



República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior
e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0309710-2 B1

(22) Data do Depósito: 18/04/2003

(45) Data de Concessão: 19/07/2016



(54) Título: COMPOSIÇÃO AGUOSA ÁCIDA ESPESADA, BEM COMO PROCESSOS PARA O ESPESAMENTO DE UMA MISTURA AQUOSA ÁCIDA E PARA A ACIDIFICAÇÃO DE UMA FORMAÇÃO SUBTERRÂNEA, E FLUIDO DE ESTIMULAÇÃO DE POÇO

(51) Int.Cl.: E21B 43/27; C09K 3/00; E21B 43/26

(30) Prioridade Unionista: 29/04/2002 US 60/376,295, 29/05/2002 US 10/157,565

(73) Titular(es): AKZO NOBEL N.V.

(72) Inventor(es): RANDY EZELL DOBSON, DAVID KELLY MOSS, SARASAMMA RAMAN PREMACHANDRAN

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**COMPOSIÇÃO AQUOSA ÁCIDA ESPESSADA, BEM COMO PROCESSOS PARA O ESPESSAMENTO DE UMA MISTURA AQUOSA ÁCIDA E PARA A ACIDIFICAÇÃO DE UMA FORMAÇÃO SUBTERRÂNEA, E FLUIDO DE ESTIMULAÇÃO DE POÇO**".

O presente pedido de patente reivindica a prioridade do Pedido de Patente Provisório U.S. Nº. de série 60/376.295, depositado em 29 de abril de 2002 e é uma continuação em parte do Pedido de Patente U.S. Nº. de série 09/553.196, depositado em 20 de abril de 2000, que é uma continuação em parte do Pedido de Patente U.S. Nº. de série 08/995.275, depositado em 17 de dezembro de 1997.

Campo da Invenção

A presente invenção geralmente refere-se a géis ácidos espessados e aos usos dos mesmos.

Antecedentes da Invenção

A presente invenção geralmente refere-se a géis ácidos espessados e aos usos para tais géis ácidos espessados. Por exemplo, as ditas soluções ácidas espessadas podem ser proveitosamente empregadas em formulações para limpeza tais como agentes de limpeza de superfícies duras, agentes de limpeza de instalações sanitárias, agentes de limpeza industriais e similares e em aplicações em campos petrolíferos tal como estimulação de poços. Estes e outros usos serão evidentes para o versado na técnica.

As composições da presente invenção são particularmente úteis em aplicações em campos petrolíferos. são obtidos hidrocarbonetos durante a perfuração de um poço que penetra em uma formação que contém hidrocarboneto subterrâneo fornecendo um percurso de escoamento parcial para que o petróleo atinja a superfície. Para a passagem do petróleo desde a formação até a cavidade do poço deve haver um percurso de fluxo desde a formação até a cavidade do poço. Este percurso de fluxo passa através da rocha de formação e tem poros de tamanho e número suficiente para permitir que um conduto para o óleo se mova através da formação.

Uma razão comum para um declínio na produção de petróleo consiste nos danos à formação que entope os poros da rocha e impede o fluxo de óleo até a cavidade do poço e definitivamente até a superfície. Es-

tes danos geralmente surgem da injeção deliberada de um outro fluido para dentro da cavidade do poço. Até mesmo após a perfuração, um pouco de líquido de perfuração permanece na região da formação próximo à cavidade do poço, que pode se desidratar e formar um revestimento sobre a cavidade do poço. O efeito natural deste revestimento é a diminuição da permeabilidade ao óleo que se move desde a formação na direção da cavidade do poço.

Uma outra razão para um declínio na produção de óleo ocorre quando os poros da formação forem de pequeno tamanho tal que o óleo migre em direção à cavidade do poço apenas muito lentamente. Em ambas as circunstâncias, é desejável melhorar a baixa permeabilidade da formação.

A estimulação do poço refere-se às várias técnicas empregadas para melhorar a permeabilidade de uma formação que contém hidrocarboneto. São tipicamente empregadas três técnicas gerais de estimulação de poços. A primeira envolve a injeção de substâncias químicas na cavidade do poço para reagir com e dissolver os materiais que danificam a permeabilidade tais como revestimentos da cavidade do poço. Um segundo método requer a injeção de substâncias químicas através da cavidade do poço e para dentro da formação para reagir com e dissolver pequenas porções da formação criando dessa forma percursos de fluxo alternativos para que os hidrocarbonetos escoem para a cavidade do poço. Estes percursos de fluxo alternativos redirecionam o fluxo de óleo em torno da baixa permeabilidade ou áreas danificadas da formação. Uma terceira técnica, freqüentemente denominada fraturação, envolve a injeção de substâncias químicas na formação a pressões suficientes para realmente fraturar a formação, criando desse modo um grande canal de escoamento através do qual o hidrocarboneto pode se mover mais facilmente desde a formação e para dentro da cavidade do poço.

Em uma modalidade, a presente invenção refere-se a métodos para melhorar a produtividade de formações que contêm hidrocarbonetos por remoção de danos na formação próximos à cavidade do poço ou por criação de percursos de fluxo alternativos por dissolução de pequenas partes da formação. Isto é convencionalmente conhecido como acidificação da

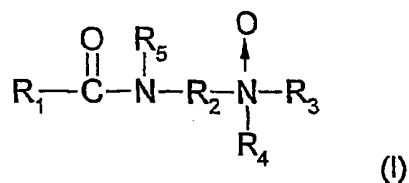
matriz. Nesta técnica, ácidos ou fluidos à base de ácidos, são úteis sob este aspecto em consequência de sua capacidade de dissolver tanto os minerais da formação como os contaminantes que foram introduzidos na cavidade do poço/formação durante as operações de perfuração ou de reparação. Os fluidos primários usados nos tratamentos com ácido são ácidos minerais tal como ácido clorídrico que ainda é o tratamento com ácido preferido em formações de carbonato. Para formações de arenito, o fluido preferido é uma mistura de ácido clorídrico/ácido fluorídrico.

A finalidade de um tratamento com ácido é a remover os danos de formação ao longo da maior parte do percurso de escoamento do hidrocarboneto tanto quanto possível. Um tratamento eficaz deve portanto remover tantos danos quanto possível ao longo de percurso de fluxo total. Os fluidos e as técnicas da presente invenção permitem a penetração máxima do ácido resultando em um tratamento mais eficaz.

Os fluidos viscoelásticos espessados com ácido da presente invenção também têm aplicações em fratura hidráulica, em compactação com pedregulho e em outras técnicas de estimulação de poços conhecidas de um versado na técnica. Adicionalmente, os fluidos espessados com ácido da presente invenção podem vantajosamente ser empregados em vários agentes de limpeza domésticos e industriais incluindo, porém não limitados a, composições detergentes, agentes de limpeza de instalações sanitárias, agentes de limpeza de superfícies duras, composições de eliminação de gorduras e similares.

Sumário da Invenção

A presente invenção geralmente refere-se a composições aquosas ácidas viscoelásticas espessadas com um agente de gelificação de óxido de amidoamina e/ou com um tensoativo viscoelástico de fórmula geral I:



em que R_1 é um grupo alifático de cadeia reta ou ramificada, saturado ou insaturado de desde aproximadamente 7 até aproximadamente 30 átomos de carbono, R_2 é um grupo alqueno divalente de 2-6 átomos de carbono que pode ser linear ou ramificado, substituído ou não-substituído e R_3 e R_4 são independentemente grupos C_1 - C_4 alquila ou hidroxialquila ou juntos eles formem um anel heterocíclico de até seis elementos e R_5 é hidrogênio ou um grupo C_1 - C_4 alquila ou hidroxialquila.

Os agentes gelificantes mencionados acima vantajosamente fornecem géis que não sofrem separação de fase durante extensos períodos de tempo e exibem grande estabilidade térmica. Os géis ácidos espessados da invenção têm aplicações agentes de limpeza domésticos e industriais e em agentes desengordurantes, em aplicações de estimulação de campos de petróleo e similares.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

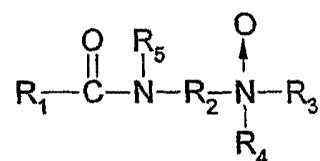
A presente invenção geralmente refere-se a uma composição ácida viscoelástica, a um agente gelificante para soluções ácidas e a métodos de utilização da dita composição ácida gelificada. A composição ácida espessada da presente invenção pode vantajosamente ser empregada em métodos de estimulação e/ou de modificação da permeabilidade de formações subterrâneas, em fluidos para perfuração de poços, em fluidos de completação, em fluidos de intervenção, em fluidos acidificantes, em compactação com pedregulho e similares. Adicionalmente, as composições espessadas com ácido da presente invenção também podem ser empregadas em formulações para limpeza, revestimentos de base aquosa, formulações de detergentes, formulações de cuidado pessoal, formulações de asfalto de base aquosa e similares.

Em uma modalidade, a invenção refere-se a um gel aquoso, ácido espessado que compreende ácido e um agente gelificante. Pode ser empregado qualquer ácido conhecido, incluindo, porém não limitado a, ácidos minerais, ácidos orgânicos e similares. Podem ser obtidas composições aquosas ácidas espessadas da presente invenção por adição de um ou mais agentes gelificantes a soluções aquosas ácidas como descrito a seguir. A

concentração de agente gelificante na composição aquosa está geralmente na faixa de desde aproximadamente 0,5% até aproximadamente 10% em peso, de preferência de desde aproximadamente 2% até aproximadamente 8% em peso e mais preferivelmente desde aproximadamente 4% até aproximadamente 6% em peso baseado no peso total da composição. A composição aquosa da invenção pode incluir sais inorgânicos e vários aditivos como descrito aqui a seguir.

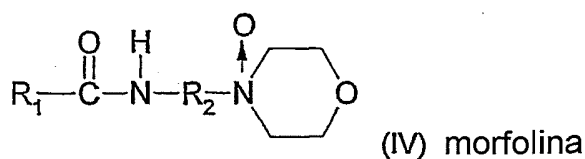
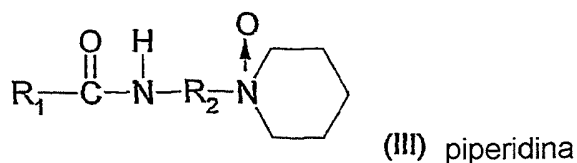
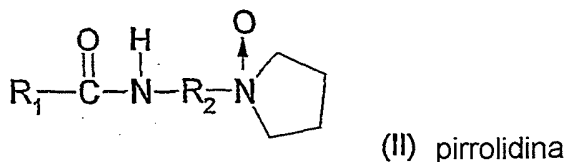
Os agentes gelificantes divulgados e descritos neste caso são tensoativos que podem ser adicionados isoladamente ou eles podem ser usados como um componente principal nas composições aquosas ácidas espessadas da presente invenção.

A composição de agente gelificante da presente invenção compreende pelo menos um glicol e pelo menos um óxido de amidoamina que tem a estrutura



em que R_1 é um grupo alifático de cadeia reta ou ramificada saturado ou insaturado de desde aproximadamente 7 até aproximadamente 30 átomos de carbono, de preferência de desde aproximadamente 14 até aproximadamente 21 átomos de carbono. Mais preferivelmente, R_1 é um ácido graxo alifático derivado de gorduras ou de óleos naturais que têm um valor de iodo de desde aproximadamente 1 até aproximadamente 140, de preferência de desde aproximadamente 30 até aproximadamente 90 e mais preferivelmente desde 40 até aproximadamente 70. R_1 pode estar restrito a um comprimento de cadeia simples ou pode ser de comprimento de cadeia misto tais como aqueles grupos derivados de gorduras ou de óleos naturais ou estoques de petróleo. Os preferidos são alquila de sebo, alquila de sebo endurecido, alquila de semente de colza, alquila de semente de colza endurecido, alquila de óleo de tall, alquila de óleo de tall endurecido, alquila, oleíla de coco ou alquila de soja. R_2 é um grupo alquilenos divalente de cadeia reta ou ramifica-

da, substituído ou não-substituído de desde 2 até aproximadamente 6 átomos de carbono, de preferência de 2 a 4 átomos de carbono e mais preferivelmente de 3 átomos de carbono. R_3 e R_4 são os mesmos ou diferentes e são selecionados entre grupos alquila ou hidroxialquila de desde 1 até aproximadamente 4 átomos de carbono e são de preferência hidroxietila ou metila. Alternativamente, R_3 e R_4 no óxido de amidoamina de fórmula I juntamente com o átomo de nitrogênio ao qual estes grupos estão ligados formam um anel heterocíclico de até 6 elementos. Finalmente, R_5 é hidrogênio ou um grupo C_1 - C_4 alquila ou hidroxialquila. Ilustrativos destes óxidos de amidoamina são aqueles derivados de:



Outros exemplos de óxidos de amidoamina considerados pela presente invenção incluem porém não estão limitados àqueles selecionados do grupo que consiste em óxido de amidoalquilamina de sebo, óxido de amidoalquilamina de sebo endurecido, óxido de amidoalquilamina de semente de colza, óxido de amidoalquilamina de semente de colza endurecido, óxido de amidoalquilamina de óleo de tall, óxido de amidoalquilamina de óleo de tall endurecido, óxido de amidoalquilamina de coco, óxido de estearil amidoalquilamina, óxido de oleil amidoalquilamina, óxido de aminoalquilamina de

soja e misturas dos mesmos. Exemplos específicos preferidos dos óxidos de amidoamina da presente invenção incluem porém não estão limitados pelos seguintes: óxido de seboamidopropil dimetilamina, óxido de seboamidopropil dimetilamina hidrogenado, óxido de amidopropil dimetilamina de soja, óxido de oleil amidopropil dimetilamina, óxido de erucil amidopropil dimetilamina, óxido de amidopropil dimetilamina de semente de colza, óxido de amidopropil dimetilamina de semente de colza hidrogenado, óxido de amidopropil dimetilamina de óleo de tall, óxido de amidopropil dimetilamina de óleo de tall hidrogenado, óxidos de amidopropil dimetilamina de C₁₄-C₂₂ ácido graxo saturado ou insaturado e misturas dos mesmos.

A composição de agente gelificante óxido de amina pode ser preparada por reação de uma amina terciária, por exemplo, uma amidoamina terciária, com um peróxido de hidrogênio concentrado em um glicol miscível como um solvente. A quantidade de glicol a ser adicionada é determinada pela concentração da solução de óxido de amina a ser preparada.

Os glicóis empregados são solventes de alto ponto de fulgor que solubilizam a amina terciária, o óxido de amina e a água provenientes do reagente peróxido de hidrogênio. Se for usada água como solvente, o resultado é um gel/pasta com uma concentração máxima de óxido de amina de 20-30%. Se for preciso empregar um álcool tal como isopropanol como um solvente, então o produto terá um baixo ponto de fulgor e precisará ser classificado como uma substância inflamável. Além disso, os álcoois tal como isopropanol parecem modificar a estrutura dos agregados tensoativos formados dessa maneira afetando negativamente a capacidade da solução de óxido de amina espessar soluções. O uso de glicóis de acordo com a presente invenção supera as desvantagens da técnica anterior e permite a preparação de composições viscoelásticas concentradas de óxido de amina que têm uma capacidade espessante superior.

Na alternativa, a composição de agente gelificante óxido de amina pode ser preparada por reação de uma amina terciária com um peróxido de hidrogênio concentrado em um solvente álcool tal como isopropanol porém, como mencionado acima pois os solventes álcoois tal como isopropanol

podem ter um efeito prejudicial sobre o desempenho do agente gelificante, é preferível que o álcool seja removido do produto final e substituído com um solvente glicol.

Embora qualquer solvente glicol possa ser empregado de acordo com a presente invenção, os glicóis mais preferidos incluem mas não estão limitados a etileno glicol, butileno glicóis, dietileno glicol, polipropileno glicol, polietileno glicol, glicerina, propileno glicóis, tetrametileno glicol, tetrametileno glicol, trimetileno glicol e similares. Os propileno glicóis (por exemplo, o 1,2 propanodiol) são os glicóis mais preferidos.

É também importante minimizar a quantidade de ácido graxo livre formado pois o ácido graxo livre pode ser prejudicial aos agentes gelificantes. Mais especificamente, os agentes gelificantes de acordo com a presente invenção conferem maior viscosidade a uma solução aquosa se o óxido de amina tiver menos do que 5% de ácido graxo livre, de preferência menos do que 3% de ácido graxo livre e mais preferivelmente ainda, menos do que 1% de ácido graxo livre. Para se conseguir estes baixos níveis de ácido graxo livre, é importante utilizar um catalisador de oxidação no processo mencionado acima para a preparação de agentes gelificantes da presente invenção. Os catalisadores de oxidação preferidos incluem, mas não são limitados ao dióxido de carbono dissolvido, um sal carbonato, um sal bicarbonato e similares. Os sistemas catalisadores tais como este são descritos na Patente U.S. Nº. 4.960.934 que é aqui incorporada como referência.

Também pode ser incorporado um seqüestrante para estabilizar o produto a temperaturas mais altas durante a armazenagem. Um seqüestrante preferido é um sal fosfonato, tais como os sais fosfonatos comercializados por Solutia[®] sob o nome comercial de Dequest[®]. Um produto preferido é o Dequest[®] 2010. O seqüestrante pode ser adicionado seja durante o processo para a obtenção da composição de agente gelificante da presente invenção ou em qualquer ponto depois disso.

A composição de agente gelificante confere maior viscosidade a uma solução aquosa ácida se o óxido de amina contiver menos do que 10%, porém mais do que 0,5% de amina livre, de preferência entre 8% e 2% de

amina livre e mais preferivelmente ainda entre aproximadamente 6% e 3% de amina livre.

A concentração de composição agente gelificante, de preferência está na faixa de desde aproximadamente 1% até aproximadamente 10% dependendo da viscosidade desejada, mais preferivelmente aproximadamente 3% até 8% e mais preferivelmente aproximadamente 4% até aproximadamente 6%. Foi demonstrado que os agentes gelificantes da presente invenção espessam eficazmente as soluções ácidas de HCl de 3-15%.

As composições da presente invenção também podem conter sais inorgânicos (por exemplo, salmouras que contêm sais de metal alcalino, sais de metal alcalino-terroso e/ou sais de amônio) e outros aditivos modificadores de viscosidade (por exemplo, tais como produtos celulósicos). São vantajosamente usadas salmouras gelificadas com tais agentes como agentes de desvio de água, fluidos propulsores de água, fluidos de fratura, lamas de perfuração, fluidos de compactação de pedregulho, fluidos de perfuração, fluidos de intervenção, fluidos de completação e similares.

As composições ácidas gelificadas da presente invenção também podem ser utilizadas em formulações para limpeza e para sanitização, revestimentos à base de água (por exemplo tintas), formulações detergentes, formulações de cuidado pessoal, sistemas de asfalto à base de água, concreto, produtos de construção (por exemplo, argamassas, rebocos, compostos para juntas e similares), agentes de controle de detritos, em aplicações de estimulação de poço de petróleo e similares.

Quando usados em aplicações de estimulação, o gel ácido espessado da presente invenção pode opcionalmente incluir lubrificantes, inibidores de corrosão e vários outros aditivos.

Os lubrificantes podem incluir sais de metal ou de amina de um organo enxofre, fósforo, boro ou ácido carboxílico. Típicos de tais sais são ácidos carboxílicos de 1 a 22 átomos de carbono inclusive tanto ácidos aromáticos como alifáticos; ácidos de enxofre tais como ácidos alquil e sulfônicos aromáticos e similares; ácidos de fósforo tais como ácido fosfórico, ácido fosforoso, ácido fosfínico, ésteres fosfato de ácido e homólogos análogos de

enxofre tais como o ácido tiofosfórico e ditiofosfórico e ésteres relacionados de ácido; mercaptobenzazol; ácidos de boro inclusive ácido bórico, boratos ácidos e similares e sais de amina de ácido láurico.

Os inibidores de corrosão podem, incluir nitritos, nitratos, fosfa-
5 tos, silicatos e benzoatos de metal alcalino. Os inibidores orgânicos repre-
sentativos adequados incluem composto hidrocarbíl amina e hidrocarbíl ami-
na hidróxi-substituído neutralizado com ácido, tais como fosfatos neutraliza-
dos e hidrocarbíl fosfato ésteres, ácidos graxos neutralizados (por exemplo,
aqueles que têm 8 até aproximadamente 22 átomos de carbono), ácidos car-
10 boxílicos aromáticos neutralizados (por exemplo, ácido 4-(t-butil)-benzóico),
ácidos naftênicos neutralizados e hidrocarbíl sulfonatos neutralizados. Os
ésteres de sal mistos de succinimidás alquiladas também são úteis. Os inibi-
dores de corrosão também podem incluir as alcanolaminas tais como eta-
nolamina, dietanolamina, trietanolamina e as propanolaminas correspon-
15 dentes assim como morfolina, etilenodiamina, N,N-dietilenodiamina, alfa- e
gama-picolina, piperazina e isopropilaminoetanol.

Os fluidos de estimulação também podem incluir aditivos para
aplicações específicas para otimizar o desempenho do fluido. Exemplos in-
cluem colorantes; corantes, desodorantes tal como citronela; bactericidas e
20 outros agentes antimicrobianos; agentes de quelação tal como um sal de
sódio tetraacetato de etileno diamina ou do ácido nitrilo triacético; agentes
anticongelantes tais como etileno glicol e polioxialquileno polióis análogos;
antiespumantes tais como agentes contendo silicone e agentes estabilizado-
res de cisalhamento tais como polioxialquileno comercialmente disponíveis.
25 Agentes antidesgaste, modificadores de atrito, agentes antideslizamento e
de lubricidade também podem ser adicionados. Também estão incluídos os
aditivos de pressão extrema tais como ésteres fosfato e dialquil ditiofosfato
de zinco.

Os géis ácidos espessados divulgados e descritos neste caso
30 podem vantajosamente ser empregados como um fluido acidificante. Uma
parte principal das reservas mundiais de hidrocarbonetos é encontrada em
estruturas de rocha de carbonato que se sabe terem permeabilidade muito

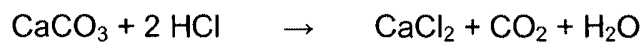
baixa. Em muitos reservatórios de arenito, a estrutura da rocha pode ser cimentada junta por carbonato ou incrustações de carbonato podem se acumular próximo a poços de produção como um resultado de dióxido de carbono que é liberado de solução em consequência de uma queda de pressão.

- 5 Um outro tipo de incrustação que pode se acumular ao redor de poços de produção é incrustação de ferro, em particular de óxidos e de hidróxidos de ferro. Baixa permeabilidade, danos por perfuração e acúmulo de incrustação todos impedem o fluxo de óleo para o poço de produção e o método convencional usado para abrir canais ao redor da cavidade do poço para melhorar a vazão é a injeção de ácido conhecida como estímulo acidificante ou
- 10 ácido.

Há dois tipos de tratamento com ácido: acidificação da fratura, isto é, injeção de ácido a taxas acima da pressão da fratura para atacar as faces das fraturas resultantes e acidificação da matriz em que a injeção de

15 ácido é feita a taxas abaixo da pressão da fratura para dissolver os canais de fluxo na rocha ou para remover a incrustação ou os danos causados pela perfuração. Os tratamentos com ácido são empregados em todos os tipos de poços de petróleo e ocasionalmente em poços de água: eles podem ser usados para abrir fraturas ou remover danos em poços recém-perfurados ou

20 para reabilitar poços antigos dos quais a produção tinha diminuído. O ácido é bombeado para o poço, onde ele reage com o carbonato de cálcio de acordo com a reação a seguir:



O cloreto de cálcio (CaCl_2) é altamente solúvel em água e o ácido ataca os

25 canais na rocha, melhorando desse modo o fluxo de óleo ou de gás em direção ao poço de produção. O ácido clorídrico reage imediatamente com a rocha de carbonato e tende a formar alguns canais grandes conhecidos como "orifícios de verme" através da rocha, em vez de abrir para a estrutura do poro. A distância de penetração de ácido é limitada a alguns metros (pés)

30 no máximo.

Sendo que o ácido clorídrico reage tão rapidamente quando em contato com a rocha de carbonato, foram desenvolvidos alguns produtos que

visam reduzir a taxa de reação, permitindo que o ácido penetre ainda mais na formação e para reagir mais uniformemente em torno da cavidade do poço. A reação de ácido clorídrico pode ser retardada por gelificação do ácido de acordo com a presente invenção. Adicionalmente, foi demonstrado
5 que o gel ácido espessado da presente invenção se espessa com carbonato de cálcio até aproximadamente 13-17% em cujo ponto os géis separam-se em fase causando rápido afinamento.

A reação do ácido acético é naturalmente retardada porque uma formação do produto da reação, dióxido de carbono, reduz a taxa de reação.
10 Como o dióxido de carbono vaza para dentro da formação ou é absorvido pelo óleo, pela água ou pelo gás hidrocarboneto, continua a reação de ácido acético.

Convencionalmente os poços de hidrocarbonetos em reservatórios de carbonato são acidificados imediatamente após a perfuração antes que comece a produção e freqüentemente são conduzidos tratamentos de
15 repetição a cada dois a três anos.

Os géis ácido espessados da presente invenção também são úteis em fratura de matriz quando são criadas fraturas por injeção de área suspensa em um fluido aquoso (conhecido como suporte) em um poço a
20 uma taxa acima da pressão de fratura. Quando é removida a pressão de injeção, a areia permanece no local, servindo de suporte para a fratura aberta. É muito incomum para uma fratura com suporte subseqüentemente ser tratada com ácido clorídrico, pois a rápida taxa de reação entre o ácido e a rocha pode causar colapso da fratura. No entanto, os danos podem ser
25 causados pela filtração de géis da suspensão de suporte sobre as faces da fratura e isto pode reduzir substancialmente a vazão de óleo ou de gás para dentro da fratura.

Convencionalmente os poços de petróleo são perfurados verticalmente para baixo no reservatório de óleo e através da zona proveitosa do reservatório. O óleo escoava para dentro da cavidade do poço vertical. Nestes
30 últimos anos a perfuração de poços fora da cavidade do poço vertical em uma direção horizontal através do reservatório tornou-se bem-difundida. Em

muitos casos os poços horizontais aumentaram a produção de hidrocarboneto diversas ordens de grandeza. A remoção de danos por perfuração pelo acúmulo de torta de filtro de lama de perfuração e finas partículas de rocha provenientes de poços horizontais é um processo muito oneroso em virtude

5 da necessidade de se usar técnicas especializadas, tal como injeção de ácido através de tubulação em serpentina, para evitar a corrosão do equipamento do topo do poço e evitar que o ácido clorídrico que está sendo esgotado antes de ele alcançar a extremidade remota do poço horizontal. A finalidade de um tratamento com ácido ou acidificação da formação é remover

10 os danos da formação ao longo tanto do percurso de fluxo de hidrocarboneto quanto possível. Um tratamento eficaz deve portanto remover tantos danos quanto possível ao longo de todo o percurso do fluxo. Os fluidos e as técnicas da presente invenção permitem a máxima penetração do ácido resultando um tratamento mais eficaz.

15 Finalmente, quando um reservatório foi exaurido em virtude da redução de pressão do reservatório natural, água ou dióxido de carbono gasoso pode ser injetada para recuperar uma maior percentagem do óleo no local. Água ou gás é injetado através de uma proporção de poços no reservatório (poços injetores), empurrando desse modo o óleo em direção aos

20 poços produtores. Em alguns reservatórios a taxa de injeção de água é baixa e portanto a taxa de produção de óleo é baixa. Os tratamentos com ácido que utilizam os géis ácidos da presente invenção podem ser empregados para aumentar a injetividade dos poços injetores.

Os agentes gelificantes aqui divulgados fornecem diversas vantagens sobre os polímeros (por exemplo, os polissacarídeos), habitualmente

25 usados como agentes gelificantes para fluidos orifício abaixo. Por exemplo, os compostos aqui apresentados (particularmente o óxido de alquil amidoamina e mais particularmente, óxido de alquil amidopropilamina) quando usado como agentes gelificantes para fluido orifício abaixo produzem menos

30 resíduo durante a formação o que podia resultar em danos na formação durante e após o processo orifício abaixo.

Além disso, é mais fácil produzir o fluido gelificado comparado

com polímeros que tipicamente devem ser hidratados e o fluido gelificado pode ser projetado para "se romper" com as temperaturas de formação ou com outros fatores tais como oxidantes. Pode-se também "romper" o fluido gelificado pela utilização de solventes tais como hidrocarbonetos, álcoois ou até mesmo óleo provenientes da formação. Os agentes gelificantes apresentados a seguir podem ser utilizados em uma ampla faixa de temperatura dependendo do comprimento da cadeia e pode ajudar na remoção de óleo proveniente da formação.

Com a finalidade de modificar seletivamente a permeabilidade de formações rochosas subterrâneas um ou mais agentes gelificantes podem primeiro ser mesclados com uma composição aquosa ácido de concentração desejada para formar um fluido viscoelástico ácido espessado que é então injetado na formação de rocha em uma quantidade eficaz para modificar a permeabilidade da formação. Opcionalmente, a concentração de agente gelificante no fluido ácido pode ser de desde aproximadamente 0,05% até aproximadamente 10%, de preferência de desde aproximadamente 2% até aproximadamente 8% e mais preferivelmente de desde aproximadamente 4% até aproximadamente 6% em peso. É também importante que o agente gelificante contenha menos do que aproximadamente 1% de ácido graxo livre e entre aproximadamente 2 e 8% de amina livre para desempenho ótimo. O uso de um álcool tal como isopropanol devia ser evitado pois ele destrói o caráter viscoelástico dos agentes gelificantes da presente invenção.

O géis ácidos espessados da presente invenção também podem ser vantajosamente empregados em formulações para limpeza e para sanitização, em revestimentos à base de água (por exemplo tintas), formulações detergentes, formulações para cuidado pessoal, sistemas de asfalto à base de água, concreto, produtos de construção (por exemplo, argamassas, rebocos, compostos para juntas e similares), agentes de controle de detritos, em aplicações de estimulação de poço de petróleo e de campo de petróleo e similares.

A invenção será agora ilustrada pelos exemplos a seguir.

Exemplo 1 Preparação do agente gelificante

Procedimento

Carga (3,8 kg (8,4 libras)) de seboamidopropildimetilamina (TAPA), (3,2 kg (7,0 libras)) de solvente (propileno glicol ou isopropanol) e
5 (1,8 g) de Dequest 2010 a um reator de 11,3 litros (3 galões). Determinar o peso equivalente líquido (NE) da seboamidopropilamina. Então carregar (70 g) de bicarbonato de amônio. Aquecer o reator até 50 °C e purgar o espaço principal do reator com N₂. Um excesso 3% molar de H₂O₂ a 70% é então adicionado lentamente enquanto se mantém a temperatura da reação a 55-
10 60°C. A reação é muito exotérmica. O H₂O₂ é então adicionado a aproximadamente 8,5 g/minuto (adição de no mínimo 60 minutos). É necessário um bom controle de temperatura para se minimizar os produtos indesejados. Após completada a adição de H₂O₂, a mistura da reação é digerida a 55 °C até que a amina livre esteja dentro das especificações fornecendo o agente
15 gelificante óxido de seboamidopropilamina, aqui a seguir denominado Aromox ® APA-T. O Aromox ® APA-T é comercialmente disponível pela Akzo Nobel Surface Chemistry LLC, Chicago, IL.

Exemplo 2 Uso de Aromox ® APA-T como um espessante ácido

Foi conduzido um estudo para determinar a eficiência de Aromox
20 APA-T em aplicações de espessamento com ácido. Foi escolhido o ácido clorídrico como um ácido representativo e foi usado acetato Ethomeen T/12* como uma marca de bancada a alta concentração de ácido (15%). Foram usadas três concentrações de ácido para representar agentes de limpeza domésticos gerais (3%), agentes de limpeza domésticos com alta concentra-
25 ção de ácido (9%) e acidificante de campo de petróleo (15%). O Aromox APA-T foi selecionado às concentrações de 2-8% (como fornecido) e a temperaturas de 28 e 43 °C. Os efeitos de carbonato de cálcio adicionado foram examinados para ambos os tensoativos a uma concentração de ácido de 15%. Foram realizadas todas as medidas de viscosidade em um viscosímetro
30 de Brookfield a 0,5 RPM com eixo n° 52. Aromox APA-T Batelada: SR302415; Ethomeen T/12 Batelada: SR269281X. Todas as concentrações citadas neste relatório são "como fornecidas"; Aromox APA-T é fornecido a

uma concentração de aproximadamente 50%, Ethomeen T/12 é fornecido a > 97%. Portanto, uma solução a 6% de Aromox APA T contém aproximadamente a mesma quantidade de tensoativo (em peso) que uma solução de acetato de Ethomeen T/12 a 3%.

5 Resultados e Discussão da Figura 1 (Espessamento com ácido de aromax APAT - Dependência da Temperatura)

Aromox APA T

Como apresentado na Figura 1, a viscosidade dos géis Aromox APA T aumenta com a concentração do tensoativo, porém diminui como
10 aumento da concentração do ácido e/ou com o aumento da temperatura. A 3% de HCl há uma diferença relativamente pequena na viscosidade entre 28 e 43 °C. A 15% de HCl, todavia, a viscosidade diminui mais drasticamente com a temperatura. O efeito debilitante do aumento da temperatura é exacerbado pelo aumento da concentração de ácido. Por exemplo, a 6% de
15 concentração de tensoativo, o gel como 3% de HCl não diminui em viscosidade com o aumento da temperatura de 28 a 43°C, ao passo que a 15% de HCl o gel diminui aproximadamente 75% na viscosidade na mesma variação de temperatura.

Formulação e estabilidade

20 As soluções de HCl a 3% precisaram aquecimento até 40 - 50°C para solubilizar completamente o Aromox APA T dentro de uma hora. As soluções de HCl a 9% requerem tratamentos similares para se conseguir solubilidade para concentrações de tensoativo maiores do que 6%. As solu-
25 ções de HCl a 15% solubilizaram imediatamente concentrações de tensoati-vo até 8% à temperatura ambiente. Todos os géis eram transparentes com exceção do gel de 15% de HCl/8% de Aromox APA T que era ligeiramente amarelo. Uma vez em solução, os géis são fase estáveis por resfriamento até a temperatura ambiente durante pelo menos três semanas. Os testes de
30 estabilidade à temperatura ambiente indicaram que após aproximadamente três semanas, os géis a 9% começam a se separar na ordem da concentra-ção mais baixa até a concentração mais alta de tensoativo. Os géis a 3% e a 15% são estáveis até aproximadamente 5 - 6 semanas, porém então se se-

param de fase na ordem do aumento do tensoativo. Quanto mais baixa a concentração de tensoativos ocorre separação de fase mais rápida dentro da mesma concentração de ácido. É surpreendente que os géis a 9% de HCl separam-se em fases mais rapidamente do que a uma concentração de ácido mais alta ou mais baixa.

Comparação de Aromox APA T e Acetato de Ethomeen T/12

Como um ponto de referência, o acetato de Ethomeen T/12 foi selecionado à concentração de 2 - 8% em solução de 15% de HCl. As concentrações de tensoativos até 8% foram imediatamente dissolvidas nas soluções de ácido a 15% à temperatura ambiente. Todos os géis tinham cor amarelo-alaranjado com maior concentração de tensoativo. Como indicado na Figura 2 (Espessamento com ácido comparativo a 15% de HCl), os géis de acetato de Ethomeen T/12 atingem uma viscosidade máxima a uma concentração de aproximadamente 4%. Este é um principal ponto de diferenciação entre os géis de Aromox APA T e de acetato de Ethomeen T/12. É observada uma grande diferença em espessamento com ácido a concentrações de tensoativo de 6 e 8%.

Efeitos de Carbonato de Cálcio Adicionado

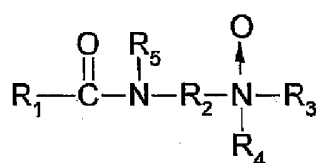
Quando se acidifica um poço para aumentar a produção, grande parte do calcário (calcita (CaCO_3): dolomita ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ equimolar) proporção maior do que 50%) é dissolvida na matriz de ácido. Para entender como os géis de Aromox APA T e de acetato de Ethomeen T/12 se comportam sob estas condições, foi conduzido um conjunto de experimentos em que foi adicionado carbonato de cálcio a 15% de géis de HCl. Como apresentado na Figura 3 (Efeito de CaCO_3 adicionado a 43°C - tensoativo como fornecido), o Aromox APA T se espessa até uma maior extensão do que o acetato de Ethomeen T/12 com concentração de carbonato de cálcio adicionada/de ácido decrescente a 43°C . Observe-se que a viscosidade é apresentada como o log de cP de modo que possam ser observadas as tendências para ambos os géis no mesmo eixo. Ambos os géis se separam em fase acima de 13-17% de carbonato de cálcio provocando rápido afinamento.

Figura 3 - Adicionado à solução a 15% de HCl como uma mescla a 1:1 (peso/peso) com ácido acético glacial.

O Aromox APA T é um espessante ácido eficaz. A viscosidade aumenta com a concentração de tensoativo, porém diminui com o aumento da concentração de ácido e/ou com o aumento da temperatura. A uma concentração de ácido (HCl) de 15%, o Aromox APA T gera maior viscosidade do que o acetato de Ethomeen T/12 a concentrações iguais de material fornecido maiores do que 4%. A diferença em desempenho é mais acentuada a concentrações mais altas (6-8%) pois o acetato de Ethomeen T/12 atinge uma viscosidade máxima em torno de 4% então se afina rapidamente com o aumento da carga de tensoativo. O Aromox APA T também se espessa a uma maior extensão do que o acetato de Ethomeen T/12 com concentração de carbonato de cálcio adicionada/concentração de ácido decrescente. Ambos os géis separam-se em fases em torno de 13 – 17% de carbonato de cálcio fazendo com que a viscosidade diminua drasticamente.

REIVINDICAÇÕES

1. Composição aquosa ácida espessada que compreende pelo menos um ácido selecionado a partir do grupo consistindo de ácido clorídrico, fluorídrico, acético, fórmico, sulfâmico, cloroacético, e suas misturas e um agente gelificante para o dito ácido, caracterizada por o dito agente gelificante compreender pelo menos um glicol como um solvente e pelo menos um óxido de amidoamina de fórmula geral (I)



em que R₁ é um grupo alifático de cadeia reta ou ramificada, saturado ou insaturado de desde aproximadamente 7 até 30 átomos de carbono, R₂ é um grupo alquileno divalente de cadeia reta ou ramificada, saturado ou insaturado de desde 2 até 6 átomos de carbono, R₃ e R₄ são os mesmos ou diferentes e são alquila ou hidroxialquila de desde 1 até 4 átomos de carbono ou R₃ e R₄ juntamente com o átomo de nitrogênio ao qual eles estão ligados formam um anel heterocíclico de até 6 elementos e R₅ é hidrogênio ou um grupo alquila ou hidroxialquila de desde 1 até 4 átomos de carbono, em que a dita composição de agente gelificante contém menos do que 10% de ácido graxo livre e de 2-10% de amina livre.

2. Composição espessada de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por R₁ ser um grupo alifático de 15 a 21 átomos de carbono e R₂ ser um grupo alquileno de 2 a 4 átomos de carbono.

3. Composição espessada de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por R₁ ser um grupo alifático derivado de gorduras e óleo naturais que têm um valor de iodo de 1 a 140 e R₂ ser um grupo alquileno que tem 3 átomos de carbono.

4. Composição espessada de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por R₁ ser selecionado do grupo que consiste em alquila de sebo, alquila de sebo endurecido, alquila de colza, alquila de colza endurecida, alquila de óleo de tall, alquila de óleo de tall endurecido, alquila

de coco, estearila, oleíla e alquila de soja, R_2 ser um grupo alquilenos que tem três átomos de carbono e R_3 e R_4 serem cada um metila.

5 5. Composição espessada de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por R_3 e R_4 juntamente com o nitrogênio da amina ao qual eles estão ligados formarem um grupo heterocíclico que tem um anel de 5 elementos derivado da pirrolidina.

10 6. Composição espessada de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por R_3 e R_4 juntamente com o nitrogênio da amina ao qual eles estão ligados formarem um grupo heterocíclico que tem um anel de 6 elementos derivado da piperidina.

15 7. Composição espessada de acordo com a reivindicação 1 caracterizada por R_3 e R_4 juntamente com o nitrogênio da amina ao qual eles estão ligados formarem um grupo heterocíclico que tem um anel de 6 elementos derivado da morfina.

20 8. Composição espessada de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por o dito pelo menos um solvente glicol ser selecionado do grupo que consiste em etilenoglicol, butilenoglicóis, dietilenoglicol, propilenoglicóis, polietilenoglicol, polipropilenoglicol, glicerina, tetrametilenoglicol, tetrametiletilenoglicol, trimetilenoglicol e misturas dos mesmos.

25 9. Composição espessada de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por o dito óxido de amidoamina ser selecionado do grupo que consiste em óxido de amidoalquilamina de sebo, óxido de amidoalquilamina de sebo endurecido, óxido de amidoalquilamina de colza, óxido de amidoalquilamina de colza endurecido, óxido de amidoalquilamina de óleo de tall, óxido de amidoalquilamina de óleo de tall endurecido, óxido de amidoalquilamina de coco, óxido de estearil amidoalquilamina, óxido de oleil amidoalquilamina, óxido de aminoalquilamina de soja e misturas dos mesmos.

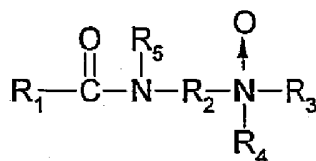
30 10. Composição espessada de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por o dito óxido de amidoamina ser selecionado do grupo que consiste em óxido de seboamidopropil dimetilamina, óxido de

seboamidopropil dimetilamina hidrogenado, óxido de amidopropil dimetilamina de soja, óxido de oleil amidopropil dimetilamina, óxido de erucil amidopropil dimetilamina, óxido de amidopropil dimetilamina de colza, óxido de amidopropil dimetilamina de colza hidrogenado, óxido de amidopropil dimetilamina de óleo de tall, óxido de amidopropil dimetilamina de óleo de tall hidrogenado, óxidos de amidopropil dimetilamina de C₁₄-C₂₂ ácido graxo saturado ou insaturado e misturas dos mesmos.

11. Composição espessada de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por o dito óxido de amidoamina ser selecionado do grupo que consiste em óxido de seboamidopropil dimetilamina, óxido de seboamidopropil dimetilamina hidrogenado, óxido de amidopropil dimetilamina de soja, óxido de oleil amidopropil dimetilamina, óxido de erucil amidopropil dimetilamina, óxido de amidopropil dimetilamina de colza, óxido de amidopropil dimetilamina de colza hidrogenado, óxido de amidopropil dimetilamina de óleo de tall, óxido de amidopropil dimetilamina de óleo de tall hidrogenado, óxidos de amidopropil dimetilamina de C₁₄-C₂₂ ácido graxo saturado ou insaturado e misturas dos mesmos e por o dito glicol ser selecionado do grupo que consiste em etilenoglicol, butilenoglicóis, dietilenoglicol, propilenoglicóis, polietilenoglicol, polipropilenoglicol, glicerina, tetrametilenoglicol, tetrametiletilenoglicol, trimetilenoglicol e misturas dos mesmos.

12. Composição aquosa ácida espessada de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por a composição de agente gelificante conter menos do que 5% de ácido graxo livre.

13. Processo para o espessamento de uma mistura aquosa ácida que compreende adicionar à dita mistura uma quantidade eficaz de espessante de ácido de pelo menos uma composição de agente gelificante caracterizado por a dita composição de agente gelificante compreender pelo menos um glicol e pelo menos um óxido de amidoamina de fórmula geral (I)



em que R₁ é um grupo alifático de cadeia linear ou ramificada, saturado ou insaturado de 7 a 30 átomos de carbono, R₂ é um grupo alquilenos divalente de cadeia linear ou ramificada, saturado ou insaturado de 2 a 6 átomos de carbono, R₃ e R₄ são os mesmos ou diferentes e são alquila ou hidroxialquila de 1 a 4 átomos de carbono ou R₃ e R₄ juntamente com o átomo de nitrogênio ao qual eles estão ligados formam um anel heterocíclico de até 6 elementos e R₅ é hidrogênio ou um grupo alquila ou hidroxialquila de 1 a 4 átomos de carbono, em que a dita composição de agente gelificante contém menos do que 10% de ácido graxo livre, e de 2 - 10% de amina livre, em que a dita mistura ácida aquosa compreende um ácido é selecionada a partir do grupo consistindo de ácido clorídrico, fluorídrico, acético, fórmico, sulfâmico, cloroacético, e suas misturas.

14. Processo de acordo com a reivindicação 13, caracterizado por R₁ ser um grupo alifático de 15 a 21 átomos de carbono e R₂ ser um grupo alquilenos de 2 a 4 átomos de carbono.

15. Processo de acordo com a reivindicação 14, caracterizado por R₁ ser selecionado do grupo que consiste em alquila de sebo, alquila de sebo endurecido, alquila de colza, alquila de colza endurecido, alquila de óleo de tall, alquila de óleo de tall endurecido, alquila de coco, estearila, oleíla e alquila de soja, R₂ ser um grupo alquilenos que tem três átomos de carbono e R₃ e R₄ serem cada um metila.

16. Processo de acordo com a reivindicação 13, caracterizado por R₃ e R₄ juntamente com o nitrogênio da amina ao qual eles estão ligados formarem um anel heterocíclico que tem um de 6 elementos derivado da uma pirrolidina, uma piperidina ou uma morfolina.

17. Processo de acordo com a reivindicação 13, caracterizado por o dito pelo menos um solvente glicol ser selecionado do grupo que consiste em etilenoglicol, butilenoglicóis, dietilenoglicol, propilenoglicóis,

polietilenoglicol, polipropilenoglicol, glicerina, tetrametilenoglicol, tetrametiletilenoglicol, trimetilenoglicol e misturas dos mesmos.

18. Processo como definido na reivindicação 13, caracterizado por o dito óxido de amidoamina ser selecionado do grupo que consiste em
5 óxido de amidoalquilamina de sebo, óxido de amidoalquilamina de sebo endurecido, óxido de amidoalquilamina de colza, óxido de amidoalquilamina de colza endurecido, óxido de amidoalquilamina de óleo de tall, óxido de amidoalquilamina de óleo de tall endurecido, óxido de amidoalquilamina de coco, óxido de estearil amidoalquilamina, óxido de oleil amidoalquilamina,
10 óxido de aminoalquilamina de soja e misturas dos mesmos.

19. Processo de acordo com a reivindicação 18, caracterizado por o dito óxido de amidoamina ser selecionado do grupo que consiste em
óxido de seboamidopropil dimetilamina, óxido de seboamidopropil dimetilamina hidrogenado, óxido de amidopropil dimetilamina de soja, óxido
15 de oleil amidopropil dimetilamina, óxido de erucil amidopropil dimetilamina, óxido de amidopropil dimetilamina de colza, óxido de amidopropil dimetilamina de colza hidrogenado, óxido de amidopropil dimetilamina de óleo de tall, óxido de amidopropil dimetilamina de óleo de tall hidrogenado, óxidos de amidopropil dimetilamina de ácido graxo C₁₄-C₂₂ saturado ou
20 insaturado e misturas dos mesmos.

20. Processo de acordo com a reivindicação 19, caracterizado por o dito óxido de amidoamina ser selecionado do grupo que consiste em
óxido de seboamidopropil dimetilamina, óxido de seboamidopropil dimetilamina hidrogenado, óxido de amidopropil dimetilamina de soja, óxido
25 de oleil amidopropil dimetilamina, óxido de erucil amidopropil dimetilamina, óxido de amidopropil dimetilamina de colza, óxido de amidopropil dimetilamina de colza hidrogenado, óxido de amidopropil dimetilamina de óleo de tall, óxido de amidopropil dimetilamina de óleo de tall hidrogenado, óxidos de amidopropil dimetilamina de ácido graxo C₁₄-C₂₂ saturado ou
30 insaturado misturas dos mesmos e por o dito glicol ser selecionado do grupo que consiste em etilenoglicol, butilenoglicóis, dietilenoglicol, propilenoglicóis, polietilenoglicol, polipropilenoglicol, glicerina, tetrametilenoglicol,

tetrametiletenoglicol, trimetilenoglicol e misturas dos mesmos.

5 20. Processo de acidificação de uma formação subterrânea que compreende um reservatório, caracterizado por compreender a injeção da composição ácida espessada conforme definida na reivindicação 1 no dito reservatório.

21. Processo de acordo com a reivindicação 20, caracterizado por o dito reservatório ser um reservatório de hidrocarboneto ou um reservatório de água.

10 22. Processo de acordo com a reivindicação 21, caracterizado por o dito hidrocarboneto ser óleo ou gás.

23. Processo de acordo com a reivindicação 20, caracterizado por a dita composição espessada ser injetada a uma taxa em ou acima da pressão de fratura do reservatório.

15 24. Processo de acordo com a reivindicação 20, caracterizado por a dita composição espessada ser injetada a uma taxa abaixo da pressão de fratura do reservatório.

25. Processo de acordo com a reivindicação 13, caracterizado por ser, quando realizado, com um tratamento de fratura de matriz.

20 26. Processo de acordo com a reivindicação 13, caracterizado por a dita composição de agente gelificante conter menos do que 5% de ácido graxo livre.

27. Fluido de estimulação de poço caracterizado por compreender a composição espessada conforme definida na reivindicação 1.

25 28. Fluido de estimulação de poço de acordo com a reivindicação 27, caracterizado por o dito fluido ser um fluido acidificante de matriz, um fluido acidificante de conclusão, um fluido acidificante de fratura ou um fluido acidificante de remoção de danos.

RESUMO

Patente de Invenção: “**COMPOSIÇÃO AQUOSA ÁCIDA ESPESSADA, BEM COMO PROCESSOS PARA O ESPESSAMENTO DE UMA MISTURA AQUOSA ÁCIDA E PARA A ACIDIFICAÇÃO DE UMA FORMAÇÃO SUB-TERRÂNEA, E FLUIDO DE ESTIMULAÇÃO DE POÇO**”.

A presente invenção geralmente refere-se a composições aquosas ácidas espessadas com um agente gelificante óxido de amidoamina e/ou um tensoativo viscoelástico de fórmula geral (I) em que R₁ é um grupo alifático de cadeia linear ou ramificada, saturado ou insaturado, de desde aproximadamente 7 até aproximadamente 30 átomos de carbono, R₂ é um grupo alquilenos divalente de 2-6 átomos de carbono que pode ser linear ou ramificado, substituído ou não-substituído e R₃ e R₄ são independentemente grupos C₁-C₄ alquila ou hidroxialquila ou juntos eles formam um anel heterocíclico de até seis elementos e R₅ é hidrogênio ou um grupo C₁-C₄ alquila ou hidroxialquila. Os agentes gelificantes mencionados acima vantajosamente fornecem géis que não sofrem separação de fase durante extensos períodos de tempo e exibem alta estabilidade térmica. Os géis ácidos espessados da invenção têm aplicações em agentes de limpeza e desengorduradores domésticos e industriais, em aplicações de estimulação de campo de petróleo e similares.

