combustible incluye al menos un aceite y agente emulsionante suficiente para permitir la dispersión de la fase oxidante en la fase de combustible. Además de la disolución de nitrato de amonio y agua en la fase de oxidante y el aceite y los agentes emulsionantes en la fase de combustible, la composición de emulsión explosiva puede incluir uno o más de cera(s), agentes de reticulación, perlas de nitrato de amonio, aluminio, microbalones, burbujas de gas u otros componentes convencionales. Adicionalmente, la composición de emulsión explosiva de la presente descripción incluye al menos un agente de disminución de la temperatura de cristalización. El agente de disminución de la temperatura de cristalización consiste esencialmente en nitrato de hexamina.

La presente descripción se refiere además a un método de producción de una composición de emulsión explosiva sensible al detonador en un reactor. El reactor puede incluir una o más mezcladoras, combinadoras, enfriadores, calentadores, tanques u otro equipo de procedimiento que sea necesario para efectuar el método descrito en el presente documento. La composición de emulsión explosiva puede producirse añadiendo una disolución de nitrato de amonio en agua, una fase de aceite y un agente de disminución de la temperatura de cristalización a un reactor. La disolución de nitrato de amonio puede mantenerse a una temperatura de aproximadamente 90ºC o superior de modo que se evite la saturación o sobresaturación de la disolución y se impida la cristalización de la disolución de nitrato de amonio antes de alcanzar el reactor. La disolución de nitrato de amonio, la fase de aceite y el agente de disminución de la temperatura de cristalización se mezclan en el reactor para formar una emulsión de agua en aceite. El reactor se mantiene a una temperatura de aproximadamente 90ºC o más durante menos de aproximadamente 24 horas tras añadir el agente de disminución de la temperatura de cristalización al reactor. Más preferiblemente, el reactor se mantiene a una temperatura de aproximadamente 90ºC o más durante menos de aproximadamente 12 horas, e incluso más preferiblemente durante menos de aproximadamente 1 hora.

El método descrito anteriormente puede llevarse a cabo en una variedad de configuraciones de puesta en práctica, incluyendo configuraciones de procedimiento discontinuo y de procedimiento continuo. Por ejemplo, el reactor puede comprender un reactor de procedimiento discontinuo. La disolución de nitrato de amonio, la fase de aceite y el agente de disminución de la temperatura de cristalización pueden añadirse al reactor de procedimiento discontinuo en cualquier orden y mezclarse para formar la composición de emulsión explosiva. De manera similar, el reactor puede comprender un reactor de procedimiento continuo, que incluye al menos una mezcladora de emulsión adaptada para mezclar la disolución de nitrato de amonio y la fase de aceite. En algunas puestas en práctica, puede encontrarse que es ventajoso almacenar la disolución de nitrato de amonio, la fase de aceite y el agente de disminución de la temperatura de cristalización por separado antes de combinarse en la mezcladora de emulsión y/o antes de entrar en la mezcladora de emulsión para formar una corriente de alimentación hacia la mezcladora de emulsión.

Estas y otras características y ventajas de la presente descripción resultarán más completamente evidentes a partir de la siguiente descripción o pueden aprenderse mediante la puesta en práctica de los métodos tal como se exponen a continuación en el presente documento.

Breve descripción de los dibujos

Con el fin de que se entienda más fácilmente la manera en la que se obtienen las características y ventajas mencionadas anteriormente y otras de la presente descripción, se dará una descripción más particular de las presentes composiciones y métodos descritos anteriormente de manera resumida en referencia a realizaciones específicas de los mismos que se ilustran en los dibujos adjuntos. Entendiendo que estos dibujos representan sólo realizaciones típicas de los métodos y que no se consideran por tanto limitativos de su alcance, los presentes métodos y composiciones se describirán y explicarán con especificidad y detalle adicionales a través del uso de los dibujos adjuntos en los que:

la figura 1 es un diagrama de procedimiento esquemático que ilustra un método de producción de las composiciones de emulsión explosiva de la presente descripción;

la figura 2 es una diagrama de flujo esquemático que ilustra un procedimiento discontinuo a modo de ejemplo para producir composiciones de emulsión explosiva; y

la figura 3 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra un procedimiento continuo a modo de ejemplo para producir composiciones de emulsión explosiva.

Descripción detallada

Las realizaciones preferidas actualmente se entenderán de la mejor manera mediante referencia a los dibujos. Se entenderá fácilmente que los componentes, tal como se describen e ilustran en general en las figuras en el presente documento, podrían disponerse y diseñarse en una amplia variedad de configuraciones diferentes. Por tanto, la siguiente descripción más detallada de métodos para producir composiciones de emulsión explosiva, tal como se representan en las figuras 1 a 3, no pretende limitar el alcance de la presente descripción, sino que es simplemente representativa de realizaciones preferidas actualmente.

La figura 1 ilustra un diagrama de flujo de procedimiento esquemático de un método 10 de producción de una composición de emulsión explosiva sensible al detonador. En su descripción más básica, los métodos de producción de emulsiones explosivas dentro del alcance de la presente descripción incluyen una fuente de oxidante 12, una fuente de combustible 14 y una fuente de agente de disminución de la temperatura de cristalización 16, cuyos contenidos se alimentan en un reactor 18 en el que se mezclan para formar una emulsión 64. Adicionalmente, una o más fuentes de componentes complementarios 20 pueden proporcionar componentes adicionales al reactor 18 para modificar una o más características del explosivo en emulsión. La emulsión 64 producida en el reactor 18 sale del reactor y se envasa, se almacena o se procesa de otra manera en el procesador de acabado 22 para su uso como una composición de explosivo en emulsión sensible al detonador. En algunas puestas en práctica, el procedimiento desde la introducción del agente de disminución de la temperatura de cristalización en el reactor hasta el envasado de la composición de explosivo en emulsión puede durar menos de aproximadamente 24 horas, menos de aproximadamente 12 horas o más preferiblemente menos de aproximadamente 1 hora. En otras puestas en práctica, el procedimiento puede producir una composición de explosivo en emulsión estabilizada en menos de aproximadamente 24 horas, menos de aproximadamente 12 horas o menos de aproximadamente 1 hora mientras que la etapa de envasado puede producirse más tarde.

La fuente de oxidante 12 puede adaptarse para almacenar o contener una fase oxidante 24 para alimentarse al reactor 18 por medio de la corriente de alimentación de oxidante 26. La configuración de la fuente de oxidante 12 puede variar dependiendo de la composición de la fase oxidante 24 y la manera en la que la fase oxidante se alimenta al reactor 18. Por ejemplo, la fuente de oxidante 12 puede estar provista de una mezcladora 44. Adicional o alternativamente, la fase de oxidante 24 puede cristalizar a temperaturas ambiente y la fuente de oxidante 12 puede incluir un calentador y/o otros elementos de control de la temperatura para mantener la fase de oxidante 24 por encima de su temperatura de cristalización. De manera similar, las otras fuentes, tales como la fuente de combustible 14, la fuente de agente de disminución de la temperatura de cristalización 16 y las fuentes de componentes complementarios 20, pueden incluir calentadores, mezcladoras 44 y/u otros componentes adecuados para el mantenimiento del componente almacenado en una forma y estado adecuados.

Una fase de oxidante 24 a modo de ejemplo incluye una disolución de nitrato de amonio que comprende aproximadamente el 87,5% de nitrato de amonio y aproximadamente el 12,5% de agua. Pueden usarse otras concentraciones de disolución de nitrato de amonio como la fase de oxidante. De manera similar, la fase oxidante 24 puede incluir otros componentes, componentes que preferiblemente no se ven afectados negativamente por las condiciones de la fuente de oxidante 12 y componentes que preferiblemente no afectan negativamente a la capacidad de la fase de oxidante de alimentarse al reactor como una corriente fluida. Se ha encontrado que la fase

oxidante 87,5/12,5 a modo de ejemplo tiene una temperatura de cristalización de aproximadamente 85ºC. En consecuencia, una fuente de oxidante 12 adaptada para almacenar una fase oxidante 24 que comprende la disolución de nitrato de amonio a modo de ejemplo puede incluir un montaje de calentador adaptado para controlar la temperatura de la fase oxidante 24 hasta por encima de 85ºC y preferiblemente a aproximadamente 95ºC. Se conocen bien el nitrato de amonio y las disoluciones de nitrato de amonio y su uso en explosivos está bien documentado de manera similar. Tal como se sugiere, la fase oxidante 24 puede incluir cualquier concentración adecuada de disolución de nitrato de amonio o disolución preparada a partir de nitrato de amonio mezclado con otras sales de nitrato tales como nitrato de potasio, nitrato de sodio, nitrato de calcio, etc., y puede formarse de cualquier manera adecuada.

La fuente de combustible 14, similar a la fuente de oxidante 12, puede adaptarse para almacenar y/o suministrar una fase de combustible 28 para alimentarse al reactor 18 por medio de la corriente de alimentación de combustible 30. Tal como se entiende comúnmente, la fase de combustible 28 para una emulsión explosiva de agua en aceite incluye normalmente al menos un aceite mineral o vegetal 32. La fase de combustible 28 también puede contener uno o más agentes emulsionantes 34 y/o modificadores de la viscosidad 36. La razón de aceite 32 con respecto a agentes emulsionantes 34 y/o modificadores de la viscosidad 36 puede variar dependiendo del resto de los componentes en el explosivo en emulsión y/o el uso pretendido de los explosivos en emulsión que están fabricándose. Se proporcionarán a continuación razones a modo de ejemplo, aunque pueden ponerse en práctica otras razones según el entendimiento desarrollado a partir de la presente descripción.

Continuando con la discusión del diagrama de flujo de procedimiento esquemático de la figura 1, la fuente de agente de disminución de la temperatura de cristalización 16 es representativa de los diversos montajes de procedimiento que pueden usarse para suministrar agente(s) de disminución de la temperatura de cristalización 38 al reactor 18. Tal como se usa en el presente documento, el agente de disminución de la temperatura de cristalización 38 también puede denominarse agente de disminución del punto de caramelización 38. Aunque se han usado varios agentes de disminución del punto de caramelización en explosivos en emulsión anteriores, el presente agente de disminución del punto de caramelización consiste esencialmente en una disolución de nitrato de hexamina. Otras disoluciones de amina adecuadas que no forman parte de la invención pueden incluir urea y mono, di y trietanolamina. Otras disoluciones de nitrato de amina adecuadas que no forman parte de la invención pueden incluir nitrato de urea y nitratos de etanolamina. El agente de disminución de la temperatura de cristalización 38 puede alimentarse al reactor 18 mediante la corriente de alimentación de agente de disminución 40.

Tal como se ilustra en la figura 1, la corriente de alimentación de oxidante 26, la corriente de alimentación de combustible 30 y la corriente de alimentación de agente de disminución 40 incluyen cada una una bomba 42 en la corriente. Las bombas 42 son ilustrativas de la variedad de equipos que puede incluirse en las corrientes de alimentación y/o en las fuentes de componentes 12, 14, 16, 20 para facilitar los métodos descritos en el presente documento.

Desde hace muchos años se conocen explosivos en emulsión sensibles al detonador. Tal como se describió anteriormente, los componentes básicos de nitrato de amonio y una fuente de combustible se han complementado a lo largo de los años mediante una variedad de otros componentes que proporcionan una variedad de beneficios a las emulsiones. La fuente de componentes complementarios 20 en la figura 1 representa los numerosos aparatos que pueden usarse para introducir uno o más componentes complementarios 50 al reactor 18 por medio de la(s) corriente(s) de alimentación complementaria(s) 48. Los componentes complementarios 46 a modo de ejemplo pueden incluir nitrato de amonio en forma de perla (perlas) 52, aluminio 54 y microbalones 56.

Tal como se observará en la discusión a continuación de las figuras 2 y 3, el reactor 18 puede configurarse en una variedad de maneras adecuadas para incorporar una variedad de equipos de procedimiento 58. La representación esquemática de la figura 1 ilustra que el reactor 18 incluye cualquier configuración adecuada que combine la fase de oxidante 22, la fase de combustible 28 y el agente de disminución de la cristalización 38 para producir un explosivo en emulsión sensible al detonador tal como se describe en el presente documento. De manera similar, el procesador de acabado 22 es ilustrativo y representativo de la variedad de equipos de procedimiento que puede utilizarse para envasar, almacenar, transportar, etc. la composición de emulsión acabada.

Tal como se introdujo anteriormente, el agente de disminución de la temperatura de cristalización 38 consiste esencialmente en una disolución de nitrato de hexamina. La disolución de nitrato de hexamina puede fabricarse combinando hexamina y ácido nítrico en agua. La disolución de nitrato de hexamina puede fabricarse en cualquier concentración y puede usarse una variedad de concentraciones adecuadas dentro del alcance de la presente descripción. Una disolución de nitrato de hexamina a modo de ejemplo incluye el 61,4% de nitrato de hexamina en agua.

Una disolución de nitrato de hexamina que tiene el 61,4% de nitrato de hexamina puede fabricarse añadiendo agua en un reactor, que puede ser la fuente de agente de disminución de la temperatura de cristalización 16 u otro reactor que alimente en la fuente de agente de disminución de la temperatura de cristalización 16. Entonces se añade hexamina al agua mientras se agita y se enfría la reacción. Entonces puede añadirse ácido nítrico lentamente mientras se continúa agitando y enfriando la reacción para mantener la temperatura por debajo de aproximadamente

50ºC. Entonces se enfría la reacción hasta aproximadamente 25ºC para su almacenamiento y uso, tal como en la fuente de agente de disminución de la temperatura de cristalización 16. Para proporcionar una disolución de nitrato de hexamina que tenga el 61,4% de nitrato de hexamina, la hexamina y el ácido nítrico pueden añadirse al agua para producir una composición en peso final del 30,4 por ciento en peso de agua, el 43,9 por ciento en peso de hexamina y el 25,7 por ciento en peso de ácido nítrico (68%). La disolución de nitrato de hexamina final (61,4%) a 25ºC puede tener una densidad de 1,240 ± 0,005 g/cc y un pH de desde aproximadamente 2,5 hasta aproximadamente 7,0. Las disoluciones de nitrato de hexamina de diferentes concentraciones pueden tener diferentes propiedades. Por ejemplo, densidades entre aproximadamente 1,1 g/cc y aproximadamente 1,4 g/cc están dentro del alcance de la presente descripción.

A altas temperaturas, la disolución de nitrato de hexamina tiende a descomponerse en gases de amoniaco y formaldehído. Además del olor del amoniaco y/o del formaldehído que puede estar presente cuando la disolución de nitrato de hexamina ha comenzado a descomponerse, la descomposición también puede observarse por un aumento en el pH de la disolución. En consecuencia, el pH de la disolución de nitrato de hexamina puede monitorizarse en la fuente de agente de disminución de la temperatura de cristalización 16 para monitorizar la calidad del agente de disminución de la temperatura de cristalización 38 que está alimentándose al reactor 18. Los agentes de disminución de la temperatura de cristalización de diferentes composiciones pueden tener diferentes temperaturas a las que comienza la descomposición y pueden dar como resultado diferentes productos de descomposición, pero pueden monitorizarse similares características y/o propiedades para los diferentes agentes de disminución de la temperatura de cristalización dentro del alcance de la presente descripción. Se ha observado que la disolución de nitrato de hexamina a modo de ejemplo tiene una temperatura de cristalización entre aproximadamente 5ºC y aproximadamente 10ºC; se ha observado que la descomposición comienza a temperaturas por encima de aproximadamente 30ºC. Por tanto, la disolución de nitrato de hexamina (61,4%) puede almacenarse preferiblemente a temperaturas entre aproximadamente 10ºC y aproximadamente 30ºC para evitar la cristalización y la descomposición. En consecuencia, la fuente de agente de disminución de la temperatura de cristalización 16 puede adaptarse para mantener el agente de disminución 38 dentro de su intervalo de temperatura.

Se usan explosivos en emulsión sensibles al detonador en una variedad de aplicaciones y la composición de los explosivos en emulsión puede variar para adecuarse a las aplicaciones deseadas. Las variaciones a modo de ejemplo de la composición de explosivo en emulsión pueden incluir variar la presencia y/o la concentración de uno o más de los componentes complementarios. Por ejemplo, una composición de explosivo en emulsión adecuada puede incluir una composición sin componentes complementarios tales como aluminio y nitrato de amonio en perlas. Una composición de este tipo puede ser útil en aplicaciones para proporcionar un explosivo de energía inferior, de bajo coste para su uso en todos los diámetros de aplicación (por ejemplo, diámetros de 1'' a 3,5''). Los usos a modo de ejemplo de esta composición de "baja energía" pueden incluir su uso como un detonador auxiliar de ANFO y en voladuras generales en las que se requiere alta VDD pero no se requiere una energía total alta. Adicionalmente, puede producirse una composición de "alta energía, diámetro pequeño" añadiendo el 6,0% de aluminio a la composición y variando algunas de las otras concentraciones en consecuencia. Todavía adicionalmente, puede producirse una composición de "alta energía, diámetro grande" añadiendo el 5,9% de aluminio y el 15% de perlas de nitrato de amonio. Se muestran concentraciones a modo de ejemplo de los diversos componentes en la siguiente tabla para cada una de las composiciones a modo de ejemplo descritas anteriormente:

	Baja energía % p/p	Alta energía, diámetro pequeño % p/p	Alta energía, diámetro grande % p/p	Composiciones a modo de ejemplo % p/p
AN (en disolución)	75,91	70,27	59,70	50-80
AN (perlas)	0,0	0,0	15,00	0-30
Nitrato de hexamina	4,62	4,59	3,65	0,1-10,0
Emulsionante	1,76	2,00	1,39	1-3
Cera	2,00	2,00	1,58	1-3
Aceite mineral	0,16	0,0	0,16	0,0-5,0
Aluminio	0,0	6,00	6,00	0-10
Agua	13,75	13,14	10,72	5-15
Microbalones	1,80	2,00	1,80	1-5
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Energía total	749 cal/g	983 cal/g	1019 cal/g	600-1200 cal/g
Equilibrio de oxígeno	-0,34%	-6,84%	-2,77%	-10% - +1%
Densidad	1,25	1,25	1,25	1,0-1,4
Punto de caramelización	< 80ºC	< 80ºC	< 80ºC	< 80ºC

Las concentraciones adecuadas pueden incluir composiciones que tienen concentraciones dentro de los intervalos identificados en la cuarta columna de la tabla anterior.

Los agentes de disminución de la temperatura de cristalización 38 se usan principalmente para disminuir la temperatura de cristalización o punto de caramelización de la fase de oxidante 24. Históricamente, los agentes de disminución de la temperatura de cristalización se almacenaban junto con la fase de oxidante, tal como en disolución con la misma, y se alimentaban al reactor de emulsión 18 juntos. Sin embargo, la disolución de nitrato de amonio usada en la fase oxidante 24 se almacena generalmente a elevadas temperaturas para evitar la cristalización. Por ejemplo, se ha observado que la disolución de nitrato de amonio (87,5%) a modo de ejemplo tiene una temperatura de cristalización de aproximadamente 85ºC y por tanto se almacena generalmente a temperaturas superiores a aproximadamente 90ºC. Debido a la descomposición de los agentes de disminución de la temperatura de cristalización de la presente descripción, los métodos de la presente descripción almacenan el agente de disminución de la temperatura de cristalización 38 separado de la fase de oxidante 24 hasta que se añade al reactor 18 para incorporarse en la composición de explosivo en emulsión. En consecuencia, se reduce la cantidad de tiempo durante el que el agente de disminución de la temperatura de cristalización se mantiene a una temperatura elevada, minimizando de ese modo la descomposición del agente de disminución del punto de caramelización y conservando su funcionalidad durante la vida útil de almacenamiento de la composición de emulsión explosiva.

Las composiciones de explosivo en emulsión se evalúan generalmente para determinar sus propiedades explosivas (por ejemplo, energía total, velocidad de detonación, sensibilidad a la detonación, etc.) y también para determinar su vida útil de almacenamiento (por ejemplo, flexibilidad de las condiciones de almacenamiento y conservación de las propiedades explosivas a lo largo del tiempo). Una composición particular puede tener propiedades explosivas ideales pero características de vida útil de almacenamiento muy malas que la hacen prácticamente inadecuada para su uso común. Tal como se discutió anteriormente, se ha observado que las composiciones de explosivo en emulsión mantienen sus propiedades explosivas a temperaturas inferiores a la temperatura de cristalización de la disolución de nitrato de amonio una vez que se ha formado la emulsión. Sin embargo, sin agentes de disminución del punto de caramelización 38 en la composición de emulsión, las composiciones se sobreenfrían hasta un grado mayor en condiciones de almacenamiento normales (por ejemplo, condiciones de temperatura ambiente) que las composiciones con agentes de disminución del punto de caramelización. Esto provoca una vida útil de almacenamiento bastante corta, debido al menos en parte a la diferencia entre el punto de caramelización de la disolución de nitrato de amonio (aproximadamente 85ºC) y la temperatura de almacenamiento (aproximadamente 25ºC).

Históricamente, se ha observado que los agentes de disminución del punto de caramelización útiles, tales como perclorato de sodio, reducen el punto de caramelización de la emulsión explosiva hasta aproximadamente 80ºC, lo que da como resultado una vida útil de almacenamiento prolongada en condiciones de almacenamiento normales. Cuando se añade el agente de disminución de la temperatura de cristalización a modo de ejemplo de la presente descripción, disolución de nitrato de hexamina (61,4%), a la composición de explosivo en emulsión, se observa que el punto de caramelización de la fase de oxidante es de aproximadamente 75ºC. Se cree que otros agentes de disminución de la temperatura de cristalización de la presente descripción que no forman parte de la presente invención reducen de manera similar el punto de caramelización de la fase de oxidante. Dependiendo de la naturaleza del agente de disminución de la temperatura de cristalización usado, puede variar la cantidad de agente de disminución 38 usado en relación con los componentes restantes. En consecuencia, la razón de agente de disminución de la temperatura de cristalización puede variar en las composiciones dentro del alcance de la presente descripción pero será suficiente para producir una temperatura de cristalización inferior a aproximadamente 80ºC.

Sin desear restringirse por la teoría, actualmente se cree que las composiciones a modo de ejemplo descritas anteriormente tendrán una vida útil de almacenamiento de un año o más sin reducción significativa de las propiedades explosivas de la composición de emulsión explosiva. Por ejemplo, las composiciones dentro del alcance de la presente descripción pueden mostrar menos de un 10% de reducción en la velocidad de detonación medida tras su almacenamiento durante un año. Adicional o alternativamente, las composiciones según la presente descripción pueden mantener más del 90% de la energía total tras su almacenamiento durante un año. Por ejemplo, se ha observado que si la disolución de nitrato de hexamina se deja en una disolución de nitrato de amonio a temperaturas superiores a aproximadamente 90ºC durante más de 24 horas, el nitrato de hexamina se descompone casi completamente obviando de ese modo cualquier disminución de la temperatura de cristalización que pueda haberse pretendido mediante la adición de la disolución de nitrato de hexamina. Los explosivos preparados a partir de tales disoluciones ya no son sensibles a la detonación y/o no pueden propagar una onda de detonación dentro de un detonador auxiliar.

Mientras que los agentes de disminución de la temperatura de cristalización mencionados en la presente descripción pueden añadirse a las composiciones de emulsión explosiva sin afectar negativamente a las propiedades explosivas de la composición y mientras que se conservan y/o se mejoran las propiedades de vida útil de almacenamiento, se sabe que algunas disoluciones de amina y disoluciones de nitrato de amina añaden un valor de combustible a la fase de oxidante 24. Los explosivos en emulsión tienen óptimamente un equilibrio de oxígeno cero de modo que los productos tras la detonación tendrán poco o nada de carbono u oxígeno en exceso. Por tanto, la razón de componentes oxidantes con respecto a componentes de combustible se varía para lograr el equilibrio de oxígeno deseado. El nitrato de amonio tiene un equilibrio de oxígeno positivo del +20% mientras que los aceites y las ceras de la fase de combustible tienen generalmente equilibrios de oxígeno negativos en el intervalo del -300% al -350%.

En consecuencia, la razón de nitrato de amonio con respecto a fase de combustible está generalmente en gran parte a favor del nitrato de amonio.

Sin embargo, las disoluciones de amina y las disoluciones de nitrato de amina adecuadas para uso en los presentes métodos tienen también un equilibrio de oxígeno negativo, tal como el -48% para disoluciones de nitrato de hexamina, lo que requiere el ajuste hasta la razón de fase de oxidante con respecto a fase de combustible en comparación con composiciones de emulsión explosiva convencionales. Sin embargo, si la razón de fase de combustible con respecto a fase de oxidante baja demasiado, aumenta la viscosidad de la emulsión y puede hacerse tan alta que el producto no pueda bombearse o envasarse de manera conveniente. Se ha usado nitrato de hexamina en explosivos a base de agua en el pasado sin enfrentarse a este problema de viscosidad porque la fase continua en geles acuosos es la fase de oxidante y la razón de fase de oxidante con respecto a fase de combustible puede aumentarse sin aumentar la viscosidad del gel acuoso.

Tal como se observa en la tabla anterior que muestra concentraciones ilustrativas de los diversos componentes en las presentes emulsiones, la concentración de disolución de nitrato de hexamina es bastante baja (3-5%) en comparación con la concentración de agentes de disminución del punto de caramelización convencionales, tales como perclorato de sodio, que pueden aproximarse con regularidad al 10%. Mientras que una variedad de disoluciones de amina y disoluciones de nitrato de amina están adecuadamente dentro del alcance de la presente descripción, debe considerarse el equilibrio de oxígeno de las disoluciones en la determinación de la idoneidad de la disolución y en la determinación de la concentración de la disolución en la composición de explosivo en emulsión final.

Las composiciones de emulsión explosiva sensibles al detonador han incluido tradicionalmente emulsionantes en la fase de combustible para facilitar la dispersión de la fase oxidante en la fase de combustible. Adicionalmente, los agentes emulsionantes se seleccionaban y añadían normalmente en concentraciones suficientes para resistir la cristalización de la fase de oxidante en la emulsión en respuesta a acontecimientos de choque y/o cizalladura. Se ha encontrado que cuando se añade disolución de nitrato de hexamina como el agente de disminución de la temperatura de cristalización, se requiere menos agente emulsionante para mantener la resistencia a la cristalización con los mismos acontecimientos de choque y/o cizalladura. Se cree actualmente que otras disoluciones de amina y/o disoluciones de nitrato de amina que no forman parte de la presente invención proporcionarán el mismo resultado, es decir, permitiendo que la composición de emulsión incluya una concentración inferior de agentes emulsionantes mientras que se mantiene una buena resistencia a la cristalización de la fase de oxidante con acontecimientos de choque y/o cizalladura. Además del ahorro en los costes atribuibles a la reducción de la necesidad de agentes emulsionantes, la disminución de la concentración de agentes emulsionantes ayuda también a reducir la viscosidad de la emulsión.

Sin restringirse por la teoría, se cree actualmente que pueden estar implicadas al menos parcialmente interacciones entre los emulsionantes y los grupos amina en los agentes de disminución del punto de caramelización en la estabilización de la emulsión. Por ejemplo, muchos agentes emulsionantes usan aminas como grupos principales moleculares, que pueden interaccionar con las aminas en los agentes de disminución del punto de caramelización. Adicional o alternativamente, y también sin restringirse por la teoría, se cree que la resistencia a la cristalización incluso con concentraciones reducidas de agentes emulsionantes puede ser atribuible al menos parcialmente a la temperatura de cristalización inferior lograda usando los presentes agentes de disminución del punto de caramelización en comparación con los agentes de disminución convencionales, tales como perclorato de sodio. Tal como se discutió anteriormente, se sabe en general que el perclorato de sodio disminuye el punto de caramelización de las composiciones de emulsión explosiva hasta aproximadamente 80ºC y se ha observado que los presentes agentes de disminución del punto de caramelización disminuyen el punto de caramelización hasta al menos tan sólo 75ºC.

Tal como se discutió en diversas ubicaciones anteriormente, las composiciones y los métodos de la presente descripción pueden proporcionar numerosas ventajas en la producción de composiciones de explosivo en emulsión sensibles al detonador. Simplemente como un ejemplo, el uso de nitrato de hexamina es notablemente más seguro y más limpio en comparación con el uso de perclorato de sodio, debido a los problemas de contaminación del agua subterránea. Adicional o alternativamente, pueden lograrse una o más de las siguientes ventajas a través de la aplicación de los principios de la presente descripción. Pueden lograrse un ahorro en los costes a través del uso de cantidades inferiores de agentes de disminución del punto de caramelización, lo que puede requerirse para mantener el equilibrio de oxígeno deseado y que puede ser posible debido a la capacidad mejorada para disminuir la temperatura de cristalización de la composición de emulsión. Además, algunos de los agentes de disminución mencionados en la presente descripción pueden ser más baratos de producir en comparación con los agentes de disminución del punto de caramelización anteriores. Por ejemplo, las disoluciones de nitrato de hexamina descritas en el presente documento son, al menos en la actualidad, más baratas que las disoluciones de perclorato de sodio. Adicional o alternativamente, tal como se describió anteriormente, el uso de una disolución a base de amina o de nitrato de amina puede permitir que la composición incluya una concentración inferior de agentes emulsionantes. También se ha observado que en al menos algunas de las puestas en práctica que están de acuerdo con la presente descripción, se han requerido menos microbalones, lo que reduce además el coste de producción de las presentes composiciones de explosivo en emulsión.

Además del posible ahorro en los costes que pueden resultar de la puesta en práctica de la presente descripción, también se modifican las propiedades explosivas de la composición mediante los principios enseñados en la misma. Por ejemplo, puede reducirse la sensibilidad a la cristalización mediante acontecimientos de choque y/o cizalladura. Adicional o alternativamente, la vida útil de almacenamiento de la composición puede ser igual a o mejor que la de composiciones convencionales.

Se ha observado que la energía total de las composiciones que incluyen disoluciones de nitrato de hexamina como agente de disminución del punto de caramelización es ligeramente inferior que las energías de composiciones similares que utilizan disoluciones de perclorato de sodio. Sin embargo, las energías inferiores se compensan mediante la superior producción de gas de las composiciones de emulsión que incluyen disoluciones de nitrato de hexamina. Las emulsiones que utilizan perclorato de sodio producen una variedad de productos de reacción, algunos de los cuales no son gaseosos a las temperaturas de trabajo de la explosión. En pruebas comparativas entre un explosivo que incluye perclorato de sodio y un explosivo que incluye nitrato de hexamina, el explosivo con nitrato de hexamina produjo 43,84 moles de gas por kilogramo de explosivo mientras que el explosivo con perclorato de sodio produjo sólo 40,97 moles de gas por kilogramo de explosivo. Comparando los mismos explosivos, el explosivo con perclorato de sodio mostró una energía total de 2.608,07 kJ/kg mientras que el explosivo con nitrato de hexamina mostró una energía total de 2.362,10 kJ/kg. La energía total aproximadamente un 9% inferior en el explosivo con nitrato de hexamina se mitiga al menos parcialmente mediante la producción de gas total mayor superior en más del 7%. Una manera en la que los diferentes niveles de producción de gas influyen en las propiedades explosivas es en las mediciones de la velocidad de detonación realizadas de las diferentes composiciones. Por ejemplo, se ha observado que una composición con perclorato de sodio de baja energía, de uso general, tiene una energía total de 3563 J/g (851 cal/g) y velocidades de detonación en el intervalo de 5400 a 5600 m/s en una configuración de 5,08 cm (2'') de diámetro. En comparación, se ha observado que una composición con nitrato de hexamina de baja energía, de uso general, tiene una energía total de 3136 J/g (749 cal/g) y velocidades de detonación en el intervalo de 5900 a 6100 m/s en una configuración de 5,08 cm (2'') de diámetro. En consecuencia, incluso en configuraciones en las que la energía total es inferior, las composiciones de emulsión explosiva de la presente descripción pueden proporcionar una velocidad de detonación mayor, lo que es una ventaja significativa en algunas aplicaciones de explosivos, tales como su uso como detonador auxiliar de ANFO.

Tal como se describió anteriormente, la composición de explosivo en emulsión final de la presente descripción incluye una fase oxidante, una fase de combustible y un agente de disminución de la temperatura de cristalización. Adicionalmente, la composición final puede incluir uno o más componentes complementarios comunes a emulsiones explosivas, tales como aluminio, perlas, microbalones, etc. El explosivo en emulsión a modo de ejemplo descrito anteriormente incluyó cera como modificador de la viscosidad. Adicional o alternativamente, pueden usarse agentes de reticulación para obtener la reología deseada de la composición final. Considerando las composiciones a modo de ejemplo proporcionadas anteriormente en la tabla, las composiciones pueden modificarse para incorporar agentes de reticulación sustituyendo la cera por una cantidad adecuada de aceite mineral y/o aceite vegetal y añadiendo una cantidad apropiada de agente de reticulación. En algunas puestas en práctica, pueden usarse cera y agentes de reticulación juntos en las mismas composiciones. En una puesta en práctica a modo de ejemplo de agentes de reticulación para producir un explosivo en emulsión dentro del alcance de la presente descripción, la cera puede sustituirse por aceite mineral y puede añadirse aproximadamente el 0,2% p/p de polibutadieno maleinizado como el agente de reticulación. Pueden usarse otros agentes de reticulación y pueden variarse las concentraciones adecuadas según sea necesario. Adicional o alternativamente, los explosivos dentro del alcance de la presente descripción pueden omitir la cera y otros modificadores de la viscosidad completamente. Por ejemplo, los explosivos en emulsión según la presente descripción pueden configurarse como un explosivo a granel en el que no se requiere o se desea la modificación de la viscosidad.

En algunas puestas en práctica de la presente descripción, pueden variarse los componentes y sus respectivas concentraciones para lograr uno o más objetivos, algunos de los cuales pueden equilibrarse frente a otros. Por ejemplo, puede ser deseable producir un explosivo en emulsión que tenga propiedades explosivas comparables o que superen a las propiedades explosivas de emulsiones a base de perclorato de sodio pero a un coste inferior que los productos actuales. Adicional o alternativamente, sin referirse a los costes, puede desearse producir una composición de explosivo en emulsión que tenga una velocidad de detonación al menos tan alta como el producto con perclorato de sodio disponible actualmente. Adicional o alternativamente, puede preferirse producir una composición de emulsión explosiva que tenga una vida útil de almacenamiento promedio de aproximadamente un año o más. Todavía adicional o alternativamente, las sensibilidades de energía y separación pueden ser al menos tan buenas como los productos disponibles actualmente. Otras características a modo de ejemplo de la presente descripción pueden entenderse a partir de la totalidad de la presente descripción.

Tal como se discutió anteriormente, un problema que ha impedido anteriormente que se usen disoluciones de nitrato de amina y otras disoluciones de amina o nitrato de amina como agentes de disminución de la temperatura de cristalización 38 ha sido la tendencia del nitrato de hexamina a descomponerse en las condiciones de temperatura de la fase de oxidante. El método esquemático de la figura 1 en el que el agente de disminución 38 se mantiene separado de la fase de oxidante hasta que la emulsión esté lista para producirse y el procedimiento se complete a través del enfriamiento de la emulsión en el plazo de un día (preferiblemente, en el plazo de 12 horas y más

preferiblemente en el plazo de aproximadamente 1 hora), ilustra un método de superación de este problema; se describen métodos más específicos en conexión con las figuras 2 y 3.

Tal como puede entenderse a partir de la descripción anterior, las composiciones de explosivo en emulsión de la presente descripción pueden producirse mediante cualquier método adecuado que combine una fase oxidante, una fase de combustible y un agente de disminución de la temperatura de cristalización de una manera que minimice la cantidad de tiempo durante el cual el agente de disminución de la temperatura de cristalización se somete a condiciones de temperatura elevada. Los métodos a modo de ejemplo pueden incluir métodos de procedimiento discontinuo y métodos de procedimiento continuo. En referencia de nuevo a la figura 1, puede observarse que cada uno de los agentes de partida del principio (fase de oxidante 24, fase de combustible 28 y agente de disminución de la temperatura de cristalización 38) puede almacenarse por separado y mantenerse en condiciones que sean óptimas para los respectivos componentes. Por ejemplo, el agente de disminución de la temperatura de cristalización 38 puede mantenerse a una temperatura baja mientras que la fase oxidante 24 puede mantenerse a una temperatura elevada. El reactor 18 puede incluir cualquiera de una variedad de equipos de procedimiento 58 para facilitar los procedimientos discontinuos y/o continuos para producir las presentes composiciones de emulsión explosiva. Se ilustra en la figura 2 un procedimiento discontinuo esquemático ilustrativo 60, mientras que se ilustra en la figura 3 un procedimiento continuo esquemático ilustrativo 70.

En referencia ahora a la figura 2, se ilustra el reactor 18 como que incluye una combinadora horizontal con cinta helicoidal 62 para mezclar los diversos componentes de la composición de emulsión. También pueden usarse una o más mezcladoras o combinadoras adecuadas adicionales o alternativas en el reactor 18. Por ejemplo, las combinadoras adecuadas pueden incluir combinadoras de paletas, combinadoras de tornillo, combinadoras con rascador, etc. De manera similar a la figura 1, el procedimiento discontinuo 60 de la figura 2 incluye una fuente de oxidante 12 que proporciona una fase de oxidante 24, una fuente de combustible 14 que proporciona una fase de combustible 28 y una fuente de agente de disminución de la temperatura de cristalización 16 que proporciona un agente de disminución del punto de caramelización 38. Adicionalmente, la figura 2 ilustra una pluralidad de fuentes de componentes complementarios que proporcionan uno o más de los diversos componentes complementarios que pueden incorporarse en las composiciones de emulsión finales. En el esquema ilustrado, una fuente de componentes 20 de este tipo proporciona una fuente de perlas de nitrato de amonio 52, mientras que otra proporciona una fuente de aluminio 54 y otra proporciona una fuente de microbalones 56. Las fuentes de componentes complementarios adicionales 20 pueden proporcionar uno o más componentes adicionales o alternativos según pueda desearse.

La figura 2 ilustra que los diversos componentes se añaden a la combinadora horizontal con cinta helicoidal 62 por medio de corrientes de alimentación separadas y que los componentes se combinan en primer lugar en la combinadora horizontal con cinta helicoidal 62. Pueden combinarse uno o más de los componentes en una mezcladora aguas arriba. Independientemente de la configuración precisa de las fuentes de componentes y del reactor 18, el procedimiento discontinuo 60 de la figura 2 puede adaptarse para minimizar el tiempo durante el cual el agente de disminución de la temperatura de cristalización se mantiene a una temperatura elevada. En una configuración a modo de ejemplo, el reactor puede mantenerse a una temperatura de aproximadamente 90ºC o más durante menos de aproximadamente 24 horas tras añadir el agente de disminución de la temperatura de cristalización al reactor 18. En otras puestas en práctica, la temperatura del reactor puede mantenerse por encima de aproximadamente 90ºC durante menos de aproximadamente 12 horas o menos de aproximadamente 1 hora. Tal como se describió anteriormente, la fase de oxidante 24 puede incluir disolución sobresaturada de nitrato de amonio en agua y puede mantenerse a una temperatura de 90ºC o más mientras esté en la fuente de oxidante 12. Para evitar la cristalización de la fase de oxidante, el reactor 18 puede mantenerse de manera similar a aproximadamente 90ºC hasta que se añada el agente de disminución del punto de caramelización 38. Además, para facilitar la combinación del agente de disminución de la temperatura de cristalización en la composición de explosivo en emulsión, puede añadirse el agente de disminución de la temperatura de cristalización 38 sustancialmente a la vez que la fase de oxidante 24 y/o la fase de combustible 28, o al menos en una proximidad temporal con la misma.

El tiempo requerido para el procedimiento discontinuo 60 incluyendo que una combinadora horizontal con cinta helicoidal 62 mezcle eficazmente los componentes para formar la emulsión puede depender de varios factores, tales como el volumen de la combinadora 62, la cantidad de materiales que están mezclándose y las características de la composición de emulsión, tales como densidad, viscosidad, concentración de agentes emulsionantes, etc. Una vez que el reactor 18 ha combinado suficientemente los diversos componentes para formar la composición de emulsión deseada, puede moverse el contenido del reactor 18 a un procesador de acabado 22 en el que la composición de emulsión 64 se envasa y/o se prepara para el almacenamiento, transporte, etc.

El procesador de acabado 22 puede incluir equipo de enfriamiento para enfriar la composición de emulsión hasta temperatura ambiente antes de las operaciones de envasado y/o almacenamiento. El equipo de enfriamiento del procesador de acabado 22 puede adaptarse para enfriar rápidamente la composición de emulsión para limitar adicionalmente el tiempo durante el cual el agente de disminución del punto de caramelización se mantiene a temperaturas elevadas. Dependiendo de la cantidad de tiempo que pasa la composición de emulsión en el reactor 18 y las condiciones en el mismo, el procesador de acabado 22 puede adaptarse para proporcionar una variedad de perfiles de enfriamiento para minimizar el tiempo durante el cual el agente de disminución del punto de

caramelización está a una temperatura elevada. Adicional o alternativamente, el equipo de enfriamiento puede configurarse para proporcionar un enfriamiento controlado al final del procedimiento de enfriamiento de modo que se evite y/o se limite el sobreenfriamiento de la composición de emulsión, limitando de ese modo la cristalización y desensibilización no deliberada de la composición de emulsión.

Aunque algo o todo del enfriamiento puede producirse en el procesador de acabado 22, la composición de emulsión puede experimentar algo de enfriamiento mientras está todavía en el reactor 18. Este enfriamiento en el reactor 18 puede producirse debido a una ausencia de calor aplicado mientras que están añadiéndose al reactor componentes a una temperatura inferior al reactor o puede provocarse mediante el enfriamiento activo del reactor. Por ejemplo, el agente de disminución de la temperatura de cristalización puede añadirse a una temperatura entre aproximadamente 10ºC y aproximadamente 30ºC. En algunas puestas en práctica a modo de ejemplo, la combinadora horizontal con cinta helicoidal 62 puede adaptarse para mantenerse a o por encima de aproximadamente 90ºC hasta que se añade el agente de disminución de la temperatura de cristalización 38 al reactor, punto en el que puede permitirse que se enfríe o inducirse que se enfríe la combinadora horizontal con cinta helicoidal hasta al menos aproximadamente 75ºC.

Dependiendo de la configuración del equipo dentro del reactor 18 del procedimiento discontinuo 60, el reactor 18 puede mantenerse a una temperatura de aproximadamente 90ºC o más durante menos de aproximadamente 8 horas tras añadir el agente de disminución de la temperatura de cristalización. En otras puestas en práctica, la temperatura del reactor 18 puede mantenerse a aproximadamente 90ºC o más durante menos de aproximadamente 2 horas o incluso menos de aproximadamente 1 hora tras añadir el agente de disminución de la temperatura de cristalización. Por ejemplo, puede aplicarse enfriamiento activo tras la introducción del agente de disminución de la temperatura de cristalización para disminuir la temperatura del reactor hasta aproximadamente 75ºC tal como se discutió anteriormente. Adicional o alternativamente, la temperatura del reactor puede permanecer a o por encima de 90ºC o puede no controlarse y permitirse que fluctúe según las temperaturas de entrada de los componentes. Una puesta en práctica de este tipo puede ser aceptable en procedimientos discontinuos en los que los componentes de la composición de emulsión se retiran del reactor 18 en menos de veinticuatro horas tras añadir el agente de disminución de la temperatura de cristalización. Por ejemplo, la combinadora horizontal con cinta helicoidal 62 puede ser lo suficientemente eficaz para completar el mezclado de la composición de emulsión 64 en 15 minutos, 30 minutos, 1 hora, 2 horas, 4 horas, 8 horas o algún otro tiempo lo suficientemente corto para permitir que la composición de emulsión se enfríe en el procesador de acabado 22 sin degradar el agente de disminución de la temperatura de cristalización.

El procedimiento discontinuo 60 de la figura 2 puede realizarse con una fase de oxidante 24, una fase de combustible 28 y un agente de disminución de la temperatura de cristalización 38 tal como se describió anteriormente, según una cualquiera o más de las puestas en práctica o iteraciones descritas anteriormente. De manera similar, el procedimiento discontinuo 60 puede configurarse para producir una composición de explosivo en emulsión 64 que tiene una o más de las propiedades y características descritas anteriormente.

Tal como se indicó anteriormente, la figura 3 proporciona una representación esquemática de un procedimiento continuo 70 para producir composiciones de explosivo en emulsión dentro del alcance de la presente descripción. Aunque no se ilustra específicamente en las figuras, la presente descripción abarca métodos en los que una o más etapas son procedimientos continuos mientras que otras etapas son procedimientos discontinuos. Por ejemplo, la fuente de combustible 14 puede comprender un procedimiento continuo para producir la fase de combustible en la que el procedimiento continuo incluye mezclar corrientes de aceites, emulsionantes y modificadores de la viscosidad en un tanque de almacenamiento que se usa para alimentar el método 10.

La figura 3 ilustra que el reactor esquemático 18 de la figura 1 puede incluir múltiples piezas de equipo de procedimiento 58 para facilitar la producción de las composiciones de explosivo en emulsión 64. La figura 3 ilustra además que independientemente de la configuración del reactor 18 y la configuración del método como discontinuo o continuo, el método incluye una fase de oxidante 24 y una corriente de alimentación de oxidante asociada 26, una fase de combustible 28 y una corriente de alimentación de combustible asociada 30, y un agente de disminución de la temperatura de cristalización 38 y una corriente de alimentación de agente de disminución asociada 40. Tal como se discutió anteriormente, la fase de combustible 38 puede incluir aceites 32, agentes emulsionantes 34 y modificadores de la viscosidad 36, entre otros posibles componentes. Tal como se ilustra en la figura 3, estos componentes pueden añadirse a la fuente de combustible 14 a partir de sus propias fuentes, que pueden ser fuentes separadas para facilitar la dosificación de los diversos componentes.

El reactor de la figura 3 puede incluir una mezcladora de emulsión 72 adaptada para combinar al menos la fase de oxidante y la fase de combustible para producir una emulsión, que puede denominarse emulsión intermedia 74 que se distingue de la composición de emulsión explosiva final porque no incluye aún todos los componentes pretendidos en las concentraciones pretendidas a las temperaturas pretendidas, etc. Tal como se ilustra en la figura 3 mediante la corriente de alimentación de agente de disminución 40, la mezcladora de emulsión 72 puede adaptarse para incorporar el agente de disminución de la temperatura de cristalización 38 en la emulsión intermedia 74. Por ejemplo, tal como se ilustra, la corriente de alimentación de oxidante 26, la corriente de alimentación de combustible 30 y la corriente de alimentación de agente de disminución 40 pueden mezclarse todas inicialmente

para formar una única corriente de alimentación 76 hacia la mezcladora de emulsión 72. Adicional o alternativamente, puede añadirse uno o más de la fase de oxidante 24, la fase de combustible 28 y/o el agente de disminución del punto de caramelización 28 separados de los otros y en cualquier fase de la mezcladora de emulsión 72. Como ejemplo, puede añadirse el agente de disminución de la temperatura de cristalización 38 a la mezcladora de emulsión a la mezcladora de emulsión en una mezcladora de entrada, que puede estar en línea con la corriente de alimentación que contiene la fase de combustible y la fase de oxidante, o que puede estar desviada respecto de la misma.

La mezcladora de emulsión 72 ilustrada esquemáticamente en la figura 3 representa la multitud de equipos de procedimiento que puede ponerse en práctica para producir una emulsión a partir de la corriente de alimentación de combustible y la corriente de alimentación de oxidante. Pueden usarse uno o más aparatos alternativos solos o en combinación para producir una emulsión intermedia que luego se modifica para producir la composición de emulsión final.

Adicional o alternativamente, puede añadirse algo o todo del agente de disminución de la temperatura de cristalización 38 a la emulsión intermedia 74 tras la mezcladora de emulsión inicial 72. La figura 3 ilustra que el reactor 18 puede incluir una mezcladora secundaria 78, que puede ser una mezcladora de paletas u otra mezcladora adecuada, tras la mezcladora de emulsión 72 y que recibe la emulsión intermedia 74. La mezcladora secundaria 78 puede usarse para combinar uno o más componentes complementarios 50 en la emulsión intermedia 74. Los componentes complementarios 50 a modo de ejemplo pueden incluir perlas de nitrato de amonio 52, aluminio 54 y/o microbalones 56, entre otros posibles componentes complementarios. Adicional o alternativamente, tal como se ilustra mediante la corriente de alimentación opcional 80, puede añadirse algo o todo del agente de disminución de la temperatura de cristalización deseado 38 a la emulsión intermedia 74 en una mezcladora secundaria.

Aunque el procedimiento continuo 70 a modo de ejemplo mostrado en la figura 3 ilustra componentes particulares que entran en el equipo de procedimiento particular 58, debe entenderse que pueden introducirse uno o más componentes en cualquier punto adecuado en el reactor 18. Por ejemplo, puede configurarse la corriente de alimentación opcional 80 del agente de disminución de la temperatura de cristalización 38 para introducir el agente de disminución de la temperatura de cristalización 38 en la emulsión intermedia 74 antes de que la emulsión intermedia entre en la mezcladora secundaria 78.

Tal como se discute en el presente documento, la temperatura del agente de disminución de la temperatura de cristalización 38, así como la temperatura de los otros componentes de alimentación, las composiciones intermedias y el producto de emulsión final pueden monitorizarse y/o controlarse para obtener las propiedades explosivas deseadas de la composición de emulsión final. Uno cualquiera o más del equipo de procedimiento 58 que pueden constituir el procedimiento continuo 70, tal como el equipo 58 ilustrado como que comprende el reactor 18 de la figura 3, pueden adaptarse para aplicar calentamiento y/o enfriamiento activo, para permitir que las condiciones ambientales afecten a las condiciones de reacción o mezclado y/o para aislar el equipo de las condiciones ambientales. Por ejemplo, la mezcladora secundaria 78 puede adaptarse para enfriar activamente la emulsión intermedia 74 de modo que se mantenga la temperatura de la mezcladora secundaria, y de ese modo la temperatura del agente de disminución 38, dentro de un intervalo aceptable, tal como los intervalos de temperatura discutidos anteriormente.

Tal como se ilustra mediante la corriente de salida 82, la salida 84 de la mezcladora secundaria 78 puede continuar directamente hacia el procesador de acabado 22 para el envasado, transporte, etc. Adicional o alternativamente, la salida de la mezcladora secundaria 78 puede continuar por medio de una corriente de salida interna 86 hacia un enfriador opcional 88. El enfriador 88 puede adaptarse para enfriar la composición de emulsión, que puede ser una emulsión intermedia o una emulsión que incluye ya todos sus componentes, para mantener la temperatura de la emulsión en el intervalo aceptable de modo que se evite la cristalización de la emulsión y la descomposición del agente de disminución de la temperatura de cristalización. Tal como se describió anteriormente, uno cualquiera o más de los equipos de procedimiento 58 pueden incluir una funcionalidad de enfriamiento que pueda hacer innecesario el enfriador adicional 88. Sin embargo, puede incorporarse el enfriador 88 en lugar de añadir características de enfriamiento al otro equipo o además de las características de enfriamiento del otro equipo. En una puesta en práctica a modo de ejemplo, la mezcladora secundaria 78 puede tener un sistema de monitorización de la temperatura (no mostrado) asociado con el material que va a salir o está saliendo de la mezcladora. En el caso en el que el sistema de monitorización de la temperatura determine que la temperatura de la salida 84 es aceptable, la salida puede dirigirse hacia la corriente de salida 82. En el caso de que el sistema de monitorización de la temperatura determine que la temperatura es demasiado alta, la salida 84 puede dirigirse a la corriente de salida interna para la dirección hacia el enfriador 88. El enfriador 88 puede proporcionar un enfriamiento activo o puede configurarse para que permita que la salida 84 se enfríe a través de su exposición a condiciones ambientales.

En puestas en práctica que incluyen un enfriador 88 para efectuar la reducción de temperatura deseada en la composición de emulsión intermedia, la figura 3 ilustra que puede incluirse una mezcladora secundaria adicional 90 en el reactor 18. Por ejemplo, puede ser deseable retrasar la adición del agente de disminución de la temperatura de cristalización 38 hasta que la emulsión esté lo suficientemente enfriada para evitar la descomposición del agente de disminución. Tal como se ilustra en la configuración opcional de la figura 3, puede añadirse algo o todo del agente

de disminución de la temperatura de cristalización 38 a la emulsión como la etapa final en el reactor, tal como añadiéndose a una mezcladora secundaria 90 aguas abajo del enfriador 88 u otro aparato adaptado para reducir la temperatura de la emulsión. La mezcladora secundaria adicional 90 puede ser de cualquier configuración adecuada, tal como una mezcladora de paletas u otra mezcladora disponible.

Considerando esta configuración opcional ilustrativa, puede dirigirse algo o todo del agente de disminución de la temperatura de cristalización 38 por medio de una corriente de derivación 92 para derivar la corriente de alimentación de agente de disminución 40 y la corriente de alimentación opcional 90 y para alimentarse en las corrientes de procedimiento del reactor aguas abajo del enfriador 88, tal como introduciéndose en la mezcladora secundaria adicional 90, tal como se ilustra en la figura 3. La(s) corriente(s) de procedimiento del reactor que entra(n) en la mezcladora secundaria adicional 90 puede(n) incluir la corriente del enfriador 94 que sale del enfriador, tal como se muestra en la figura 3, o puede(n) proceder directamente de la mezcladora secundaria 78, tal como cuando la mezcladora secundaria 78 incluye una funcionalidad de enfriamiento.

Las diversas configuraciones opcionales del procedimiento continuo 70 mostrado en la figura 3 ilustra que el reactor 18 de la presente descripción puede configurarse de cualquier manera adecuada para producir una composición de emulsión explosiva en la que el agente de disminución de la temperatura de cristalización 38 se mantiene a una temperatura elevada durante una cantidad de tiempo mínima. Tal como se describió anteriormente, en los métodos de la presente descripción, la temperatura del reactor 18, o algún componente del mismo, puede mantenerse preferiblemente por encima de aproximadamente 90ºC durante menos de aproximadamente 24 horas, menos de aproximadamente 12 horas, menos de aproximadamente 4 horas y más preferiblemente menos de aproximadamente 1 hora. Tal como se usa en el presente documento, las referencias a la temperatura del reactor 18 se refieren a la temperatura del reactor como un todo, a una temperatura promedio del reactor y/o a una temperatura de uno o más componentes del reactor. Más particularmente, tales referencias se refieren a la temperatura de las composiciones en o que pasan a través del reactor y específicamente a las composiciones que incluyen un agente de disminución de la temperatura de cristalización.

Cuando la descripción y/o las reivindicaciones enumeran “un” o “un primer” elemento o el equivalente del mismo, debe entenderse que tal descripción incluye la incorporación de uno o más de tales elementos, sin requerir ni excluir dos o más de tales elementos.

REIVINDICACIONES

1. Composición de emulsión explosiva sensible al detonador que comprende:
una fase oxidante que incluye una disolución sobresaturada de nitrato de amonio;
una fase de combustible que incluye agente emulsionante suficiente para permitir la dispersión de la fase oxidante en la fase de combustible; y
un agente de disminución de la temperatura de cristalización que consiste esencialmente en nitrato de hexamina en una cantidad de 0,1-10,0% p/p.

2. Composición de emulsión explosiva según la reivindicación 1, que comprende además un agente de reticulación, y en la que la emulsión explosiva tiene una densidad entre aproximadamente 1,0 g/cc y aproximadamente 1,5 g/cc y una temperatura de cristalización inferior a aproximadamente 80ºC.

3. Composición de emulsión explosiva según la reivindicación 1, en la que el agente emulsionante en la fase de combustible asciende a entre aproximadamente el 1% p/p y aproximadamente el 3% p/p de la emulsión explosiva.

4. Composición de emulsión explosiva según la reivindicación 1, en la que la fase oxidante comprende una disolución sobresaturada de nitrato de amonio en agua; en la que la fase de combustible comprende aceite mineral y agente emulsionante suficiente para permitir la dispersión de la fase oxidante en la fase de combustible; y en la que el nitrato de amonio constituye entre aproximadamente el 50 por ciento en peso y aproximadamente el 80 por ciento en peso de la composición de emulsión explosiva, en la que el agua constituye entre aproximadamente el 5 por ciento en peso y aproximadamente el 15 por ciento en peso de la composición de emulsión explosiva, en la que el aceite mineral constituye entre aproximadamente el 0,01 y aproximadamente el 5,0 por ciento en peso de la composición de emulsión explosiva, y en la que el agente de disminución de la temperatura de cristalización constituye entre aproximadamente el 0,1 por ciento en peso y aproximadamente el 10 por ciento en peso de la composición de emulsión explosiva.

5. Método de producción de una emulsión explosiva sensible al detonador en un reactor, comprendiendo el método:
añadir una disolución de nitrato de amonio en agua a un reactor, en el que la disolución de nitrato de amonio está a una temperatura de aproximadamente 90ºC o superior;
añadir una fase de aceite al reactor;
añadir un agente de disminución de la temperatura de cristalización al reactor, en el que dicho agente de disminución de la temperatura de cristalización consiste esencialmente en nitrato de hexamina; y
mezclar la disolución de nitrato de amonio, la fase de aceite y el agente de disminución de la temperatura de cristalización; en el que el reactor se mantiene a una temperatura de aproximadamente 90ºC o más durante menos de aproximadamente 8 horas tras añadir el agente de disminución de la temperatura de cristalización al reactor.

6. Método según la reivindicación 5, en el que la temperatura del reactor se mantiene a aproximadamente 90ºC o más durante menos de aproximadamente 1 hora tras añadir el agente de disminución de la temperatura de cristalización al reactor.

7. Método según la reivindicación 5, en el que una disolución de nitrato de hexamina que comprende nitrato de hexamina en una disolución acuosa que tiene una densidad a aproximadamente 25ºC de entre aproximadamente 1,2 y aproximadamente 1,3 g/cc se añade al reactor a una temperatura de entre aproximadamente 10ºC y aproximadamente 30ºC.

8. Método según la reivindicación 7, en el que el reactor comprende un reactor de procedimiento discontinuo o un reactor de procedimiento continuo que incluye al menos una mezcladora de emulsión.

9. Método según la reivindicación 8, en el que:
el reactor comprende un reactor de procedimiento discontinuo;
la disolución de nitrato de amonio en agua y la fase de aceite se mezclan para formar una emulsión antes de añadir el agente de disminución de la temperatura de cristalización; y
el reactor se mantiene a una temperatura de aproximadamente 90ºC o más antes de añadir el agente de disminución de la temperatura de cristalización, y en el que la temperatura se mantiene por encima de aproximadamente 75ºC tras añadir el agente de disminución de la temperatura de cristalización.

10. Método según la reivindicación 8, en el que:
el reactor comprende un reactor de procedimiento continuo que incluye al menos una mezcladora de emulsión; y
la disolución de nitrato de amonio, la fase de aceite y el agente de disminución de la temperatura de cristalización se almacenan por separado y se combinan para formar una corriente de alimentación hacia la mezcladora de emulsión.

11. Método según la reivindicación 8, en el que:
el reactor comprende un reactor de procedimiento continuo que incluye al menos una mezcladora de emulsión; y
la disolución de nitrato de amonio y la fase de aceite se combinan en la mezcladora de emulsión para formar una emulsión intermedia, y en el que el agente de disminución de la temperatura de cristalización se mezcla con la emulsión intermedia en una mezcladora secundaria aguas abajo de la mezcladora de emulsión.

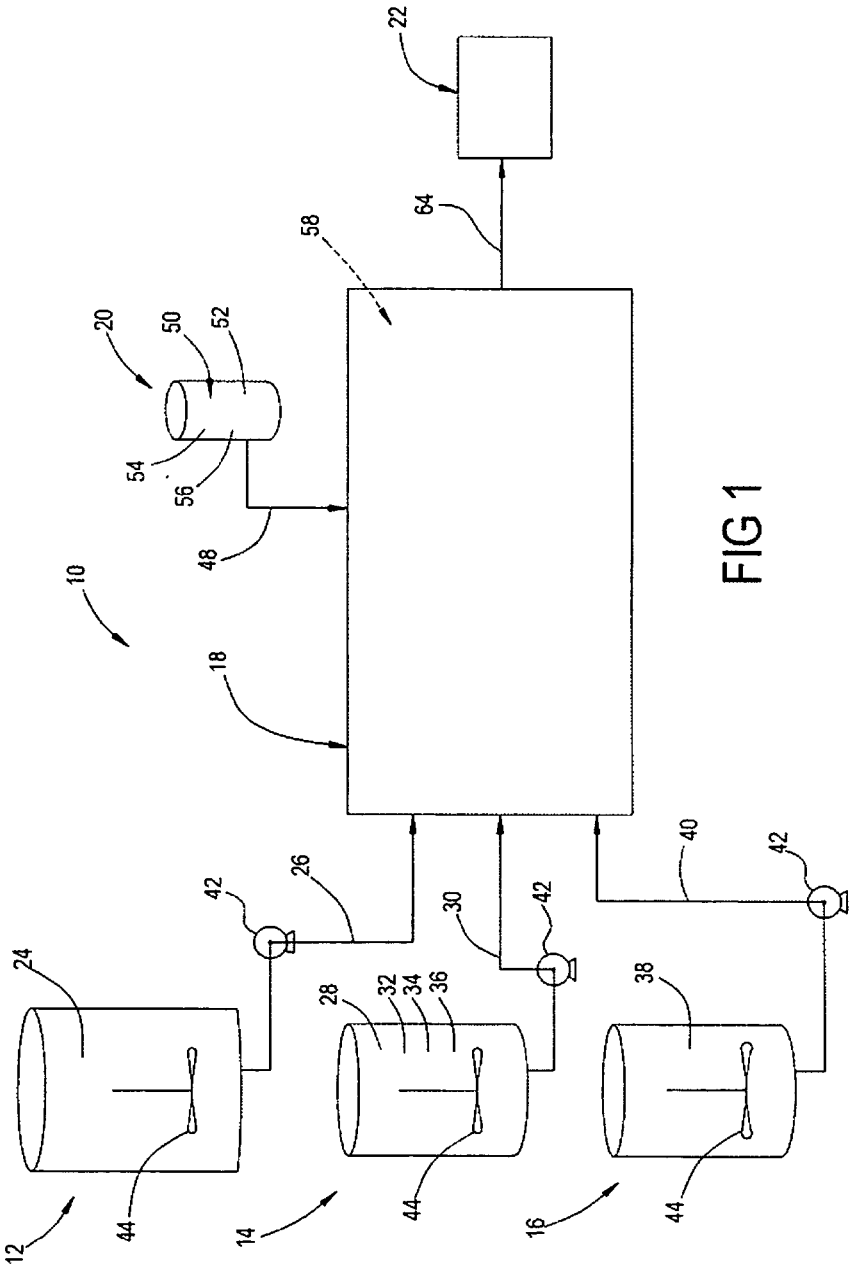
22
64
58
20
50
52
54
56
48
10
18
42
26
30
42
40
42
24
28
32
34
36
38
44
44
44
12
14
16

FIG 1

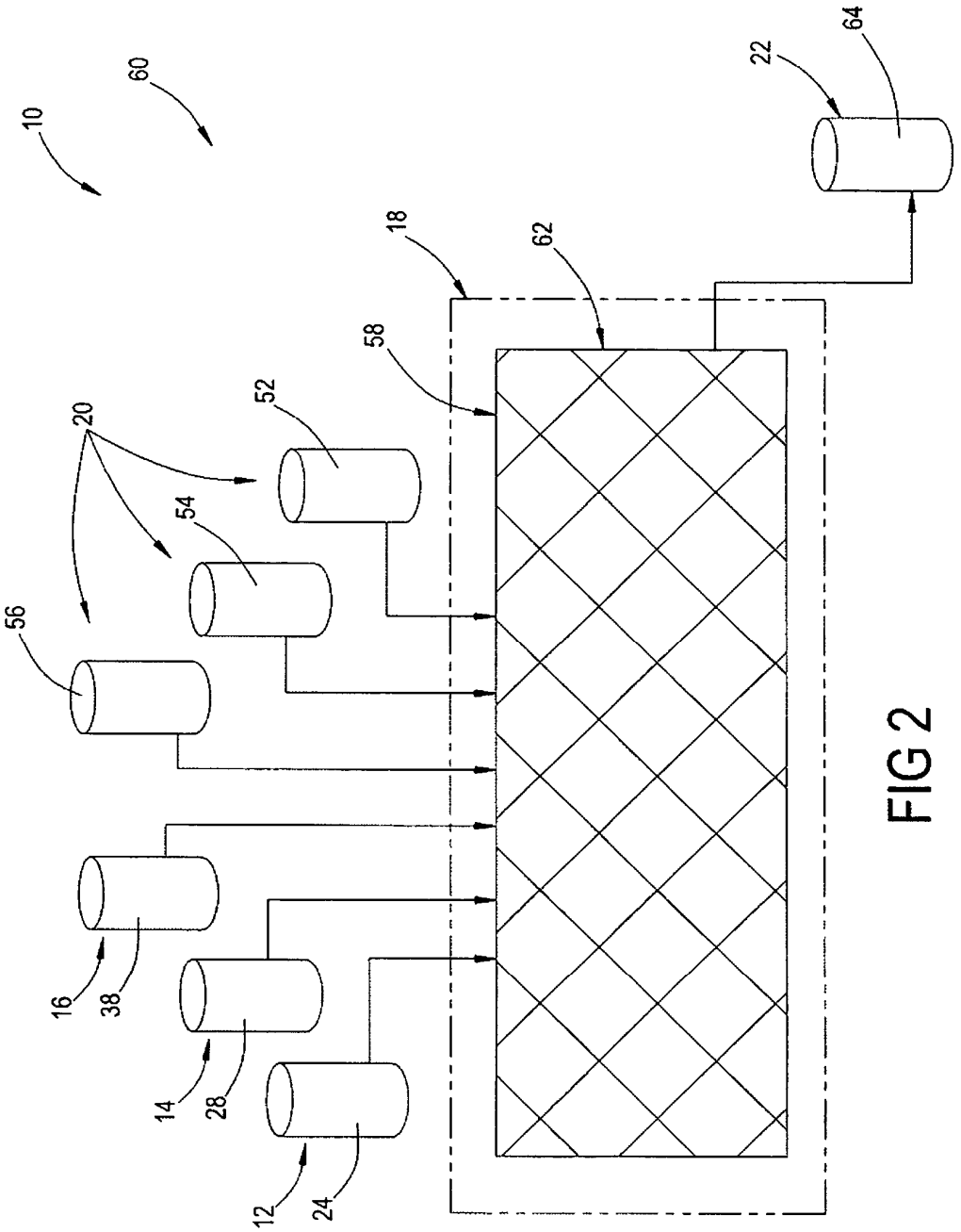

FIG 2

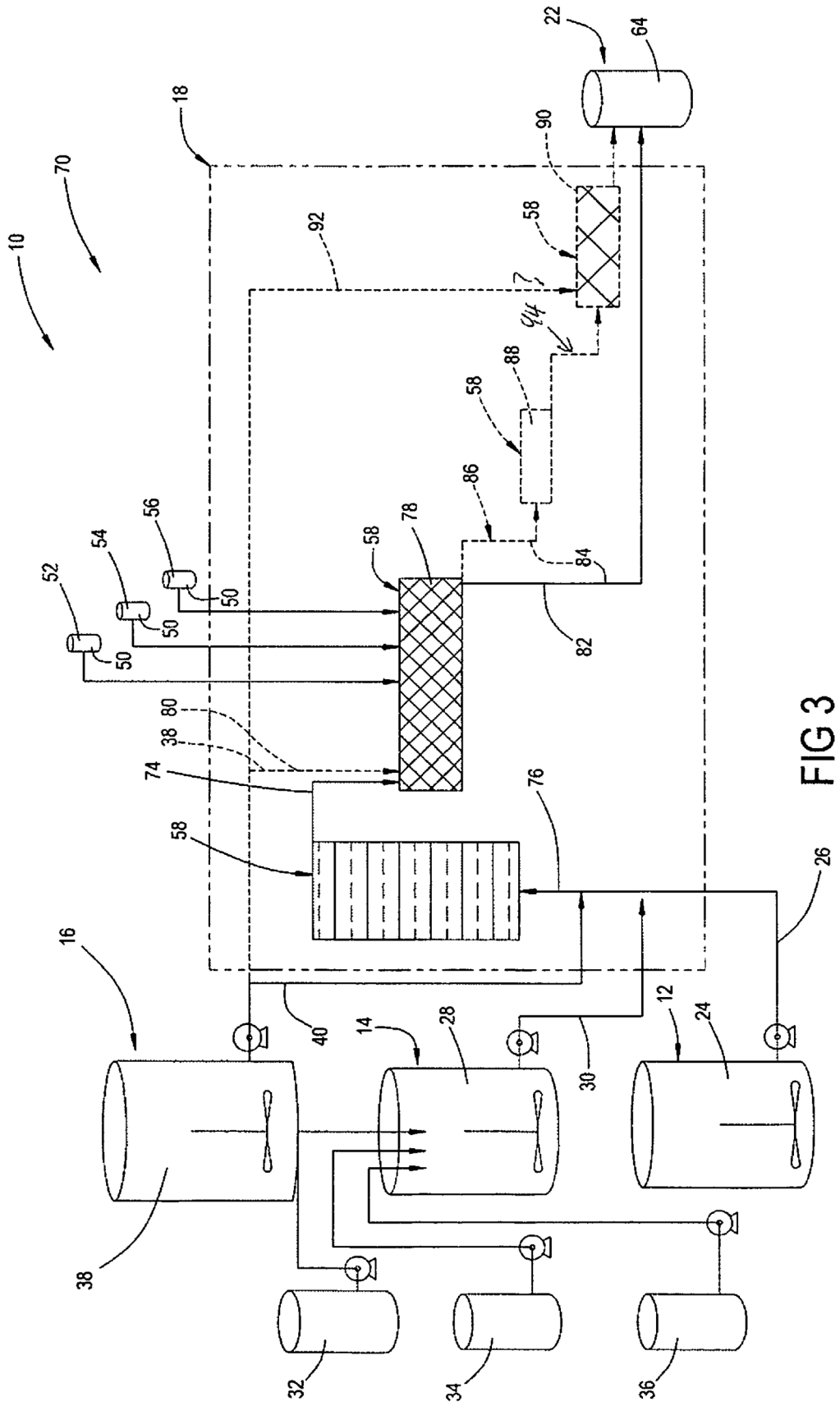
10
70
18
22
64
90
58
92
88
86
78
84
82
54
56
52
50
80
38
74
76
26
16
40
14
28
12
24
30
32
34
36

FIG 3