



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

(11) PI 0410535-4 B1

(22) Data do Depósito: 29/04/2004

(45) Data de Concessão: 10/05/2016
(RPI 2366)



(54) Título: MÉTODOS PARA A ESTABILIZAÇÃO DE UMA FORMAÇÃO SUBTERRÂNEA, E DE REDUÇÃO DA PRODUÇÃO DE PARTICULADOS E ÁGUA DE UMA FORMAÇÃO SUBTERRÂNEA

(51) Int.Cl.: E21B 43/02; E21B 33/138; C09K 8/512; C09K 8/575

(30) Prioridade Unionista: 23/05/2003 US 10/444,408

(73) Titular(es): HALLIBURTON ENERGY SERVICES, INC.

(72) Inventor(es): PHILIP D. NGUYEN, DAVID L. BROWN

“MÉTODOS PARA A ESTABILIZAÇÃO DE UMA FORMAÇÃO SUBTERRÂNEA, E DE REDUÇÃO DA PRODUÇÃO DE PARTICULADOS E ÁGUA DE UMA FORMAÇÃO SUBTERRÂNEA”

1. Campo da invenção

5 A presente invenção se refere a métodos melhorados para a estabilização de regiões não consolidadas e para o controle da produção de água, de formações subterrâneas.

2. Descrição da técnica anterior

10 Os poços de hidrocarbonetos, com frequência são localizados em zonas subterrâneas que contêm particulados não consolidados que podem migrar para fora da formação subterrânea com o óleo, gás, água, e/ou outros fluidos produzidos pelos poços. A presença de particulados, tais como uma formação de areia, em fluidos produzidos, é desvantajosa e indesejável, pelo fato de que os particulados poderão desgastar os equipamentos de
15 bombeamento e outros equipamentos de produção e reduzir a capacidade de produção de fluidos das zonas de produção. As zonas subterrâneas não consolidadas incluem aquelas que contêm particulados e aquelas onde os particulados ligados têm uma resistência de ligação insuficiente para suportarem as forças produzidas pela produção de fluidos ao longo das zonas.

20 Um método de controle de particulados em formações não consolidadas, envolve a colocação de um leito de filtragem contendo cascalho próximo do furo de poço para oferecer uma barreira física ao transporte de finos não consolidados da formação, juntamente com a produção de hidrocarbonetos. Tipicamente, as operações chamadas de "operações com
25 recheio de cascalho" envolvem o bombeamento e a colocação de uma quantidade de um particulado desejado na formação não consolidada, em uma área adjacente a um furo de poço. Tais recheios poderão demandar tempo e serem dispendiosos para serem instalados.

Outro método utilizado para controlar particulados em uma

formação não consolidada, envolve a consolidação de zonas de produção subterrâneas não consolidadas em massas rígidas permeáveis, através da aplicação de uma resina, seguido por um fluido espaçador e então um catalisador. Tal aplicação de resina poderá ser problemática quando, por exemplo, uma quantidade insuficiente de fluido espaçador é utilizada entre a aplicação da resina e a aplicação do catalisador externo. A resina poderá contatar o catalisador externo no próprio furo de poço, ao invés de na zona de produção subterrânea não consolidada. Quando a resina é contatada com um catalisador externo, ocorre uma reação exotérmica que poderá resultar em uma rápida polimerização, danificando potencialmente a formação através do entupimento dos canais dos poros, suspendendo o bombeamento quando o furo de poço é entupido com material sólido, ou resultando em uma explosão no furo de sondagem, como resultado do calor da polimerização. A utilização destes processos convencionais para tratar intervalos longos de regiões não consolidadas também não é prática, devido à dificuldade em se determinar se o intervalo inteiro foi tratado com sucesso, tanto com a resina como com o catalisador externo.

Com frequência, as areias das formações não consolidadas migram para fora da formação quando a água é produzida a partir da formação. Isto é devido, em parte, ao fato de que a maior parte da cimentação natural entre os grãos de areia da formação se desintegra, quando em contato com uma fase aquosa em movimento. A produção de água de uma zona de produção subterrânea é desvantajosa devido ao seu efeito na movimentação de areia da formação, e porque a produção da água constitui uma grande despesa na recuperação de hidrocarbonetos de formações subterrâneas, especialmente em função da energia gasta na produção, separação, e descarte da água.

Tem sido utilizada uma variedade de métodos e técnicas para reduzir a permeabilidade da água de formações subterrâneas. Por exemplo,

um método desses envolve o contato da formação com uma solução de tratamento, tendo dissolvida na mesma um tensoativo, formado de um ou mais compostos imidazol ácido graxo, para controlar o fluxo de água da formação. Embora estes métodos tenham conseguido um sucesso moderado, as soluções de tratamento só podem ser injetadas na formação a uma curta distância, porque quando a solução de tratamento sai do furo de poço na formação subterrânea, ela se adere em locais de adsorção nas superfícies, dentro dos poros da formação. Tão logo a solução de tratamento é adsorvida nas superfícies na formação próxima do furo de poço, a sua presença não somente bloqueia o fluxo de água da formação, mas também bloqueia o fluxo da solução tradicional de tratamento em uma profundidade maior dentro da formação. Isto limita a penetração para dentro da formação e a zona ou zonas de produção de água, o que limita a redução obtida de produção de água.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção apresenta métodos melhorados para o controle da produção de água e da migração da areia da formação, em zonas subterrâneas de produção.

Uma realização da presente invenção descreve um método de estabilização de uma formação subterrânea, compreendendo as etapas de aplicação de uma solução de um pré-rinsagem, composta de um líquido aquoso e um polímero resistente à água na formação subterrânea, a aplicação de um líquido aquoso composto de um tensoativo na formação subterrânea, a aplicação de um fluido de consolidação de baixa viscosidade na formação subterrânea, e a aplicação de um fluido pós-rinsagem na formação subterrânea.

Outra realização da presente invenção descreve um método para a redução da produção de particulados e de água de uma formação subterrânea, composto das etapas de aplicação de uma solução de pré-rinsagem, composta de um líquido aquoso e um polímero resistente a água na

formação subterrânea, a aplicação de um líquido aquoso, composto de um tensoativo na formação subterrânea, a aplicação de um fluido de consolidação de baixa viscosidade na formação subterrânea, e a aplicação de um fluido de pós-rinsagem na formação subterrânea.

- 5 Outros objetivos e objetivos adicionais, características e vantagens da presente invenção, ficarão rapidamente aparentes para aqueles adestrados na técnica, com a leitura da descrição das realizações preferidas que se segue.

DESCRIÇÃO DAS REALIZAÇÕES PREFERIDAS

- 10 A presente invenção apresenta métodos melhorados para controlar a produção de água e evitar a migração de particulados soltos e inúteis, tais como areias e finos da formação, em formações subterrâneas.

- Certas realizações dos métodos da presente invenção são compostas da colocação em seqüência, em uma zona subterrânea, de um
15 fluido de pré-rinsagem, um fluido aquoso de tensoativo, um fluido de consolidação de baixa viscosidade, e um fluido de pós-rinsagem, cada colocação de um fluido de tratamento em seqüência, desloca o fluido de tratamento anterior para uma profundidade maior, na formação subterrânea.

- O fluido de pré-rinsagem é composto de um líquido aquoso e
20 um ou mais polímeros resistentes a água. O líquido aquoso utilizado poderá ser água fresca, água salgada (por exemplo, água contendo um ou mais sais dissolvidos na mesma), salmoura (por exemplo, água salina saturada), água do mar, ou qualquer outro líquido aquoso que não reaja adversamente com os outros componentes utilizados de acordo com esta invenção, ou com a
25 formação subterrânea.

 Polímeros resistentes à água, também conhecidos como modificadores da permeabilidade relativa, atuam, entre outros, para serem adsorvidos nas superfícies dentro dos poros de uma formação, para reduzir a permeabilidade de água da formação. Uma variedade de polímeros é

adequada para uso como polímeros resistentes a água na presente invenção. Exemplos de polímeros especialmente úteis incluem, mas não são limitados a, poliacrilamida, poliacrilamida hidrolisada, xantano, escleroglucano, polissacarídeos, polímeros anfotéricos feitos de acrilamida, ácido acrílico, e cloreto de dialildimetilamônio, terpolímeros de sulfonato de vinila/amida 5 vinílica/acrilamida, copolímeros de sulfonato de vinila/acrilamida, copolímeros de acrilamida/ácido acrilamido-metilpropanosulfônico, copolímeros de acrilamida/vinil pirrolidona, carboximetil celulose de sódio, poli[dialquilaminoacrilato-co-acrilato-g-poli(etileno-óxido)], copolímero de brometo de octadecildimetilamonioetil metacrilato/acrilamida, terpolímero 10 de brometo de hexadecildimetilamonioetil metacrilato/vinil pirrolidona/metacrilato de dimetilaminoetila, terpolímero de metacrilato 2-etil-hexila/ácido 2-acrilamido-2-metil propano sulfônico/acrilamida, e combinações dos mesmos. Conforme utilizado aqui "-g-" em uma fórmula, significa que a molécula imediatamente seguinte na fórmula é enxertada na 15 molécula anterior do polímero.

Geralmente, pelo menos um polímero resistente à água é incluído no fluido de pré-rinsagem em uma quantidade suficiente para reduzir a produção de água da formação. Em uma realização, o polímero resistente à 20 água é incluído no fluido de pré-rinsagem na faixa de cerca de 0,01% a cerca de 10,0% em peso do fluido de pré-rinsagem. Em outra realização, o polímero resistente à água é incluído no fluido de pré-rinsagem na faixa de cerca de 0,1% a cerca de 1,0% em peso do fluido de pré-rinsagem. Uma pessoa adestrada na técnica, com o benefício desta apresentação, será capaz de 25 determinar a quantidade de polímero resistente à água que é suficiente para reduzir a produção de água da formação ao nível desejado.

Nos métodos da presente invenção, depois que o fluido de pré-rinsagem foi colocado na formação subterrânea, um fluido aquoso de tensoativo é colocado na formação subterrânea. O fluido aquoso de tensoativo

é composto de um líquido aquoso e um tensoativo e atua, entre outros, tanto para deslocar o fluido de pré-rinsagem para mais longe na formação, como para preparar a formação subterrânea para a colocação posterior de um fluido de consolidação de baixa viscosidade. Geralmente, o volume do fluido aquoso de tensoativo colocado na formação subterrânea é entre 1 a 50 vezes o volume do fluido de pré-rinsagem.

O componente líquido aquoso do fluido aquoso de tensoativo poderá ser água fresca, água salgada, salmoura, água do mar, ou qualquer outro líquido aquoso que não reaja adversamente com os outros componentes utilizados de acordo com esta invenção, ou com a formação subterrânea. Qualquer tensoativo compatível com o fluido de consolidação de baixa viscosidade utilizado posteriormente, capaz de facilitar o revestimento do fluido de consolidação nas partículas subterrâneas e auxiliar o fluido de consolidação no escoamento para os pontos de contato entre os particulados adjacentes na formação, poderá ser utilizado na presente invenção. Tais tensoativos incluem, mas não são limitados a ésteres etoxilados de nonil fenol fosfato, misturas de um ou mais tensoativos catiônicos, um ou mais tensoativos não iônicos, e um tensoativo de alquil fosfonato. Tais misturas de um ou mais tensoativos catiônicos e não iônicos, são descritas na patente americana de número 6.311.773, emitida para Todd et al, em 6 de novembro de 2001, a apresentação da qual é incorporada aqui como referência. Outro tensoativo adequado é um cloreto de benzila quat do tris-2-4-6-dimetilaminometil fenol. O tensoativo ou tensoativos utilizados são incluídos no líquido aquoso em uma quantidade suficiente para preparar a formação subterrânea para receber um tratamento com resina de baixa viscosidade, através da umidificação dos particulados na formação, de forma que a resina possa ser aderida naqueles particulados. Em algumas realizações da presente invenção, o fluido aquoso de tensoativo é composto de um tensoativo, em uma quantidade variando de cerca de 0,1% a cerca de 15% em peso do

líquido aquoso.

De acordo com os métodos da presente invenção, depois que o fluido aquoso de tensoativo foi colocado na formação subterrânea, é colocado na formação subterrânea um fluido de consolidação de baixa viscosidade. O fluido de consolidação de baixa viscosidade, adequado para uso na presente invenção, geralmente é composto de um componente de resina que pode ser endurecida e um componente de solvente. Os fluidos de consolidação de baixa viscosidade da presente invenção poderão ser classificados como um dos quatro tipos seguintes: um fluido de consolidação com base epóxi de dois componentes, compreendendo um componente de resina que pode ser endurecida e um componente de agente endurecedor; um fluido de consolidação com base em furano; um fluido de consolidação com base fenólica; ou um fluido de consolidação com base epóxi de alta temperatura ("HT"). Em certas realizações, o fluido de consolidação de baixa viscosidade escolhido é ativado por um ativador interno ou pela temperatura ambiente subterrânea, de tal forma que não é requerido um catalisador externo.

A escolha do um fluido de consolidação de baixa viscosidade poderá estar relacionada com a temperatura da formação subterrânea na qual o fluido será introduzido. Para fins de exemplo e não de limitação, para formações subterrâneas tendo uma temperatura estática no furo descendente ("BHST") variando de cerca de 60°F a cerca de 250°F (16 ° C a 121 ° C), os fluidos de consolidação com base epóxi de dois componentes, compostos de um componente de resina endurecível e um componente de agente endurecedor, são os preferidos. Para as formações subterrâneas tendo um BHST variando de cerca de 300°F a cerca de 600°F (148 ° C a 316 ° C), poderá ser preferido um fluido de consolidação com base em furano, de um componente. Para formações subterrâneas tendo um BHST de cerca de 200°F até cerca de 400°F (93 ° C a 204 ° C), é adequado um fluido de consolidação com base fenólica de um componente, ou um fluido de consolidação com

base epóxi HT de um componente.

Independentemente do tipo de fluido de consolidação de baixa viscosidade escolhido, de preferência a sua viscosidade deve ser controlada, para se assegurar que ele seja capaz de penetrar o suficiente nas porções não consolidadas da formação subterrânea. Para atingir o nível desejado de penetração, a viscosidade do fluido de consolidação de preferência é inferior a cerca de 100 cP, mais de preferência, menor do que cerca de 50 cp, e mais de preferência, menor do que cerca de 10 cP. A obtenção da viscosidade desejada, geralmente envolverá o uso de um solvente ou o uso de calor, para reduzir a viscosidade da resina escolhida. Fatores que poderão influenciar a quantidade necessária de solvente, incluem a localização geográfica do poço e as condições ambientais ao seu redor. Em algumas realizações, as relações entre o fluido de consolidação adequado e o solvente, variam de cerca de 1:0,2 até cerca de 1:20. Está dentro da habilidade de uma pessoa adestrada na técnica, com o benefício desta apresentação, determinar uma quantidade suficiente de um solvente, que seja adequada para se obter a viscosidade desejada, e portanto, obter-se a penetração preferida na formação subterrânea.

Um fluido de consolidação de baixa viscosidade da presente invenção é um fluido de consolidação com base epóxi de dois componentes, compreendendo um componente de resina endurecível e um componente de agente endurecedor. O componente de resina endurecível é composto de uma resina endurecível e um solvente opcional. O solvente poderá ser adicionado na resina para reduzir a sua viscosidade, para facilitar o manuseio, a mistura e a transferência. Está dentro da habilidade de uma pessoa adestrada na técnica, com o benefício desta apresentação, determinar se e quanto solvente poderá ser necessário para se obter uma viscosidade adequada para as condições subterrâneas. Fatores que poderão afetar esta decisão, incluem a localização geográfica do poço e as condições do tempo ao seu redor. Um meio alternativo para reduzir a viscosidade da resina líquida endurecível é aquecê-

la. Este método evita o uso de um solvente, o que poderá ser desejável em certas circunstâncias. O segundo componente é o componente de agente endurecedor líquido, que é composto de um agente endurecedor, um agente de acoplamento de silano, um tensoativo, um éster hidrolisável opcional, e um fluido carreador líquido opcional para, entre outros, reduzir a viscosidade do componente de agente endurecedor líquido. Está dentro da habilidade de uma pessoa adestrada na técnica, com o benefício desta apresentação, determinar se e quanto fluido carreador líquido é necessário para se obter uma viscosidade adequada para as condições subterrâneas.

10 Exemplos de resinas endurecíveis que podem ser utilizadas no componente de resina endurecível líquida incluem, mas não são limitadas a resinas orgânicas, tais como a resina de bisfenol A-epicloridrina, resina de poli-epóxido, resina novolac, resina de poliéster, resina de fenol-aldeído, resina de uréia-aldeído, resina de furano, resina de uretano, glicidil éteres e misturas dos mesmos. Destes, a resina de bisfenol A-epicloridrina é a preferida. A resina utilizada é incluída no componente de resina endurecível líquida em uma quantidade suficiente para consolidar os particulados revestidos. Em algumas realizações da presente invenção, a resina utilizada é incluída no componente de resina endurecível líquida, na faixa de cerca de 15 70% a cerca de 100% em peso do componente de resina endurecível líquida.

Qualquer solvente que é compatível com a resina endurecível e atinge o efeito desejado de viscosidade, é adequado para uso na presente invenção. Os solventes preferidos são aqueles tendo pontos de fulgor elevados (mais de preferência, em torno de 125°F (52°C)) por causa de, entre outras, 25 considerações ambientais. Conforme descrito acima, o uso de um solvente na composição de resina endurecível é opcional, mas poderá ser desejável para reduzir a viscosidade do componente de resina endurecível por várias razões, incluindo a facilidade de manuseio, de mistura, e de transferência. Está dentro da habilidade de uma pessoa adestrada na técnica, com o benefício desta

apresentação, determinar se e quanto solvente é necessário para se obter a viscosidade desejada. Os solventes adequados para uso na presente invenção incluem, mas não são limitados a: butilglicidil éter, dipropileno glicol metil éter, dipropileno glicol dimetil éter, dimetil formamida, dietilenoglicol metil éter, etilenoglicol butil éter, dietilenoglicol butil éter, propileno carbonato, metanol, álcool butílico, d'limoneno e metil ésteres de ácido graxo. Destes, o butilglicidil éter é o preferido.

Exemplos de agentes endurecedores que podem ser utilizados no componente de agente endurecedor líquido dos fluidos de consolidação de dois componentes da presente invenção incluem, mas não são limitados a, aminas, aminas aromáticas, poliaminas, aminas alifáticas, aminas cicloalifáticas, amidas, poliamidas, 2-etil-4-metil imidazol e 1,1,3-triclorotrifluoracetona. A escolha de um agente endurecedor preferido depende, em parte, da temperatura e da formação na qual o agente endurecedor será utilizado. Para fins de exemplo e não para fins de limitação, em formações subterrâneas tendo uma temperatura de cerca de 60°F a cerca de 250°F (16°C a 121°C), as aminas e as aminas cicloalifáticas, tais como piperidina, trietilamina, N,N-dimetilaminopiridina, benzildimetilamina, tris(dimetilaminometil) fenol, e 2-(N₂N-dimetilaminometil) fenol são preferidas, com a N,N-dimetilaminopiridina sendo a mais preferida. Em formações subterrâneas tendo temperaturas elevadas, a 4,4-diaminodifenil sulfona poderá ser um agente endurecedor adequado. O agente endurecedor utilizado é incluído no componente de agente endurecedor líquido, em uma quantidade suficiente para consolidar os particulados revestidos. Em algumas realizações da presente invenção, o agente endurecedor utilizado é incluído no componente da resina endurecível líquida na faixa de cerca de 40% a cerca de 60% em peso do componente de agente endurecedor líquido.

O agente de acoplamento de silano poderá ser utilizado, entre outros, para agir como um mediador para auxiliar na ligação da resina com a

superfície da areia. Exemplos de agentes de acoplamento de silano que podem ser utilizados no componente de agente endurecedor líquido dos fluidos de consolidação de dois componentes da presente invenção incluem, mas não são limitados a, N-2-(aminoetil)-3-aminopropiltrimetoxissilano, 3-glicidoxipropiltrimetoxissilano, e n-beta-(aminoetil)-gama-aminopropiltrimetoxissilano. Destes, o n-beta-(aminoetil)-gama-aminopropiltrimetoxissilano é o preferido. O agente de acoplamento de silano utilizado é incluído no componente de agente endurecedor líquido em uma quantidade suficiente para ligar a resina ao particulado. Em algumas realizações da presente invenção, o agente de acoplamento de silano utilizado é incluído no componente de resina endurecível líquida na faixa de cerca de 0,1% a cerca de 3% em peso do componente de agente endurecedor líquido.

Qualquer tensoativo compatível com o agente endurecedor líquido poderá ser utilizado na presente invenção. Tais tensoativos incluem, mas não são limitados a, um nonil fenol fosfato éster etoxilado, misturas de um ou mais tensoativos catiônicos, e um ou mais tensoativos não iônicos e um tensoativo de alquil fosfonato. Outro tensoativo adequado é um cloreto de benzila quat de tris-2-4-6-dimetilaminometil fenol. As misturas de um ou mais tensoativos catiônicos e não iônicos são descritas na patente americana de número de 6.311.773 emitida para Todd et al, em 6 de novembro de 2001, que é incorporada aqui como referência. O tensoativo ou tensoativos utilizados, são incluídos no componente de agente endurecedor líquido, em uma quantidade na faixa de cerca de 2% a cerca de 15% em peso do componente de agente endurecedor líquido.

O uso de um fluido diluente ou carreador líquido na composição de resina endurecível é opcional e poderá ser utilizado para reduzir a viscosidade do componente de resina endurecível, para facilidade de manuseio, mistura e transferência. Está dentro da habilidade de uma pessoa adestrada na técnica, com o benefício desta apresentação, determinar se e

quanto fluido carreador líquido é necessário para se conseguir uma viscosidade adequada para as condições subterrâneas. Qualquer fluido carreador adequado que é compatível com a resina endurecível e alcança os efeitos desejados de viscosidade, é adequado para uso na presente invenção.

5 Os fluidos carreadores líquidos que podem ser utilizados no componente de agente endurecedor dos fluidos de consolidação de dois componentes da presente invenção, incluem de preferência aqueles tendo pontos de fulgor elevados (mais de preferência, acima de cerca de 125°F (52°C)). Exemplos de fluidos carreadores líquidos adequados para uso na presente invenção
10 incluem, mas não são limitados a, dipropileno glicol metil éter, dipropileno glicol dimetil éter, dimetil formamida, dietileno glicol metil éter, etilenoglicol butil éter, dietileno glicol butil éter, metanol propileno carbonato, d'limoneno e metil ésteres de ácido graxo. Dentre estes, o dipropileno glicol metil éter é o preferido.

15 Quando o fluido de consolidação de baixa viscosidade da presente invenção é um fluido de consolidação com base em furano, as resinas adequadas com base em furano incluem, mas não são limitadas a, furfural álcool, uma mistura de furfural álcool com um aldeído, e uma mistura de resina de furano e resina fenólica. Destes, o furfural álcool é o preferido.

20 Se for desejável, o fluido de consolidação com base em furano poderá ser combinado com um solvente para controlar a viscosidade. Os solventes adequados para uso nos fluidos de consolidação com base em furano da presente invenção incluem, mas não são limitados a 2-butóxi etanol, acetato de butila, e acetato de furfurila. Destes, o 2-butóxi metanol é o
25 preferido.

Quando o fluido de consolidação de baixa viscosidade da presente invenção é um fluido de consolidação com base fenólica, as resinas adequadas com base fenólica incluem, mas não são limitadas a, terpolímeros de fenol, resinas fenólicas de formaldeído, e uma mistura de resinas fenólicas

e de furano. Destas, uma mistura de resinas fenólicas e de furano é a preferida.

Se desejado, o fluido de consolidação com base fenólica poderá ser combinado com um solvente para controlar a viscosidade. Os
5 solventes adequados para uso nos fluidos de consolidação com base fenólica da presente invenção incluem, mas não são limitados a acetato de butila, lactato de butila, acetato de furfurila, e 2-butóxi etanol. Destes, o 2-butóxi etanol é o preferido.

Quando o fluido de consolidação de baixa viscosidade da
10 presente invenção é um fluido de consolidação com base epóxi HT, os componentes adequados com base epóxi HT incluem, mas não são limitados a, resina de bisfenol A-epicloridrina, resina de poliepóxido, resina novolac, resina de poliéster, glicidil éteres e misturas dos mesmos. Destes, a resina de bisfenol A-epicloridrina é a preferida.

15 É preferível que seja utilizado um solvente com os fluidos de consolidação com base epóxi HT da presente invenção. Os solventes adequados para uso com os fluidos de consolidação com base epóxi HT da presente invenção, são aqueles solventes capazes de dissolverem substancialmente a resina epóxi HT para uso no fluido de consolidação. Tais
20 solventes incluem, mas não são limitados a, sulfóxido de dimetila e dimetil formamida. Destes, o sulfóxido de dimetila é o preferido. Um co-solvente como dipropileno glicol metil éter, dipropileno glicol dimetil éter, dimetil formamida, dietileno glicol metil éter, etileno glicol butil éter, dietileno glicol butil éter, propileno carbonato, d'limoneno e metil ésteres de ácido graxo,
25 poderão também ser utilizados em combinação com o solvente. Destes co-solventes, o dipropileno glicol metil éter é o preferido.

Após a colocação do fluido de consolidação de baixa viscosidade na formação subterrânea, um fluido de pós-rinsagem é colocado na formação subterrânea, para deslocar o fluido de consolidação de baixa

viscosidade dos canais dos poros da formação subterrânea e forçar o fluido de consolidação e o polímero resistente à água ainda mais para dentro da formação subterrânea. O fluido de pós-rinsagem é colocado na formação em uma vazão de matriz tal que a resina de baixa viscosidade seja deslocada dos canais, mas não seja deslocada da localização desejada entre a formação das partículas de areia. Geralmente, o volume do fluido de pós-rinsagem colocado na formação subterrânea varia de cerca de 0,1 a cerca de 50 vezes o volume da resina de baixa viscosidade. Em algumas realizações da presente invenção, o volume do fluido de pós-rinsagem colocado na formação subterrânea varia de cerca de 2 a cerca de 5 vezes o volume da resina de baixa viscosidade.

Opcionalmente, poderá ser adicionado no fluido de pós-rinsagem um polímero resistente à água, conforme descrito acima. Quando utilizado, o polímero resistente à água é incluído no fluido de pós-rinsagem em uma quantidade na faixa de cerca de 0,01% a cerca de 10,0% em peso do líquido aquoso. Em algumas realizações da presente invenção, o polímero resistente à água é incluído no fluido de pós-rinsagem em uma quantidade de cerca de 0,1% a cerca de 1,0% em peso do líquido aquoso.

Depois da colocação do fluido de pós-rinsagem, a formação subterrânea poderá ser fechada por um período de tempo para permitir que a resina no fluido de consolidação seja curada até uma resistência de compressão não confinada desejada. O período de tempo necessário é dependente da resina de baixa viscosidade utilizada, da temperatura da formação, e da resistência à compressão não confinada desejada. Geralmente, o período de tempo escolhido será entre cerca de 0,5 h a cerca de 72 h. Em algumas realizações da presente invenção, o período de tempo escolhido varia entre cerca de 6 h e cerca de 48 h. A determinação do tempo apropriado de cura está dentro da habilidade de uma pessoa adestrada na técnica, com o benefício desta apresentação.

Assim sendo, a presente invenção é bem adaptada para

executar os objetivos e atingir as finalidades e vantagens mencionadas, assim como aquelas que são inerentes à mesma. Embora várias modificações possam ser feitas por aqueles adestrados na técnica, as modificações são incluídas dentro do espírito e do escopo desta invenção, conforme definido

5 pelas reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para a estabilização de uma formação subterrânea, caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

5 aplicação de uma solução de pré-rinsagem, compreendendo um líquido aquoso de um polímero resistente à água na formação subterrânea;

aplicação de um líquido aquoso composto de um tensoativo na formação subterrânea;

10 aplicação de um fluido de consolidação de baixa viscosidade na formação subterrânea; e,

aplicação de um fluido de pós-rinsagem na formação subterrânea.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender ainda a etapa de espera de um período escolhido de tempo após a aplicação do fluido de pós-rinsagem.

15 3. Método de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o período escolhido de tempo é de 6 a 48 h.

4. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o fluido de consolidação tem uma viscosidade menor do que 100 cP.

20 5. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o fluido de consolidação é composto de um componente de resina endurecível, compreendendo uma resina endurecível e um componente de agente endurecedor, compreendendo um agente endurecedor líquido, um agente de acoplamento de silano, e um tensoativo.

25 6. Método de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que a resina endurecível no componente de resina endurecível líquida é uma resina orgânica, compreendendo uma resina de bisfenol A-epicloridrina, resina de polióxido, resina novolac, resina de poliéster, resina fenol-aldeído, resina uréia-aldeído, resina de furano, resina de uretano, glicidil

éteres, ou misturas dos mesmos.

7. Método de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de compreender ainda um solvente para a resina endurecível no componente de resina endurecível líquida.

5 8. Método de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que o solvente para a resina endurecível no componente de resina endurecível líquida é composto de butil glicidil éter, dipropileno glicol metil éter, dipropileno glicol dimetil éter, dimetil formamida, dietileno glicol metil éter, etileno glicol butil éter, dietileno glicol butil éter, metanol propileno
10 carbonato, d'limoneno, metil ésteres de ácido graxo, ou misturas dos mesmos.

9. Método de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o agente endurecedor líquido no componente de agente endurecedor líquido é composto de aminas, aminas aromáticas, aminas alifáticas, aminas cicloalifáticas, piperidina, trietilamina, benzildimetilamina,
15 N,N-dimetilaminopiridina, 2-(N₂N-dimetilaminometil) fenol, tris(dimetilaminometil) fenol, ou misturas dos mesmos.

10. Método de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o agente de acoplamento de silano no componente de agente endurecedor líquido é composto de N-2-(aminoetil)-3-
20 aminopropiltrimetoxissilano, 3-glicidoxipropiltrimetoxissilano, n-beta-(aminoetil)-gama-aminopropiltrimetoxissilano ou misturas dos mesmos.

11. Método de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o agente endurecedor líquido compreende ainda um éster hidrolisável.

25 12. Método de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o éster hidrolisável é composto de dimetilglutarato, dimetiladipato e dimetilsuccinato, sorbitol, catecol, dimetilolato, metil salicilato, dimetil salicilato, dimetilsuccinato, tercbutilidro-peróxido, ou misturas dos mesmos.

13. Método de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o tensoativo no componente de agente de endurecimento líquido é composto de ésteres de nonil fenol fosfato etoxilados, misturas de um ou mais tensoativos catiônicos, um tensoativo de alquil C₁₂-C₂₂ fosfato, um cloreto de benzila quat de tris-2-4-6-dimetilaminometil fenol, um ou mais tensoativos não iônicos e um tensoativo de alquil fosfato, ou misturas dos mesmos.

14. Método de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o agente de endurecimento líquido compreende ainda um fluido carreador líquido.

15. Método de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que o fluido carreador líquido compreende dipropileno glicol metil éter, dipropileno glicol dimetil éter, dimetil formamida, dietileno glicol metil éter, etileno glicol butil éter, dietileno glicol butil éter, propileno carbonato, d'limoneno, metil ésteres de ácido graxo ou misturas dos mesmos.

16. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o fluido de consolidação é composto de uma resina com base em furano.

17. Método de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que a resina com base em furano é composta de furfúril álcool, uma mistura de furfúril álcool com um aldeído, uma mistura de resina de furano e uma resina fenólica, ou misturas dos mesmos.

18. Método de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de compreender ainda um solvente para a resina de base em furano no componente de resina endurecível líquida.

19. Método de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que o solvente é composto de 2-butóxi etanol, acetato de butila, acetato de furfurila, ou misturas dos mesmos.

20. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado

pelo fato de que o fluido de consolidação é composto de uma resina com base fenólica.

21. Método de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelo fato de que a resina com base fenólica é composta de um terpolímero de fenol, uma resina fenólica de formaldeído, uma mistura de resina fenólica em furano, ou misturas dos mesmos.

22. Método de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de compreender ainda um solvente para a resina com base fenólica.

23. Método de acordo com a reivindicação 22, caracterizado pelo fato de que o solvente é composto de acetato de butila, lactato de butila, acetato de furfurila, 2-butóxi etanol, ou misturas dos mesmos.

24. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o fluido de consolidação é composto de uma resina com base epóxi de alta temperatura e um solvente.

25. Método de acordo com a reivindicação 24, caracterizado pelo fato de que a resina com base epóxi de alta temperatura é composta de uma resina de bisfenol A-epicloridrina, resina de poliepóxido, resina novolac, resina de poliéster, glicidil éteres, ou misturas dos mesmos.

26. Método de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de que o solvente é composto de dimetil sulfóxido, dimetil formamida, dipropileno glicol metil éter, dipropileno glicol dimetil éter, dimetil formamida, dietileno glicol metil éter, etileno glicol butil éter, dietileno glicol butil éter, propileno carbonato, d'limoneno, metil ésteres de ácido graxo, ou misturas dos mesmos.

27. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o líquido aquoso na solução de pré-rinsagem é composto de água salgada, salmoura, ou misturas dos mesmos.

28. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o polímero resistente à água compreende poliacrilamida,

poliacrilamida hidrolisada, xantano, escleroglucano, polissacarídeos, polímeros anfotéricos feitos de acrilamida, ácido acrílico, cloreto de dialildimetilamônio, terpolímeros de sulfonato de vinila/vinilamida/acrilamida, copolímeros de sulfonato de vinila/acrilamida, copolímeros do ácido acrilamido-metilpropanosulfônico/acrilamida, copolímeros de acrilamida/vinilpirrolidona, carboximetil celulose de sódio, poli[dialquilaminoacrilato-co-acrilato-g-poli(etilenóxido)], copolímero de brometo de octadecildimetilamônioetil metacrilato/acrilamida, terpolímero de brometo de hexadecildimetilamonimetil metacrilato/vinil pirrolidona/dimetilaminoetil metacrilato, terpolímero de 2-etil-hexil metacrilato/ácido 2-acrilamido-2-metil propano sulfônico/acrilamida, ou misturas dos mesmos.

29. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o líquido aquoso compreende um tensoativo composto de água salgada, salmoura, ou misturas dos mesmos.

30. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o líquido aquoso compreende um tensoativo composto de um éster de nonil fenol fosfato etoxilado, um tensoativo catiônico, um tensoativo não iônico, um tensoativo de alquil fosfonato, ou misturas dos mesmos.

31. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o fluido de pós-rinsagem é um líquido que é composto de água salgada, salmoura, ou misturas dos mesmos.

32. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o fluido de pós-rinsagem compreende ainda um polímero resistente à água.

33. Método de acordo com a reivindicação 32, caracterizado pelo fato de que o polímero resistente à água é composto de poliacrilamida, poliacrilamida hidrolisada, xantano, escleroglucano, polissacarídeos, polímeros anfotéricos feitos de acrilamida, ácido acrílico, cloreto de

dialildimetilamônio, terpolímeros de acrilamida, vinilamida, vinil sulfonato, copolímeros de acrilamida/vinil sulfonato, copolímeros do ácido acrilamido-metilpropanosulfônico/acrilamida, copolímeros de vinilpirrolidona/acrilamida, carboximetil celulose de sódio, 5 poli[dialquilaminoacrilato-co-acrilato-g-poli(etilenóxido)], copolímero de brometo de octadecildimetilamônioetil metacrilato/acrilamida, terpolímero de brometo de hexadecildimetilamoniometil metacrilato/vinil pirrolidona/dimetilaminoetil metacrilato, terpolímero de 2-etil-hexil metacrilato/ácido 2-acrilamido-2-metil propano sulfônico/acrilamida, ou 10 misturas dos mesmos.

34. Método de redução da produção de particulados e água de uma formação subterrânea, caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

15 aplicação de uma solução de pré-rinsagem, compreendendo um líquido aquoso e um polímero resistente à água, na formação subterrânea; aplicação de um líquido aquoso composto de um tensoativo na formação subterrânea;

aplicação de um fluido de consolidação de baixa viscosidade na formação subterrânea; e,

20 aplicação de um fluido de pós-rinsagem na formação subterrânea.

35. Método de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo fato de compreender ainda a etapa de espera de um período de tempo escolhido após a aplicação do fluido de pós-rinsagem.

25 36. Método de acordo com a reivindicação 35, caracterizado pelo fato de que o período de tempo escolhido é de 6 a 48 h.

37. Método de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo fato de que o fluido de consolidação tem uma viscosidade abaixo de 100 cP.

38. Método de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo fato de que o fluido de consolidação é composto de um componente de resina endurecível, compreendendo uma resina endurecível e um componente de agente endurecedor, compreendendo um agente endurecedor líquido, um agente de acoplamento de silano, e um tensoativo.

39. Método de acordo com a reivindicação 38, caracterizado pelo fato de que a resina endurecível no componente de resina endurecível líquida é uma resina orgânica compreendendo uma resina de bisfenol A-epicloridrina, resina de poliepóxido, resina novolac, resina de fenol-aldeído, resina de uréia-aldeído, resina de furano, resina de uretano, glicidil éteres, ou misturas dos mesmos.

40. Método de acordo com a reivindicação 39, caracterizado pelo fato de compreender ainda um solvente para a resina endurecível no componente de resina endurecível líquida.

41. Método de acordo com a reivindicação 40, caracterizado pelo fato de que o solvente para a resina endurecível no componente de resina endurecível líquida, é composto de butilglicidil éter, dipropileno glicol metil éter, dipropileno glicol dimetil éter, dimetil formamida, dietileno glicol metil éter, etileno glicol butil éter, dietileno glicol butil éter, propileno carbonato, metanol, d'limoneno, metil ésteres de ácido graxo, ou misturas dos mesmos.

42. Método de acordo com a reivindicação 38, caracterizado pelo fato de que o agente endurecedor líquido no componente de agente endurecedor líquido compreende aminas, aminas aromáticas, aminas alifáticas, aminas cicloalifáticas, piperidina, trietilamina, benzildimetilamina, N,N-dimetilaminopiridina, 2-(N₂N-dimetilaminometil) fenol, tris(dimetilaminometil)fenol, ou misturas dos mesmos.

43. Método de acordo com a reivindicação 38, caracterizado pelo fato de que o agente de acoplamento de silano no componente de agente endurecedor compreende n-2-(aminoetil)-3-amino- propiltrimetoxissilano, 3-

glicidoxipropiltrimetoxissilano, n-beta-(aminoetil)-gama-aminopropil trimetoxissilano ou misturas dos mesmos.

44. Método de acordo com a reivindicação 38, caracterizado pelo fato de que o agente endurecedor líquido compreende ainda um éster
5 hidrolisável.

45. Método de acordo com a reivindicação 44, caracterizado pelo fato de que o éster hidrolisável é composto de dimetilglutarato, dimetiladipato e dimetilsuccinato, sorbitol, catecol, dimetiltiolato, salicilato de metila, salicilato de dimetila, dimetil succinato, tercbutilidroperóxido, ou
10 misturas dos mesmos.

46. Método de acordo com a reivindicação 38, caracterizado pelo fato de que o tensoativo no componente de agente endurecedor líquido é composto de ésteres etoxilados de nonil fenol fosfato, misturas de um ou mais tensoativos catiônicos, um tensoativo de alquil C₁₂-C₂₂ fosfato, um cloreto de
15 benzila quat de tris-2-4-6-dimetilaminometil fenol, ou um ou mais tensoativos não iônicos e um tensoativo de alquil fosfato, ou misturas dos mesmos.

47. Método de acordo com a reivindicação 38, caracterizado pelo fato de que o agente endurecedor líquido compreende ainda um fluido carreador líquido.

48. Método de acordo com a reivindicação 47, caracterizado pelo fato de que o fluido carreador líquido é composto de dipropileno glicol metil éter, dipropileno glicol dimetil éter, dimetil formamida, dietilenoglicol metil éter, etileno glicol butil éter, dietileno glicol butil éter, propileno carbonato, d'limoneno, metil ésteres de ácidos graxos ou misturas dos
25 mesmos.

49. Método de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo fato de que o fluido de consolidação é composto de uma resina com base em furano.

50. Método de acordo com a reivindicação 49, caracterizado

pelo fato de que a resina com base em furano é composta de furfúril álcool, uma mistura de furfúril álcool com um aldeído, uma mistura de resina de furano e uma resina fenólica ou misturas dos mesmos.

51. Método de acordo com a reivindicação 50, caracterizado
5 pelo fato de compreender ainda um solvente para a resina com base em furano no componente de resina endurecível líquida.

52. Método de acordo com a reivindicação 51, caracterizado
pelo fato de que o solvente é composto de 2-butóxi etanol, acetato de butila, acetato de furfurila, ou misturas dos mesmos.

10 53. Método de acordo com a reivindicação 34, caracterizado
pelo fato de que o fluido de consolidação é composto de uma resina com base fenólica.

54. Método de acordo com a reivindicação 53, caracterizado
pelo fato de que a resina com base fenólica compreender um terpolímero de
15 fenol, uma resina fenólica de formaldeído, uma mistura de resina fenólica em furano, ou misturas dos mesmos.

55. Método de acordo com a reivindicação 54, caracterizado
pelo fato de compreender ainda um solvente para a resina com base fenólica.

56. Método de acordo com a reivindicação 55, caracterizado
20 pelo fato de que o solvente compreende acetato de butila, lactato de butila, acetato de furfurila, 2-butóxi etanol, ou misturas dos mesmos.

57. Método de acordo com a reivindicação 34, caracterizado
pelo fato de que o fluido de consolidação é composto de uma resina com base epóxi de alta temperatura e um solvente.

25 58. Método de acordo com a reivindicação 57, caracterizado
pelo fato de que a resina com base epóxi de alta temperatura compreende uma resina de bisfenol A-epicloridrina, resina de poliepóxido, resina novolac, resina de poliéster, glicidil éteres, ou misturas dos mesmos.

59. Método de acordo com a reivindicação 57, caracterizado

pelo fato de que o solvente compreende dimetil sulfóxido, dimetil formamida, dipropileno glicol metil éter, dipropileno glicol dimetil éter, dimetil formamida, dietileno glicol metil éter, etileno glicol butil éter, dietileno glicol butil éter, propileno carbonato, d'limoneno, metil ésteres de ácido graxo, ou
5 misturas dos mesmos.

60. Método de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo fato de que o líquido aquoso na solução de pré-rinsagem é composta de água salgada, salmoura, ou misturas dos mesmos.

61. Método de acordo com a reivindicação 34, caracterizado
10 pelo fato de que o polímero resistente à água é composto de poliacrilamida, poliacrilamida hidrolisada, xantano, escleroglucano, polissacarídeos, polímeros anfotéricos feitos de acrilamida, ácido acrílico, cloreto de dialildimetilamônio, terpolímeros de acrilamida, vinilamida, vinil sulfonato, copolímeros de acrilamida/vinil sulfonato, copolímeros do ácido acrilamido-
15 metilpropanosulfônico/acrilamida, copolímeros de vinil pirrolidona/acrilamida, carboximetil celulose de sódio, poli[dialquilaminoacrilato-co-acrilato-g-poli(etilenóxido)], copolímero de brometo de octadecildimetilamônioetil metacrilato/acrilamida, terpolímero de brometo de hexadecildimetilamoniometil metacrilato/vinil
20 pirrolidona/dimetilaminoetil metacrilato, terpolímero de 2-etil-hexil metacrilato/ácido 2-acrilamido-2-metil propano sulfônico/acrilamida, ou misturas dos mesmos.

62. Método de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo fato de que o líquido aquoso composto de um tensoativo, compreende
25 água salgada, salmoura, ou misturas dos mesmos.

63. Método de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo fato de que o líquido aquoso composto de um tensoativo, compreende um éster etoxilato de nonil fenol fosfato, um tensoativo catiônico, um tensoativo não iônico, um tensoativo de alquil fosfonato, um cloreto de

benzila quat de tris-2-4-6-dimetilaminometil fenol, ou misturas dos mesmos.

64. Método de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo fato de que o fluido de pós-rinsagem é um líquido que é composto de água salgada, salmoura ou misturas dos mesmos.

5 65. Método de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo fato de que o fluido de pós-rinsagem compreende ainda um polímero resistente à água.

66. Método de acordo com a reivindicação 65, caracterizado pelo fato de que o polímero resistente à água é composto de poliacrilamida, 10 poliacrilamida hidrolisada, xantano, escleroglucano, polissacarídeos, polímeros anfotéricos feitos de acrilamida, ácido acrílico, e cloreto de dialildimetilamônio, terpolímeros de acrilamida/vinilamida/vinil sulfonato, copolímeros de acrilamida/vinil sulfonato, copolímeros do ácido acrilamido- 15 metilpropanosulfônico/acrilamida, copolímeros de vinil pirrolidona/acrilamida, carboximetil celulose de sódio, poli[dialquilaminoacrilato-co-acrilato-g-poli(etilenóxido)], copolímero de brometo de octadecildimetilamônioetil metacrilato/acrilamida, terpolímero de brometo de hexadecildimetilamoniometil metacrilato/vinil 20 pirrolidona/dimetilaminoetil metacrilato, terpolímero de 2-etil-hexil metacrilato/ácido 2-acrilamido-2-metil propano sulfônico/acrilamida, ou misturas dos mesmos.

RESUMO

“MÉTODOS PARA A ESTABILIZAÇÃO DE UMA FORMAÇÃO SUBTERRÂNEA, E DE REDUÇÃO DA PRODUÇÃO DE PARTICULADOS E ÁGUA DE UMA FORMAÇÃO SUBTERRÂNEA”

- 5 A presente invenção apresenta métodos para a redução da produção, tanto de água como de particulados, de formações subterrâneas; os métodos são essencialmente úteis em relação a formações subterrâneas em volta de furos de poço e fraturas. Os métodos compreendem as etapas de aplicação em uma formação subterrânea de um fluido de pré-rinsagem, a
- 10 aplicação de um fluido de tensoativo aquoso, a aplicação de um fluido de consolidação de baixa viscosidade, e a aplicação de um fluido de pós-rinsagem.