



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0813219-4 B1



(22) Data do Depósito: 27/06/2008

(45) Data de Concessão: 24/04/2019

(54) Título: COMPOSIÇÃO DE EMULSÃO EXPLOSIVA E MÉTODO PARA PREPARAR A MESMA.

(51) Int.Cl.: C06B 47/14.

(30) Prioridade Unionista: 28/06/2007 US 11/770,378.

(73) Titular(es): MAXAMCORP HOLDING S.L..

(72) Inventor(es): CARL LUBBE; JOSEPH OLIPHANT.

(86) Pedido PCT: PCT EP2008058277 de 27/06/2008

(87) Publicação PCT: WO 2009/000915 de 31/12/2008

(85) Data do Início da Fase Nacional: 28/12/2009

(57) Resumo: COMPOSIÇÃO DE EMULSÃO EXPLOSIVA E MÉTODO PARA PREPARAR A MESMA Uma composição de emulsão explosiva sensível a detonador inclui uma fase de oxidação que inclui uma solução supersaturada de nitrato de amônio e uma fase de combustível que inclui agente de emulsificação suficiente para permitir dispersão da fase de oxidação na fase de combustível. A composição de emulsão explosiva sensível a detonador inclui adicionalmente um depressor de temperatura de cristalização que consiste essencialmente de pelo menos um de uma amina e um nitrato de amina.

COMPOSIÇÃO DE EMULSÃO EXPLOSIVA E MÉTODO PARA PREPARAR A

MESMA

Campo da Invenção

[0001] A presente descrição está direcionada a composições de emulsão explosiva sensíveis a detonador que compreendem nitrato de hexamina e/ou uma ou mais outras aminas ou nitratos de amina e a métodos para preparar as mesmas.

Fundamentos

[0002] As emulsões explosivas são tipicamente fabricadas como uma emulsão de água-em-óleo em temperaturas de processo entre 40 e 100°C. A fase aquosa (oxidante) tipicamente consiste em uma solução sobrenadante de nitrato de amônio (NA) e nitratos de metal alcalino, tais como um nitrato de sódio, nitrato de cálcio, etc., ou outros depressores de temperatura de cristalização em temperaturas elevadas. A fase oxidante cristalizará (fudge) se resfriada abaixo da temperatura de supersaturação e precisa ser mantida aquecida durante o processo. Dependendo da composição de fase oxidante e do(s) depressor(es) de temperatura de cristalização usado(s), a temperatura de cristalização de uma fase oxidante típica estará na faixa de 30 a 100°C.

[0003] A fase oleosa (combustível) consiste tipicamente em um óleo mineral ou vegetal, pelo menos um surfactante e outros modificadores de viscosidade, tais como, ceras, óleos com alto peso molecular, etc. A fase

oleosa também é mantida aquecida durante o processo para impedir cristalização prematura da fase oxidante. A emulsão é fabricada em um misturador de alto cisalhamento, por meio do qual o oxidante é quebrado em gotículas microdimensionadas, revestidas pela fase oleosa. Uma única propriedade de explosivos em emulsões de água em óleo é que a fase oxidante pode ser resfriada abaixo de sua temperatura de supersaturação, uma vez que a emulsão é formada, sem causar a cristalização das gotículas de oxidante. Entretanto, o super-resfriamento excessivo causará rapidamente a cristalização das gotículas de oxidante, fazendo a emulsão tornar-se insensível como um explosivo. Como usado aqui, as referências a temperatura de cristalização da emulsão se referem à temperatura de cristalização da fase oxidante, que se refere à temperatura na qual a cristalização começaria em uma solução de nitrato de amônio e o depressor de temperatura de cristalização.

[0004] A sensibilidade de explosivos em emulsão para detonação pelo choque é controlada pelo teor de água na emulsão. As emulsões sensíveis a detonador podem ser preparadas apenas pelo uso de nitrato de amônio e água na fase oxidante, mas a temperatura de cristalização inicial (ponto de névoa - "fudge point") destas soluções é tão alta que a vida útil adequada do produto não pode ser obtida. O problema é que as gotículas de solução oxidante na emulsão são super-resfriadas a temperatura ambiente, e

se o grau de super-resfriamento é muito alto, as gotículas cristalizarão e a emulsão se tornará insensível ao detonador. Nitrato de sódio e perclorato de sódio foram usados amplamente para diminuir o ponto de névoa para emulsões sensíveis a detonador enquanto conservando o baixo teor de água o suficiente para manter a sensibilidade do detonador.

[0005] As patentes Norte Americanas que descrevem o uso de emulsões como explosivos e o uso de redutores de ponto de névoa incluem a patente Norte Americana no. 3.447.978 que nomeia Harold F. Bluhm como inventor; e as patentes Norte americanas Nos. 4.110.134; 4.138.281 ; 4.149.916; e 4.149.917 que nomeia Charles G. Wade como inventor. Além disso, a patente Norte Americana No. 5.244.475 que nomeia C. Mick Lownds e Steven C. Grow como inventores descreve o uso de agentes de reticulação em explosivos de emulsões.

[0006] Embora a adição de nitrato de sódio à solução oxidante diminua a temperatura de cristalização da emulsão, o nitrato de sódio também foi observado realmente dessensibilizar a emulsão. Microcápsulas ou bolhas de gás foram usadas em explosivos para agir como "pontos críticos" durante a reação de detonação. Conseqüentemente, em emulsões que utilizam nitrato de sódio como um depressor de temperatura de cristalização, mais microcápsulas ou bolhas de gás tem que ser adicionados como um sensibilizador para manter a

sensitividade do detonador.

[0007] As emulsões que usam nitrato de sódio para depressão da temperatura de cristalização podem ser preparadas apenas em densidades de menos que $1,22 \text{ g/cm}^3$. As emulsões que usam perclorato de sódio para diminuir o ponto de névoa podem ser preparadas em densidades de menos que $1,32 \text{ g/cm}^3$. Isso proporciona uma velocidade mais alta de detonação, densidade de energia mais alta no orifício e melhor desempenho no todo. Portanto, perclorato de sódio foi o supressor de ponto de névoa de escolha para as emulsões sensíveis a detonador de melhor qualidade.

[0008] Nos Estados Unidos, o uso de perclorato de sódio em explosivos foi proibido em vários Estados devido a preocupações com combinação com a água da terra. Adicionalmente, o perclorato de sódio tem se tornado dispendioso de modo crescente e vários países estão começando a implementar restrições na importação e transporte marítimo de perclorato. Portanto, uma alternativa menos dispendiosa e mais conveniente necessita ser encontrada e ao mesmo tempo conservando as vantagens do perclorato de sódio (alta velocidade de detonação, alta densidade de energia, etc.).

[0009] Possíveis redutores de ponto de névoa alternativos conhecidos são solução de nitrato de sódio, nitrato de cálcio, nitrato de monometilamina (MMAN) e nitrato de hexamina (HNS). Como determinado acima, o

problema com nitrato de sódio é que o mesmo dessensibiliza a emulsão de modo que mais microcápsulas tem que ser usados. O uso de microcápsulas adicionais aumenta custos e diminui o desempenho no todo.

[00010] O nitrato de monometilamina é um redutor de ponto de névoa muito bom e ao mesmo tem sido usado amplamente em explosivos "water gel" sensíveis em cápsulas, mas não em emulsões. Um problema com o nitrato de monometilamina é que a mesma é ilegal para navegação nos Estados Unidos. O problema é que quando os cristais de nitrato de monometilamina secam, eles se tornam sensíveis a denotação. Portanto, o nitrato de monometilamina precisa ser preparado no local se o mesmo for para ser usado em um explosivo. Cuidado também precisa ser tomado para deixar pequenas quantidades secarem e formarem cristais. Isto requer teste cauteloso de sistemas de tubulação para modelos cautelosos e vazamentos de modo que o nitrato de monometilamina não sedimente e cristalize em qualquer local no sistema. Além dos perigos envolvidos na navegação marítima, armazenamento e uso de nitrato de monometilamina, também é muito dispendioso construir uma instalação que possa preparar de forma segura o nitrato de monometilamina. Uma razão para tal dispêndio é que a monometilamina anidra, um dos componentes da alimentação para qualquer processo para produção de nitrato de monometilamina, é um gás inflamável e precisa ser conservado sob pressão para

manter o mesmo no estado líquido.

[00011] Nitrato de hexamina é também um redutor de ponto de névoa e pode ser usado para preparar explosivos com boa sensibilidade e altos valores de velocidade de detonação (VOD) até densidades de pelo menos 1,35 g/cm³. Entretanto, o nitrato de hexamina possui uma desvantagem principal como um redutor de ponto de névoa que antes impedia seu uso em explosivos em emulsões. Em altas temperaturas o nitrato de hexamina se decompõe rapidamente em formaldeído e amônia, anulando as propriedades de depressores de temperatura de cristalização pela adição de nitrato de hexamina.

Sumário

[00012] A presente revelação é direcionada a uma composição de emulsão explosiva sensível a detonador que compreende uma fase de oxidação e uma fase combustível. A fase de oxidação inclui uma solução supersaturada de nitrato de amônia em água. A fase combustível inclui pelo menos um óleo e agente emulsificante suficiente para permitir a dispersão da fase de oxidação na fase combustível. Além da solução de água e nitrato de amônio na fase de oxidação e do óleo e agentes emulsificantes na fase combustível, a composição de emulsão explosiva pode incluir uma ou mais de uma cera(s), agentes de reticulação, *prill* de nitrato de amônio, alumínio, microcápsulas, bolhas de gás ou outros componentes convencionais. Adicionalmente, a composição

de emulsão explosiva da presente descrição inclui pelo menos um depressor de temperatura de cristalização. O depressor de temperatura de cristalização consiste essencialmente em pelo menos uma amina e um nitrato de amina.

[00013] A presente revelação é adicionalmente direcionada a um método para produção de uma composição de emulsão explosiva sensível a detonador em um reator. O reator pode incluir um ou mais misturadores, agitadores, resfriadores, aquecedores, tanques ou outros equipamentos de processo necessários para realizar o método descrito aqui. A composição de emulsão explosiva pode ser produzida pela adição de uma solução de nitrato de amônio em água, uma fase oleosa e um depressor de temperatura de cristalização a um reator. A solução de nitrato de amônia pode ser mantida em uma temperatura de aproximadamente 90°C ou maior de modo a evitar a saturação ou supersaturação da solução e impedir a cristalização da solução de nitrato de amônio antes de alcançar o reator. A solução de nitrato de amônio, a fase oleosa e o depressor de temperatura de cristalização são misturados em um reator para formar uma emulsão de água-em-óleo. O reator é mantido em uma temperatura de aproximadamente 90°C ou mais por menos que aproximadamente 24 horas após o depressor de temperatura e cristalização ser adicionado ao reator. Mais preferencialmente, o reator é mantido em uma temperatura de aproximadamente 90°C ou mais por menos

que 12 horas e ainda mais preferencialmente por menos que 1 hora.

[00014] O método descrito acima pode ser realizado em uma variedade de configurações de implementação, incluindo configurações de processo em batelada e de processo contínuo. Por exemplo, o reator pode compreender um reator de processo em batelada. A solução de nitrato de amônia, a fase oleosa e o depressor de temperatura de cristalização podem ser adicionados ao reator de processo em batelada em qualquer ordem e misturados para formar a composição de emulsão explosiva. Similarmente, o reator pode compreender um reator de processo contínuo, incluindo pelo menos um misturador de emulsão adaptado para misturar a solução de nitrato de amônia e a fase oleosa. Em algumas implementações, pode ser verificado ser vantajoso armazenar a solução de nitrato de amônio, a fase oleosa e o depressor de temperatura de cristalização de forma separada antes de serem combinadas no misturador de emulsão e/ou antes de entrarem no misturador de emulsão para formar uma corrente de alimentação para o misturador de emulsão.

[00015] Estes e outros aspectos e vantagens da presente descrição se tornarão mais completamente evidentes a partir das descrições seguintes ou poderão ser aprendidos pela prática dos métodos como estabelecidos a seguir.

Breve Descrição dos Desenhos

[00016] Para que seja facilmente entendido a maneira na qual o mencionado acima e outros aspectos e vantagens da presente revelação são obtidos, uma descrição mais particular das presentes composições e métodos brevemente descritos acima será apresentada com referência as modalidades específicas dos mesmos que estão ilustrados nos desenhos anexos. Entendendo que estes desenhos representam apenas modalidades típicas dos métodos e não são, portanto, para serem considerados limitantes de seu escopo, os presentes métodos e composições serão descritos e explicados com especificidade e detalhe adicional através do uso dos desenhos que acompanham em que:

[00017] A Figura 1 é um diagrama de processo esquemático que ilustra um método para produção de composições de emulsões explosivas da presente revelação;

[00018] A Figura 2 é um diagrama de fluxo esquemático que ilustra um processo em batelada exemplar para produção de composições de emulsão explosiva; e

[00019] A Figura 3 é um diagrama de fluxo esquemático que ilustra um processo contínuo exemplar para produção de composições de emulsão explosiva.

Descrição Detalhada

[00020] As modalidades presentemente preferidas serão melhor entendidas por referência aos desenhos. Será facilmente entendido que os componentes, como geralmente descritos e ilustrados nas Figuras aqui,

podem ser arranjados e modelados em uma ampla variedade de diferentes configurações. Desse modo, a seguinte descrição mais detalhada de métodos para produzir composições de emulsão explosiva, como representados nas Figuras 1 a 3, não pretende limitar o escopo da presente revelação, mas é meramente representativa da modalidades presentemente preferidas.

[00021] A Figura 1 ilustra um fluxograma do processo esquemático de um método 10 para produzir uma composição de emulsão explosiva sensível a detonador. Nessa descrição mais básica, os métodos para produzir emulsões explosivas dentro do escopo da presente revelação incluem uma fonte oxidante 12, uma fonte de combustível 14 e uma fonte de depressor de temperatura de cristalização 16, os conteúdos dos quais sendo alimentados em um reator 18 onde eles são misturados para formar uma emulsão 64. Adicionalmente, uma ou mais fontes de componentes suplementares 20 podem proporcionar componentes suplementares ao reator 18 para modificar uma ou mais características do explosivo em emulsão. A emulsão 64 produzida no reator 18 sai do reator e é empacotada, armazenada ou, de outro modo, processada no processador final 22 para uso como uma composição explosiva em emulsão sensível a detonador. Em algumas implementações, o processo de introdução de depressor de temperatura de cristalização no reator para o empacotamento de composição explosiva pode levar menos

que 24 horas, menos que aproximadamente 12 horas ou mais preferencialmente menos que 1 hora. Em outras implementações, o processo pode produzir uma composição explosiva em emulsão estabilizada em menos que aproximadamente 24 horas, menos que aproximadamente 12 horas ou menos que aproximadamente 1 hora enquanto a etapa de empacotamento pode ocorrer depois.

[00022] A fonte oxidante 12 pode ser adaptada para armazenar ou conter uma fase de oxidação 24 para ser alimentada ao reator 18 por meio da corrente de alimentação oxidante 26. A configuração da fonte oxidante 12 pode variar dependendo da composição da fase de oxidação 24 e da maneira na qual a fase de oxidação é alimentada ao reator 18. Por exemplo, a fonte oxidante 12 pode ser proporcionada com um misturador 44. Adicionalmente ou alternativamente, a fase oxidante 24 pode cristalizar em temperaturas ambientes e a fonte oxidante 12 pode incluir um aquecedor e/ou outros elementos de controle de temperatura para manter a fase oxidante 24 acima de sua temperatura de cristalização. Similarmente, as outras fontes, tais como a fonte de combustível 14, a fonte de depressor de temperatura de cristalização 16 e as fontes de componentes suplementares 20, podem incluir aquecedores, misturadores 44 e/ou outros componentes adequados para manutenção do componente armazenado em uma forma e condição adequada.

[00023] Uma fase oxidante exemplar 24 inclui

uma solução de nitrato de amônio que compreende aproximadamente 87,5% nitrato de amônia e aproximadamente 12,5% de água. Outras concentrações de solução de nitrato de amônio podem ser usadas como a fase oxidante. Similarmente, a fase de oxidação 24 pode incluir outros componentes, cujos componentes preferencialmente não são afetados de forma negativa pelas condições da fonte oxidante 12 e cujos componentes preferencialmente não afetam de forma negativa a fonte oxidante 12 e cujos componentes preferencialmente não afetam de forma negativa a habilidade da fase de oxidação ser alimentada ao reator como uma corrente fluida. A fase de oxidação exemplar 87,5/12,5 foi verificada ter uma temperatura de cristalização de aproximadamente 85°C. Conseqüentemente, uma fonte oxidante 12 adaptada para armazenar uma fase de oxidação 24 que compreende uma solução de nitrato de amônio exemplar pode incluir uma montagem de aquecedor adaptada para controlar a temperatura da fase de oxidação 24 para cima de 85°C e preferencialmente a aproximadamente 95°C. Nitrato de amônio e soluções de nitrato de amônio são bem conhecidos e seu uso em explosivos é similarmente bem documentado. Como sugerido, a fase de oxidação 24 pode incluir qualquer concentração adequada de solução de nitrato de amônio ou solução preparada a partir de nitrato de amônio misturado com outros sais de nitrato tais como nitrato de potássio, nitrato de sódio, nitrato de cálcio, etc., e pode ser

formada de qualquer maneira adequada.

[00024] A fonte de combustível 14, similar a fonte oxidante 12, pode ser adaptada para armazenar e/ou suprir uma fase combustível 28 para ser alimentada ao reator 18 por meio da corrente de alimentação de combustível 30. Como é comumente entendido, a fase combustível 28 para uma emulsão explosiva de água-em-óleo tipicamente inclui pelo menos um óleo mineral ou vegetal 32. A fase combustível 28 pode também conter um ou mais agentes emulsificantes 34 e/ou modificadores de viscosidade 36. A razão de óleo 32 para agentes emulsificantes 34 e/ou modificadores de viscosidade 36 pode variar dependendo do restante de componentes no explosivo em emulsão e/ou do uso pretendido de explosivos em emulsão que são fabricadas. Razões exemplares serão proporcionadas abaixo enquanto outras razões podem ser implementadas de acordo com o entendimento desenvolvido a partir da presente revelação.

[00025] Continuando com a discussão do diagrama de fluxo do processo esquemático da Figura 1, a fonte de depressor de temperatura de cristalização 16 é representativa de várias montagens de processo que podem ser usadas para suprir depressor(es) de temperatura de cristalização 38 para o reator 18. Como usado aqui, o depressor de temperatura de cristalização 38 pode também ser referido como um depressor de ponto de névoa 38. Embora vários dos depressores de ponto de névoa tenham

sido usados em explosivos de emulsões anteriores, os depressores de ponto de névoa do momento consistem essencialmente em pelo menos uma de uma de uma solução de amina e uma solução de nitrato de amina. Um depressor de ponto de névoa exemplar é a solução de nitrato de hexamina. Outras soluções de amina adequadas podem incluir uréia e mono-, di- e trietanolamina. Outras soluções de nitrato de amina adequadas podem incluir nitrato de uréia e nitratos etanolamina (por exemplo, nitratos de mono-, di- e trietanolamina). O depressor de temperatura de cristalização 38 pode ser alimentado ao reator 18 pela corrente de alimentação de depressor 40.

[00026] Como ilustrado na Figura 1, cada uma dentre a corrente de alimentação de oxidante 26, a corrente de alimentação de combustível 30 e a corrente de alimentação de depressor 40 inclui uma bomba 42 na corrente. As bombas 42 são ilustrativas da variedade de equipamento que pode ser incluída nas correntes de alimentação e/ou nas fontes de componentes 12, 14, 16, 20 para facilitar os métodos descritos aqui.

[00027] Explosivos em emulsão sensível a detonador são conhecidos há muitos anos. Como descrito acima, os ingredientes básicos de nitrato de amônio e uma fonte de combustível foram suplementados durante anos por uma variedade de outros componentes que proporcionam uma variedade de benefícios para as emulsões. A fonte de componente suplementar 20 na Figura 1 representa os

numerosos aparelhos que podem ser usados para introduzir um ou mais componentes suplementares 50 para o reator 18 por meio da(s) corrente(s) de alimentação suplementar 48. Os componentes suplementares exemplares 46 podem incluir, nitrato de amônio na forma de *prill* (*prill*) 52, alumínio 54 e microcápsulas 56.

[00028] Como será visto na discussão abaixo das Figuras 2 e 3, o reator 18 pode ser configurado em uma variedade de maneiras adequadas para incorporar uma variedade de equipamento de processo 58. A representação esquemática da Figura 1 ilustra que o reator 18 inclui qualquer configuração adequada que combina a fase oxidante 22, a fase combustível 28 e o depressor de cristalização 38 para produzir um explosivo em emulsão sensível a detonador como descrito aqui. Similarmente, o processador de finalização 22 é ilustrativo e representativo da variedade de equipamentos de processo que podem ser utilizados para empacotar, armazenar, embarcar etc. a composição de emulsão de finalização.

[00029] Como introduzido acima, o depressor de temperatura de cristalização 38 pode consistir essencialmente em pelo menos uma de uma solução de amina e/ou uma solução de nitrato de amina. Uma solução de nitrato de amina exemplar é a solução de nitrato de hexamina, que pode ser fabricada pela combinação de hexamina e ácido nítrico em água. A solução de nitrato de hexamina pode ser fabricada em qualquer concentração e

uma variedade de concentrações adequadas pode ser usada dentro do escopo da presente revelação. Uma solução de nitrato de hexamina exemplar inclui 61,4% de nitrato de hexamina em água.

[00030] Uma solução de nitrato de hexamina tendo nitrato de hexamina a 61,4% pode ser fabricada pela adição de água em um reator, que pode ser a fonte de depressor de temperatura de cristalização 16 ou um outro reator que se alimenta na fonte de depressor de temperatura de cristalização 16. A hexamina é então adicionada à água enquanto agitando e resfriando a reação. O ácido nítrico pode então ser adicionado lentamente enquanto se continua a agitar e resfriar a reação para manter a temperatura abaixo de aproximadamente 50°C. A reação é então resfriada a aproximadamente 25°C para armazenamento e uso, tal como na fonte de depressor de temperatura de cristalização 16. Para proporcionar uma solução de nitrato de hexamina que tem nitrato de hexamina a 61,4%, a hexamina e o ácido nítrico podem ser adicionadas à água para produzir uma composição de peso final de 30,4 por cento em peso de água, 43,9 por cento em peso de hexamina e 25,7 por cento em peso de ácido nítrico (68%). A solução final de nitrato de hexamina (61,4%) a 25°C pode ter uma densidade de $1.240 \pm 0,005 \text{ g/cm}^3$ e um pH de aproximadamente 2,5 a aproximadamente 7,0. Soluções de nitrato de hexamina de diferentes concentrações podem ter diferentes

propriedades. Por exemplo, densidades entre $1,1 \text{ g/cm}^3$ e aproximadamente $1,4 \text{ g/cm}^3$ estão dentro do escopo da presente revelação.

[00031] Em temperaturas altas, a solução de nitrato de hexamina tende a se decompor em gases de amônia e formaldeído. Além do cheiro da amônia e/ou formaldeído que podem estar presente quando a solução de nitrato de hexamina começou a se decompor, a decomposição também pode ser observada por uma elevação no pH da solução. Conseqüentemente, o pH da solução de nitrato de hexamina pode ser monitorado na fonte de depressor de temperatura de cristalização 16 para monitorar a qualidade do depressor de temperatura de cristalização 38 que é alimentado ao reator 18. Os depressores de temperatura de cristalização de diferentes composições podem ter diferentes temperaturas nas quais a decomposição se inicia e podem resultar em diferentes produtos de decomposição, mas características similares e/ou propriedades podem ser monitoradas para os diferentes depressores de temperatura de cristalização dentro do escopo da presente revelação. Foi observada que a solução de nitrato de hexamina tem uma temperatura de cristalização entre aproximadamente 5°C e aproximadamente 10°C ; foi observado que a decomposição começa em temperaturas acima de aproximadamente 30°C . Portanto, a solução de nitrato de hexamina (61,4%) pode ser preferencialmente armazenada em temperaturas entre 10°C e

aproximadamente 30°C para evitar a cristalização e a decomposição. Conseqüentemente, a fonte de depressor de temperatura de cristalização 16 pode ser adaptada para manter o depressor 38 dentro dessa faixa de temperatura.

[00032] Explosivos em emulsões sensíveis a detonador são usados em uma variedade de aplicações e a composição de explosivos em emulsão pode variar para se adequar as aplicações desejadas. Variações exemplares de composição explosiva em emulsão podem incluir variar a presença e/ou concentração de um ou mais dos componentes suplementares. Por exemplo, uma composição de explosivo em emulsão adequada pode incluir uma composição sem componentes suplementares tais como alumínio e nitrato de amônio comprimido (*prilled*). Tal composição pode ser útil em aplicações para proporcionar uma baixa energia, explosivo de custo inferior para uso em todos os diâmetros de aplicação (por exemplo, diâmetros de 1" (2,52 cm) a 3,5" (8,89 cm)). Usos exemplares dessa composição de "baixa energia" podem incluir o uso como um reforçador de ANFO e detonação geral onde VOD alto é requerido, mas a alta energia total não é requerida. Adicionalmente, a composição de "alta energia, pequeno diâmetro" pode ser produzida pela adição de alumínio a 6% para a composição e variação de algumas das outras concentrações adequadamente. Ainda adicionalmente, uma composição de "alta energia, grande diâmetro" exemplar pode ser produzida pela adição de alumínio 5,9% e nitrato

de amônio de *prill* a 15%. Concentrações exemplares dos vários componentes são mostradas na tabela seguinte para cada uma das composições exemplares descritas acima:

	Baixa energia % p/p	Alta energia, pequeno diâmetro %p/p	Alta energia, grande diâmetro %p/p	Composições Exemplares %p/p
AN (em solução)	75,91	70,27	59,70	50-80
NA (<i>prill</i>)	0,0	0,0	15,00	0-30
Nitrato de Hexamina	4,62	4,59	3,65	0,1-10,00
Emulsificante	1,76	2,00	1,39	1-3
Cera	2,00	2,00	1,58	1-3
Óleo mineral	0,16	0,0	0,16	0,0-5,0
Alumínio	0,0	6,00	6,00	0-10
Água	13,75	13,14	10,72	5-15
Microcápsulas	1,80	2,00	1,80	1-5
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Energia total	749 cal/g	983 cal/g	1019 cal/g	600-1200 cal/g
Balanço de oxigênio	-0,34%	-6,84%	-2,77%	-10% -+1%
Densidade	1,25	1,25	1,25	1,0-1,4
Ponto de névoa	< 80°C	< 80°C	< 80°C	< 80°C

[00033] As concentrações mostradas na tabela anterior e na discussão antecedente são apenas para ilustração. Outras concentrações estão dentro do escopo da presente revelação, bem como podem ser apropriadas

para modificar o perfil do explosivo da composição para satisfazer a aplicação desejada. Concentrações adequadas podem incluir composições que têm concentrações dentro das faixas identificadas na quarta coluna da tabela acima.

[00034] Os depressores de temperatura de cristalização 38 são primeiramente usados para diminuir a temperatura de cristalização ou ponto de névoa da fase oxidante 24. Historicamente, os depressores de temperatura de cristalização eram armazenados juntos com a fase oxidante, tal como em solução com a mesma, e eram alimentados ao reator de emulsão 18 juntos. Entretanto, a solução de nitrato de amônia usada na fase de oxidação 24 é geralmente armazenada em temperaturas elevadas para evitar a cristalização. Por exemplo, a solução de nitrato de amônia exemplar (87,5%) foi observada ter uma temperatura de cristalização de aproximadamente 85°C e é, portanto, geralmente armazenada em temperaturas maiores que aproximadamente 90°C. Devido a decomposição de depressores de temperatura de cristalização da presente revelação, os métodos da presente revelação armazenam o depressor de temperatura de cristalização 38 separados da fase oxidante 24 até que a mesma é adicionada ao reator 18 para ser incorporada na composição explosiva em emulsão. Consequentemente, a quantidade de tempo durante o qual o depressor de temperatura de cristalização é conservado em uma temperatura elevada é reduzida, por

meio disso minimizando a decomposição do depressor de ponto de névoa e preservando seu funcionamento durante a vida útil da composição de emulsão explosiva.

[00035] As composições explosivas em emulsões são geralmente avaliadas por suas propriedades explosivas (por exemplo, energia total, velocidade de detonação, sensibilidade a detonação, etc.) e também por suas vidas úteis (por exemplo, flexibilidade de condições de armazenagem e preservação de propriedades explosivas ao longo do tempo) Uma composição particular pode possuir propriedades explosivas ideais, mas características de vida útil muito pobres tornando-o praticamente impróprio para o uso comum. Como discutido acima, as composições explosivas em emulsão foram observadas manter suas propriedades explosivas em temperaturas abaixo da temperatura de cristalização da solução de nitrato de amônio uma vez que a emulsão tenha sido formada. No entanto, sem depressores de ponto de névoa 38 na composição de emulsão, as composições são super-resfriadas para um mediante condições normais de armazenagem (por exemplo, condições de temperatura ambiente) que composições sem depressores de ponto de névoa. Isso causa uma vida útil bastante curta, devido pelo menos em parte a diferenças entre os pontos de névoa de soluções de nitrato de amônio (aproximadamente 85°C) e a temperatura de armazenagem (aproximadamente 25°C).

[00036] Historicamente, os depressores de

ponto de névoa úteis, tais como perclorato de sódio, foram observados reduzir o ponto de névoa de emulsão explosiva para aproximadamente 80°C, o que resulta em uma vida útil estendida mediante condições normais de armazenagem. Quando o depressor de temperatura de cristalização exemplar da presente revelação, solução de nitrato de hexamina (61,4%), é adicionado à composição de explosivo em emulsão, o ponto de névoa da fase oxidante é observado ser aproximadamente 75°C. Acredita-se que outros depressores de temperatura de cristalização dentro do escopo da presente revelação reduzem de forma similar o ponto de névoa da fase oxidante. Dependendo da natureza do depressor de temperatura de cristalização usado, a quantidade de depressor 38 usada com relação aos componentes restantes pode variar. Conseqüentemente, a razão de depressor de temperatura de cristalização pode variar em composições dentro do escopo da presente revelação, mas será suficiente para produzir uma temperatura de cristalização de menos que aproximadamente 80°C.

[00037] Sem ser limitado pela teoria, acredita-se agora que as composições exemplares descritas acima terão uma vida útil de um ano ou mais sem reduzir de forma significativa as propriedades explosivas da composição de emulsão explosiva. Por exemplo, as composições dentro do escopo da presente descrição podem exibir menos que 10% de redução na velocidade de

detonação medida após armazenagem por um ano. Adicionalmente ou alternativamente, as composições de acordo com a presente revelação podem manter mais que 90% da energia total após armazenagem por um ano. Por exemplo, foi observado que se a solução de nitrato de hexamina é deixada em uma solução de nitrato de amônia em temperaturas maiores que aproximadamente 90°C por mais que 24 horas, o nitrato de hexamina é quase completamente decomposto, desse modo, prevenindo qualquer depressão de temperatura de cristalização que possa ter sido pretendida pela adição de solução de nitrato de hexamina. Os explosivos preparados a partir de tais soluções não são mais sensíveis a detonação e/ou falham em propagar a onda de detonação dentro de um reforçador.

[00038] Embora os depressores de temperatura de cristalização que estão dentro do escopo da presente revelação possam ser adicionados as composições de emulsão explosiva sem impactar de forma negativa as propriedades explosivas da composição e embora preservem e/ou melhorem as propriedades de vida útil, algumas soluções de amina e soluções de nitrato de amina são conhecidas por adicionarem valor combustível à fase oxidante 24. Os explosivos em emulsões têm de forma favorável um balanço de oxigênio igual a zero de modo que os produtos pós-detonação terão pouco ou nenhum excesso de carbono ou oxigênio. Portanto, a razão de componentes de oxidação para componentes de combustível é variada

para se obter o balanço de oxigênio desejado. O nitrato de amônio tem um balanço de oxigênio positivo de +20% enquanto os óleos e ceras da fase combustível geralmente possuem balanços negativos de oxigênio na faixa de -300% a -350%. Conseqüentemente, a razão de nitrato de amônio para fase combustível é geralmente amplamente em favor de nitrato de amônio.

[00039] Entretanto, as soluções de amina e soluções de nitrato de amina utilizadas nos métodos existentes também possuem um balanço negativo de oxigênio, tal como, -48% para soluções de nitrato de hexamina, que requerem o ajuste da razão de fase oxidante para fase combustível quando comparadas com composições de emulsão explosiva convencional. No entanto, se a razão de fase combustível para a fase oxidante ficar muito baixa, a viscosidade da emulsão aumenta e pode se torna tão alta que o produto não pode ser bombeado ou empacotado de forma conveniente. O nitrato de hexamina foi usado em explosivos à base de água no passado sem confrontar esse problema de viscosidade porque a fase contínua em géis aquosos é a fase oxidante e a razão de fase oxidante para fase combustível pode ser aumentada sem aumentar a viscosidade de "water gel".

[00040] Como visto na tabela acima, que mostra as concentrações ilustrativas de vários componentes na presente emulsão, a concentração de solução de nitrato de hexamina é relativamente baixa (3-

5%) comparada com a concentração de depressores de ponto de névoa convencionais, tal como o perclorato de sódio, que pode regularmente se aproximar de 10%. Enquanto uma variedade de soluções de amina e soluções de nitrato de amina está adequadamente dentro do escopo da presente revelação, o balanço de oxigênio das soluções deve ser considerado na determinação da adequação da solução e na determinação da concentração da solução na composição final de explosivo em emulsão.

[00041] As composições de emulsão explosiva sensíveis a detonador tradicionalmente incluíam emulsificantes na fase combustível para facilitar a dispersão da fase de oxidação na fase combustível. Adicionalmente, os agentes emulsificantes eram tipicamente selecionados e adicionados em concentrações suficientes para resistir à cristalização da fase oxidante na emulsão em resposta a eventos de choque e/ou de cisalhamento. Foi verificado que quando a solução de nitrato de hexamina é adicionada como o depressor de temperatura de cristalização, menos agente emulsificante é requerido para manter a resistência à cristalização mediante os mesmos eventos de choque e/ou de cisalhamento. Acredita-se agora que outras soluções de amina e/ou soluções de nitrato de amina dentro do escopo da presente revelação proporcionarão o mesmo resultado, isto é, permitindo que a composição de emulsão inclua uma concentração menor de agentes emulsificantes enquanto

mantendo boa resistência a cristalização da fase oxidante mediante eventos de choque e/ou de cisalhamento. Além dos gastos economizados atribuíveis a necessidade reduzida para agentes emulsificantes, a concentração diminuída de agentes emulsificantes também ajuda reduzir a viscosidade da emulsão.

[00042] Sem ser limitado pela teoria, acredita-se agora que interações entre os emulsificantes e os grupos amina nos depressores de ponto de névoa podem estar pelo menos parcialmente envolvidas na estabilização da emulsão. Por exemplo, muitos agentes emulsificantes usam aminas como os grupos moleculares principais, que podem interagir com as aminas nos depressores de ponto de névoa. Adicionalmente ou alternativamente, e também sem ser limitado pela teoria, acredita-se que a resistência a cristalização, mesmo com concentrações reduzidas de agentes emulsificantes, pode ser pelo menos parcialmente atribuível a temperatura de cristalização inferior obtida pelo uso de depressores de ponto de névoa comparada a de depressores convencionais, tais como perclorato de sódio. Como discutido acima, o perclorato de sódio é geralmente conhecido por diminuir o ponto de névoa de composições de emulsão explosiva para aproximadamente 80°C e foi observado que os presentes depressores de ponto de névoa diminuem o ponto de névoa para pelo menos uma temperatura tão baixa quanto 75°C.

[00043] Como discutido em várias passagens

acima, as composições e métodos da presente revelação podem proporcionar numerosas vantagens na produção de composições de emulsão explosiva sensível a detonador. Apenas como um exemplo, o uso de nitrato de hexamina é notavelmente seguro e limpo comparado com o uso de perclorato de sódio, devido a preocupações com contaminação do lençol de água. Adicionalmente e alternativamente, uma ou mais das seguintes vantagens podem ser alcançadas através da aplicação de princípios da presente revelação. A economia de gastos pode ser obtida através do uso de quantidades menores de depressores de ponto de névoa, que podem ser requeridas para manter o balanço de oxigênio desejado e que pode ser possível devido a habilidade melhorada para diminuir a temperatura de cristalização da composição de emulsão. Além disso, pelo menos alguns dos depressores dentro do escopo da presente revelação podem ser mais baratos para produzir comparado com depressores de ponto de névoa anteriores. Por exemplo, as soluções de nitrato de hexamina descritas aqui são, pelo menos no momento presente, mais baratas que soluções de perclorato de sódio. Adicionalmente ou alternativamente, como descrito acima, o uso de uma solução de à base de amina ou nitrato de amina pode possibilitar que a composição inclua uma concentração inferior de agentes emulsificantes. Também foi observado que em pelo menos algumas das consistentes implementações da presente revelação, menos microcápsulas

foram requeridas, que adicionalmente reduz o custo para produzir as presentes composições explosivas em emulsão.

[00044] Além da economia de gastos que pode resultar da implementação da presente revelação, as propriedades explosivas da composição são também modificadas pelos princípios ensinados aqui. Por exemplo, a sensibilidade à cristalização por eventos de choque e/ou de cisalhamento pode ser reduzida. Adicionalmente e alternativamente, a vida útil da composição pode ser igual, ou melhor que, a das composições convencionais.

[00045] Foi observado que a energia total das composições que incluem soluções de nitrato de hexamina como o depressor de ponto de névoa é levemente inferior que as energias de composições similares que utilizam soluções de perclorato de sódio. Entretanto, as energias inferiores são compensadas pela maior produção de gás das composições de emulsão que incluem soluções de nitrato de hexamina. As emulsões que utilizam perclorato de sódio produzem uma variedade de produtos de reação, alguns dos quais não são gasosos nas temperaturas de trabalho de explosão. Em testes comparativos entre um explosivo que inclui perclorato de sódio e um explosivo que inclui nitrato de hexamina, o explosivo de nitrato de hexamina produziu 43,84 moles de gás por quilograma de explosivo ao passo que o explosivo de perclorato de sódio produziu 40,97 moles de gás por quilograma de explosivo. Comparando os mesmos explosivos, o explosivo de

perclorato de sódio exibiu uma energia total de 2.608,07 kJ/kg enquanto que o explosivo de nitrato de hexamina exibiu uma energia total de 2.362,10 kJ/kg. A energia total de aproximadamente 9% inferior no explosivo de nitrato de hexamina é pelo menos parcialmente atenuada pela produção total de gás de maior que mais de 7% maior. Uma maneira na qual os níveis diferentes de produção de gás faz uma diferença nas propriedades explosivas está na velocidade de medições de detonação feitas das diferentes composições. Por exemplo, foi observado que uma composição de perclorato de sódio para propósitos gerais, de baixa energia, possui uma energia total de 851 cal/g e velocidades de detonação na faixa de 5400 a 5600 m/s em uma configuração de 2" (5,08 cm) de diâmetro. Em comparação, foi observado que uma composição de nitrato de hexamina para propósitos gerais, de baixa energia, possui uma energia total de 749 cal/g e velocidades de detonação na faixa de 5900 a 6100 m/s em uma configuração de 2" (5,08 cm) de diâmetro. Conseqüentemente, mesmo em configurações onde a energia total é inferior, as composições de emulsão explosiva da presente revelação são capazes de proporcionar uma maior velocidade de detonação, a qual é uma vantagem significativa em algumas aplicações de explosivos, tal como em um reforçador de ANFO.

[00046] Como descrito acima, a composição explosiva em emulsão final da presente revelação inclui

uma fase de oxidação, uma fase combustível e um depressor de temperatura de cristalização. Adicionalmente, a composição final pode incluir um ou mais componentes suplementares comuns a emulsões explosivas, tais como alumínio, *prill*, microcápsulas, etc. O explosivo em emulsão exemplar descrito acima inclui cera como um modificador de viscosidade. Adicionalmente ou alternativamente, agentes de reticulação podem ser usados para obter a reologia desejada da composição final. Considerando as composições exemplares proporcionadas acima na tabela, as composições podem ser modificadas para incorporar agentes de reticulação pela substituição de cera por uma quantidade adequada de óleo mineral e/ou óleo vegetal e adição de uma quantidade apropriada de agente de reticulação. Em algumas implementações, cera e agentes de reticulação podem ser usados juntos na mesma composição. Em uma implementação exemplar de agentes de reticulação para produzir uma emulsão explosiva dentro do escopo da presente revelação, a cera pode ser substituída por óleo mineral e aproximadamente 0,2% de um polibutadieno maleanizado pode ser adicionado como o agente de reticulação. Outros agentes de reticulação podem ser usados e as concentrações adequadas podem ser variadas quando necessário. Adicionalmente e alternativamente, explosivos dentro do escopo da presente revelação podem omitir totalmente a cera e outros modificadores de viscosidade. Por exemplo, explosivos em

emulsão de acordo com a presente revelação podem ser configurados como um explosivo a granel em que a modificação de viscosidade não é requerida ou desejada.

[00047] Embora composições exemplares específicas tenham sido descritas acima e variações de composições tenham sido descritas, os exemplos específicos e descrições mostradas aqui são apenas para ilustração e não pretendem limitar o escopo da presente revelação ou as reivindicações apresentadas abaixo. Por exemplo, as fórmulas e porcentagens em peso listadas na tabela acima são apenas exemplares. Qualquer um ou mais componentes podem ter suas respectivas concentrações aumentadas ou diminuídas para obter diferentes propriedades explosivas, para modificar os perfis de segurança e/ou para alterar a estrutura de custo das composições. Como uma ilustração mais básica de uma modificação que está dentro do escopo da presente revelação, o teor de água pode ser modificado para cima ou para baixo dependendo de várias considerações.

[00048] Em algumas implementações da presente revelação, os componentes e suas respectivas concentrações podem ser variados para realizar um ou mais objetivos, alguns dos quais podendo ser balanceados contra outros. Por exemplo, pode ser desejável produzir um explosivo em emulsão que tenha propriedades explosivas comparáveis ou que exceda as propriedades explosivas de emulsões à base de perclorato de sódio, porém com um

custo inferior a dos produtos atuais. Adicionalmente ou alternativamente, sem considerar os custos, pode ser desejado produzir uma composição de emulsão explosiva que tenha uma velocidade de detonação pelo menos tão alta quanto a do produto de perclorato de sódio disponível atualmente. Adicionalmente ou alternativamente, pode ser preferido produzir uma composição de emulsão explosiva que tenha uma vida útil média de aproximadamente um ano ou mais. Ainda adicionalmente ou alternativamente, as sensibilidades ao gap e a energia podem ser pelo menos tão boas quanto as dos produtos disponíveis atualmente. Outros aspectos exemplares da presente revelação podem ser entendidos a partir da totalidade da presente revelação.

[00049] Como discutido acima, um problema que previamente impediu que soluções de nitrato de hexamina e outras soluções de nitrato de amina ou amina de fossem usadas como depressores de temperatura de cristalização 38 foi a tendência do nitrato de hexamina se decompor mediante as condições de temperatura da fase oxidante. O método esquemático da Figura 1, em que o depressor 38 é mantido separado da fase oxidante até a emulsão está pronto para ser produzido e o processo é finalizado através do resfriamento da emulsão dentro um dia (preferencialmente dentro de aproximadamente 12 horas, e mais preferencialmente dentro de aproximadamente 1 hora), ilustra um método para superar esse problema; mais

métodos específicos são descritos com relação as Figuras 2 e 3.

[00050] Como pode ser entendido a partir da discussão antecedente, as composições de emulsão explosiva da presente revelação podem ser produzidas por meio de qualquer método adequado que combine uma fase de oxidação, um fase combustível e um depressor de temperatura de cristalização em uma maneira que minimiza a quantidade de tempo de duração que o depressor de temperatura de cristalização é sujeito a condições de temperaturas elevadas. Métodos exemplares podem incluir métodos de processo em batelada e métodos de processo contínuo. Referindo-se novamente a Figura 1, pode ser visto que cada um dos agentes de partida do princípio (fase oxidante 24, fase combustível 28 e depressor de temperatura de cristalização 38) pode ser armazenado de forma separada e mantido sob condições que são ótimas para os respectivos componentes. Por exemplo, o depressor de temperatura de cristalização 38 pode ser mantido em uma temperatura baixa enquanto a fase de oxidação 24 pode ser mantida em uma temperatura elevada. O reator 18 pode incluir qualquer um de uma variedade de equipamentos de processo 58 para facilitar os processos contínuos e/ou descontínuos para produzir as atuais composições de emulsão explosiva. Um processo em batelada esquemático ilustrativo de 60 é ilustrado na Figura 2 enquanto um processo contínuo esquemático ilustrativo 70 é ilustrado

de na Figura 3.

[00051] Com referência agora a Figura 2, o reator 18 é ilustrado como incluindo um agitador tipo Ribbon 62 para mistura os vários componentes da composição de emulsão. Um ou mais misturadores e agitadores adequados alternativos ou adicionais podem ser usados no reator 18 também. Por exemplo, agitadores adequados podem incluir agitadores de pá, agitadores de rosca, agitadores de superfície raspada, etc. Similar a Figura 1, o processo em batelada 60 da figura 2 inclui uma fonte de oxidante 12 que proporciona uma fase oxidante 24, uma fonte de combustível 14 que proporciona a fase combustível 28 e uma fonte de depressor de temperatura de cristalização 16 que proporciona um depressor de ponto de névoa 38. Adicionalmente, a Figura 2 ilustra uma pluralidade de fontes de componente suplementar que proporcionam um ou mais dos vários componentes suplementares que podem ser incorporados na composição de emulsão final. No esquema ilustrado, uma dita fonte de componente 20 proporciona uma fonte de nitrato de amônio *prill* 52, enquanto uma outra proporciona uma fonte de alumínio 54 e uma outra proporciona uma fonte de microcápsulas 56. Fontes de componente suplementar adicionais 20 podem proporcionar um ou mais componentes adicionais ou alternativos como pode ser desejado.

[00052] A Figura 2 ilustra que os vários

componentes são adicionados ao agitador tipo Ribbon 62 por meio de correntes de alimentação separadas e que os componentes são primeiramente combinados no agitador tipo Ribbon 62. Um ou mais dos componentes podem ser agitados em um misturador a montante. Sem considerar a configuração precisa das fontes de componente e o reator 18, o processo em batelada 60 da Figura 2 pode ser adaptado para minimizar o tempo durante o qual o depressor de temperatura de cristalização é mantido em uma temperatura elevada. Em uma configuração exemplar, o reator pode ser mantido em uma temperatura de aproximadamente 90°C ou mais para menos de 24 horas após o depressor de temperatura de cristalização ser adicionado ao reator 18. Em outras implementações, a temperatura do reator pode ser mantida acima de 90°C por menos que 12 horas ou menos que aproximadamente 1 hora. Como descrito no início, a fase oxidante 24 pode incluir solução supersaturada de nitrato de amônio em água e pode ser mantida em uma temperatura de 90°C ou mais enquanto na fonte oxidante 12. Para evitar cristalização de fase oxidante, o reator 18 até pode similarmente ser mantido em aproximadamente 90°C até o depressor de ponto de névoa 38 ser adicionado. Além disso, para facilitar a mistura do depressor de temperatura de cristalização na composição explosiva em emulsão, o depressor de temperatura de cristalização 38 pode ser adicionado substancialmente ao mesmo tempo em que a fase oxidante 24

e/ou a fase combustível 28 ou pelo menos em proximidade temporal com a mesma.

[00053] O tempo requerido para o processo em batelada 60, que inclui um agitador tipo Ribbon 62 para misturar eficazmente os componentes para formar a emulsão, pode depender de vários fatores, tais como o volume do agitador 62, da quantidade de materiais sendo misturados e características da composição de emulsão, tais como, densidade, viscosidade, concentração de agentes de emulsificação, etc. Uma vez que o reator 18 agitou suficientemente os vários componentes para forma a composição de emulsão desejada, os conteúdos do reator 18 podem ser movidos para um processador de finalização 22 onde a composição de emulsão 64 é empacotada e/ou preparada para armazenagem, embarque, etc.

[00054] O processo de finalização 22 pode incluir equipamento de refrigeração para resfriar a composição de emulsão a temperatura ambiente preparativa para operações de empacotamento e/ou armazenagem. O equipamento de resfriamento do processador de finalização 22 pode ser adaptado para resfriar rapidamente a composição de emulsão para adicionalmente limitar o tempo durante o qual o depressor de ponto de névoa é mantido em temperaturas elevadas. Dependendo da quantidade de tempo que a composição de emulsão gasta no reator 18 e das condições no mesmo, o processador de finalização 22 pode ser adaptado para proporcionar uma variedade de perfis de

resfriamento para minimizar o tempo que o depressor de ponto de névoa está em uma temperatura elevada. Adicionalmente ou alternativamente, o equipamento de resfriamento pode ser configurado para proporcionar resfriamento controlado na extremidade inferior do processo de resfriamento de modo a evitar e/ou limitar o super-resfriamento da composição de emulsão, desse modo, a cristalização e dessensibilização intencional da composição de emulsão.

[00055] Embora algum ou todo o resfriamento possa ocorrer no processador de finalização 22, a composição de emulsão pode experimentar alguns resfriamentos enquanto ainda no reator 18. Este resfriamento no reator 18 pode ocorrer devido à ausência de calor aplicado enquanto os componentes a uma temperatura inferior estão sendo adicionados ao reator ou podem ser provocados através de resfriamento ativo do reator. Por exemplo, o depressor de temperatura de cristalização pode ser adicionado em uma temperatura entre aproximadamente 10°C e aproximadamente 30°C. Em algumas implementações, o agitador tipo Ribbon 62 pode ser adaptado para ser mantido a, ou acima de, 90°C até que o depressor de temperatura de cristalização 38 é adicionado ao reator, nesse ponto o agitador tipo Ribbon pode ser deixado resfriar ou induzido a resfriar a pelo menos aproximadamente 75°C.

[00056] Dependendo da configuração do

equipamento dentro do reator 18 do processo em batelada 60, o reator 18 pode ser mantido em uma temperatura de aproximadamente 90°C ou mais por menos que aproximadamente 8 horas após o depressor de temperatura de cristalização ser adicionado. Em outras implementações, a temperatura do reator 18 pode ser mantida a aproximadamente 90°C ou mais por menos que aproximadamente 2 horas ou mesmo menos que aproximadamente 1 hora após o depressor de temperatura de cristalização ser adicionado. Por exemplo, o resfriamento ativo pode ser aplicado mediante a introdução de depressor de temperatura de cristalização para diminuir a temperatura do reator para aproximadamente 75°C como discutido acima. Adicionalmente ou alternativamente, a temperatura do reator 18 pode permanecer a, ou acima de, 90°C ou pode ser descontrolada e deixada flutuar de acordo com as temperaturas de entrada dos componentes. Tal implementação pode ser aceitável no processo em batelada onde os componentes de composição de emulsão são removidos a partir do reator 18 em menos que vinte e quatro horas após o depressor de temperatura de cristalização ser adicionado. Por exemplo, o agitador Ribbon 62 pode ser suficientemente eficiente para finalizar a mistura da composição de emulsão 64 em 15 minutos, 30 minutos, 1 hora, 2 horas, 4 horas, 8 horas ou alguns outros tempos suficientemente curto para permitir que a composição de emulsão seja resfriada no processador

de finalização 22 sem degradar o depressor de temperatura de cristalização.

[00057] O processo em batelada 60 da Figura 2 pode ser operado com uma fase oxidante 24, uma fase combustível 28 e um depressor de temperatura de cristalização 38 como descrito acima, de acordo com qualquer uma ou mais das implementações ou iterações descritas acima. Similarmente, o processo em batelada 60 pode ser configurado para produzir uma composição explosiva em emulsão 64 que tem uma ou mais das propriedades e aspectos descritos acima.

[00058] Como indicado previamente, a Figura 3 proporciona uma representação esquemática de um processo contínuo 70 para produzir composições explosivas em emulsão dentro do escopo da presente revelação. Embora não especificamente ilustrado nas figuras, a presente revelação abrange métodos nos quais uma ou mais etapas são processos contínuos enquanto outras etapas são processos em batelada. Por exemplo, a fonte combustível 14 pode compreender um processo contínuo para produção de fase combustível em que o processo contínuo inclui misturar correntes de óleos, emulsificantes e modificadores de viscosidade em um tanque de armazenagem que é usado para alimentar o método 10.

[00059] A Figura 3 ilustra que o reator esquemático 18 da Figura 1 pode incluir múltiplas partes de equipamento de processo 58 para facilitar a produção

das composições explosivas em emulsão 64. A Figura 3 adicionalmente ilustra que independente a configuração do reator 18 e a configuração do método como em batelada ou contínuo, o método inclui uma fase oxidante 24 e corrente de alimentação associada 26, uma fase combustível 28 e corrente de alimentação de combustível associada 30 e um depressor de temperatura de cristalização 38 e corrente de alimentação de depressor associada 40. Como discutido acima, a fase combustível 38 pode incluir óleos 32, agentes emulsificantes 34 e modificadores de viscosidade 36, entre outros componentes possíveis. Como ilustrado na Figura 3, estes componentes podem ser adicionados a fonte combustível 14 a partir de suas próprias fontes, que podem ser fontes separadas para facilitar a medição de vários componentes.

[00060] O reator da Figura 3 pode incluir um misturador de emulsão 72 adaptado para combinar pelo menos a fase oxidante e a fase combustível para produzir a emulsão, que pode ser referida como uma emulsão intermediária 74 que é diferenciada da composição de emulsão explosiva final na medida em que a mesma ainda não inclui todos os componentes pretendidos nas concentrações pretendidas nas temperaturas pretendidas, etc. Como ilustrado na Figura 3 pela corrente de alimentação de depressor 40, o misturador de emulsão 72 pode ser adaptado para incorporar o depressor de temperatura de cristalização 38 na emulsão intermediária

74. Por exemplo, e como ilustrado, a corrente de alimentação oxidante 26, a corrente de alimentação de combustível 30 e a corrente de alimentação de depressor 40 todas sendo inicialmente misturadas para formar uma corrente de alimentação única 76 para o misturador de emulsão 72. Adicionalmente ou alternativamente, uma ou mais de fase oxidante 24, fase combustível 28 e/ou depressor de ponto de névoa 38 podem ser separadas das outras e em qualquer estágio do misturador de emulsão 72. Como um exemplo, o depressor de temperatura de cristalização 38 pode ser adicionado ao misturador de emulsão em um misturador de entrada, que pode estar ligado em série com a corrente de alimentação que contém a fase de combustível e a fase oxidante ou que pode ser compensado do mesmo.

[00061] O misturador de emulsão 72 ilustrado esquematicamente na Figura 3 representa a variedade de equipamentos de processo que pode ser implementada para produzir uma emulsão a partir de corrente de alimentação de combustível e a corrente de alimentação oxidante. Um ou mais aparelhos alternativos podem ser usados individualmente ou em combinação para produzir uma emulsão intermediária que é então modificada para produzir a composição de emulsão final.

[00062] Adicionalmente ou alternativamente, alguns ou todos os depressores de temperatura de cristalização 38 podem ser adicionados a emulsão

intermediária 74 após o misturador de emulsão inicial 72. A Figura 3 ilustra que o reator 18 pode incluir um misturador secundário 78, que pode ser um misturador de pá ou outro misturador adequado, que segue o misturador de emulsão 72 e recebe a emulsão intermediária 74. O misturador secundário 78 pode ser usado para combinar um ou mais componentes suplementares 50 na emulsão intermediária 74. Os componentes suplementares exemplares 50 podem incluir nitrato de amônio *prill* 52, alumínio 54 e/ou microcápsulas 56, entre outros componentes suplementares possíveis. Adicionalmente ou alternativamente, como ilustrado pela corrente de alimentação opcional 80, alguns ou todos os depressores de temperatura de cristalização 38 podem ser adicionados a emulsão intermediária 74 em um misturador secundário.

[00063] Embora o processo contínuo exemplar 70 mostrado na Figura 3 ilustre os componentes particulares que entram no equipamento de processo 58, deve ser entendido que um ou mais componentes podem ser introduzidos em qualquer ponto adequado no reator 18. Por exemplo, a corrente de alimentação opcional 80 do depressor de temperatura de cristalização 38 pode ser configurado para introduzir o depressor de temperatura de cristalização 38 na emulsão intermediária 74 antes da emulsão intermediária entrar no misturador secundário 78.

[00064] Como discutido aqui, a temperatura do depressor de temperatura de cristalização 38, bem como a

temperatura dos outros componentes de alimentação, as composições intermediárias e o produto de emulsão final pode ser monitorado e/ou controlado para obter as propriedades explosivas desejadas de composição de emulsão final. Qualquer um ou mais dos equipamentos de processo 58 que podem constituir o processo contínuo 70, tal como o equipamento 58 ilustrado como compreendendo o reator 18 da Figura 3, pode ser adaptado para aplicar resfriamento e/ou aquecimento ativo, para deixar que as condições ambientais afetem as condições de reação ou mistura, e/ou para isolar o equipamento de condições ambientais. Por exemplo, o misturador secundário 78 pode ser adaptado para resfriar ativamente a emulsão intermediária 74 de modo a manter a temperatura do misturador secundário e, desse modo, a temperatura do depressor 38, dentro de uma faixa aceitável, tais como as faixas de temperatura discutidas acima.

[00065] Como ilustrado pela corrente de saída 82, a saída 84 do misturador secundário 78 pode proceder diretamente ao processador de finalização 22 ou empacotamento, embarcação, etc. Adicionalmente ou alternativamente, a saída do misturador secundário 78 pode proceder por meio de uma corrente de saída interna 86 para um resfriador opcional 88. O resfriador 88 pode ser adaptado para resfriar a composição de emulsão, que pode ser uma emulsão intermediária ou uma emulsão que já inclui todos estes componentes, para manter a temperatura

da emulsão na faixa aceitável de modo a evitar a cristalização da emulsão e decomposição do depressor de temperatura de cristalização. Como descrito acima, qualquer um ou mais dos equipamentos de processo 58 podem incluir funcionalidade de resfriamento que pode tornar o resfriador adicional 88 desnecessário. Entretanto, o resfriador 88 pode ser incorporado em vez de adicionar elementos de resfriamento ao outro equipamento. Em uma implementação exemplar, o misturador secundário 78 pode possuir um sistema de monitoramento de temperatura (não mostrado) associado ao material par ser, ou que está sendo produzido a partir do misturador. No caso em que o sistema de monitoramento de temperatura determina que a temperatura está muito alta, a saída 84 pode ser direcionada para a corrente de saída interna para direcionar ao resfriador 88. O resfriador 88 pode proporcionar resfriamento ativo ou pode ser configurado para deixar a saída 84 resfriar através de exposição as condições ambientes.

[00066] Em implementações que incluem um resfriador 88 para efetuar a redução de temperatura desejada na composição de emulsão intermediária, a Figura 3 ilustra que um misturador secundário adicional 90 pode ser incluído no reator 18. Por exemplo, pode ser desejável retardar a adição do depressor de temperatura de cristalização 38 até que a emulsão seja suficientemente resfriada para evitar a decomposição do

depressor. Como ilustrado na configuração opcional da Figura 3, alguns ou todos os depressores de temperatura de cristalização 38 podem ser adicionados à emulsão como a etapa final no reator, tal como ser adicionados a um misturador secundário 90 a jusante do resfriador 88 ou outro aparelho adaptado para reduzir a temperatura da emulsão. O misturador secundário adicional 90 pode ser de qualquer configuração adequada, tal como um misturador de pá ou outro misturador disponível.

[00067] Considerando esta configuração opcional, alguns ou todos os depressores de temperatura de cristalização 38 podem ser direcionados por meio de uma corrente de bypass 92 para desviar a corrente de alimentação do depressor 40 e a corrente de alimentação opcional 90, e para alimentar as correntes de processo no reator para a jusante do resfriador 88, tal como para ser colocada para dentro do misturador secundário adicional 90. como ilustrado na Figura 3. A(s) corrente(s) de processo do reator que entram no misturador secundário adicional 90 pode incluir a corrente de resfriador 94 que sai do resfriador, como mostrado na Figura 3, ou pode vir diretamente do misturador secundário 78, tal como quando o misturador secundário 78 inclui funcionalidade de resfriamento.

[00068] As várias configurações adicionais do processo contínuo 70 mostradas na Figura 3 ilustram que o reator 18 da presente revelação pode ser configurado de

qualquer maneira adequada para produzir uma composição de emulsão explosiva em que o depressor de temperatura de cristalização 38 é mantido em uma temperatura elevada por uma quantidade mínima de tempo. Como descrito acima, nos métodos da presente revelação a temperatura do reator 18, ou de alguns componentes do mesmo, pode preferencialmente ser mantida acima de 90°C por menos que aproximadamente 24 horas, menos que aproximadamente 12 horas, menos que aproximadamente 4 horas e mais preferencialmente menos que aproximadamente 1 hora. Como usado aqui, as referências a temperatura do reator 18 se referem a temperatura do reator como um todo, uma temperatura média do reator e/ou a temperatura de um ou mais componentes do reator. Mais particularmente, tais referências se referem a temperatura da composição no, ou que passa através do, reator e especificamente a composições que incluem depressor de temperatura de cristalização.

REIVINDICAÇÕES

1 - Composição de emulsão explosiva sensível ao detonador **caracterizada** por compreender:

uma fase de oxidação que inclui uma solução supersaturada de nitrato de amônio;

uma fase de combustível que inclui agente emulsificante para permitir a dispersão da fase de oxidação na fase de combustível; e

um depressor de temperatura de cristalização que consiste essencialmente em nitrato de hexamina em uma quantidade de 0,1% a 10,0% p/p.

2 - Composição de emulsão explosiva, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada** pelo nitrato de hexamina adicionado à composição ter uma densidade entre 1,20 g/cm³ e 1,30 g/cm³ a 25°C.

3 - Composição de emulsão explosiva, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada** por possuir uma temperatura de cristalização na qual a composição de emulsão começa a cristalizar e pelo depressor de temperatura de cristalização ser adicionado para diminuir a temperatura de cristalização para valores abaixo de 80°C.

4 - Composição de emulsão explosiva, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada** por compreender adicionalmente um agente de reticulação e pela emulsão explosiva ter uma densidade entre 1,0 g/cm³ e 1,5 g/cm³ e uma temperatura de cristalização menor que 80°C.

5 - Composição de emulsão explosiva, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada** pela fase de combustível compreender agentes emulsificantes para manter a dispersão da fase de oxidação na fase de combustível sob condições de choque/cisalhamento.

6 - Composição de emulsão explosiva, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada** pela quantidade de agente emulsificante na fase de combustível equivaler a entre 1% p/p e 3% p/p da emulsão explosiva.

7 - Composição de emulsão explosiva, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada** pela fase de oxidação compreender uma solução supersaturada de nitrato de amônio em água; pela fase de combustível compreender óleo mineral e um agente emulsificante para permitir a dispersão da fase de oxidação na fase de combustível; e pelo nitrato de amônio constituir entre 50% em peso e 80% em peso da composição de emulsão explosiva, pela água constituir entre 5% em peso e 15% em peso da composição de emulsão explosiva, pelo óleo mineral constituir entre 0,01% em peso e 5,0% em peso da composição de emulsão explosiva, e pelo depressor de temperatura de cristalização constituir entre 0,1% em peso e 10% em peso da composição de emulsão explosiva.

8 - Método para produzir uma emulsão explosiva sensível ao detonador, conforme definida na reivindicação 1, em um reator, **caracterizado** por compreender:

adicionar uma solução de nitrato de amônio em

água a um reator, em que a solução de nitrato de amônio está a uma temperatura de 90°C ou maior;

adicionar uma fase oleosa ao reator;

adicionar um depressor de temperatura de cristalização ao reator, em que o dito depressor de temperatura de cristalização consiste essencialmente em nitrato de hexamina em uma quantidade de 0,1% a 10,0% p/p; e

misturar a solução de nitrato de amônio, a fase oleosa, e o depressor de temperatura de cristalização; sendo que o reator é mantido a uma temperatura de 90°C ou mais por menos de 8 horas após o depressor de temperatura de cristalização ser adicionado ao reator.

9 - Método, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pela temperatura do reator ser mantida em 90°C ou mais por menos de 1 hora após o depressor de temperatura de cristalização ser adicionado ao reator.

10 - Método, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pela temperatura do reator ser mantida em 90°C ou mais por menos de 30 minutos após o depressor de temperatura de cristalização ser adicionado ao reator.

11 - Método, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pela solução de nitrato de hexamina compreender nitrato de hexamina em uma solução aquosa que tem uma densidade, a 25°C, entre 1,2 g/cm³ e 1,3 g/cm³.

12 - Método, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pela solução de nitrato de hexamina ser

adicionada ao reator a uma temperatura entre 10°C e 30°C.

13 - Método, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pelo reator compreender um reator de processo em batelada.

14 - Método, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado** pela solução de nitrato de amônio em água e a fase oleosa serem misturadas para formar uma emulsão antes de adicionar o depressor de temperatura de cristalização.

15 - Método, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pelo reator compreender um reator de processo contínuo que inclui pelo menos um misturador de emulsão.

16 - Método, de acordo com a reivindicação 15, **caracterizado** pela solução de nitrato de amônio, a fase oleosa e o depressor de temperatura de cristalização serem armazenados separadamente e serem combinados para formar uma corrente de alimentação para o misturador de emulsão.

17 - Método, de acordo com a reivindicação 16, **caracterizado** pelo misturador de emulsão compreender um misturador de entrada e o depressor de temperatura de cristalização ser adicionado à corrente de alimentação no misturador de entrada.

18 - Método, de acordo com a reivindicação 15, **caracterizado** pela solução de nitrato de amônio e a fase oleosa serem combinadas no misturador de emulsão para

formar uma emulsão intermediária, e pelo depressor de temperatura de cristalização ser misturado com a emulsão intermediária em um misturador secundário a jusante do misturador de emulsão.

19 - Método, de acordo com a reivindicação 18, **caracterizado** pelo reator de processo contínuo compreender adicionalmente um resfriador de emulsão à jusante do misturador de emulsão, e pelo depressor de temperatura de cristalização ser misturado com a emulsão intermediária à jusante do resfriador de emulsão.