

ADITIVO DE SUSPENSIÓN DE ALTA TEMPERATURA PARA TRATAMIENTOS DE POZOS

ANTECEDENTES

[001] Durante la perforación y terminación de pozos de petróleo y gas, se realizan diversos tratamientos en los pozos con diversos fines. Por ejemplo, generalmente se perfora un pozo hasta la formación subterránea mientras circula un fluido de perforación a través del pozo. Una vez terminada la perforación, se introduce en el pozo una sarta de tubos, por ejemplo, una tubería de revestimiento. Luego, se realiza la cementación primaria, en donde se bombea un fluido de cementación, que suele incluir agua, cemento y aditivos en partículas, a través de la sarta de tuberías hasta el espacio anular entre la sarta de tuberías y las paredes del pozo, para que el fluido de cementación se asiente en una columna de cemento impermeable y selle así el espacio anular. También pueden realizarse operaciones de cementación secundarias posteriores, es decir, cualquier operación de cementación posterior a la operación de cementación primaria. Un ejemplo de operación de cementación secundaria es la cementación por compresión, en donde se introduce a presión un fluido de cementación en las zonas del espacio anular con pérdida de integridad para sellarlas.

[002] Tanto durante la perforación y terminación del pozo como durante la recuperación de recursos, se utilizan diversos fluidos. Algunos ejemplos de fluidos son el fluido de perforación, también llamado lodo, que se bombea en el pozo durante las operaciones de perforación y similares, el espaciador, que ayuda a eliminar el fluido de perforación residual del pozo, el cemento, que suele revestir al menos parte del pozo terminado y se coloca tras el lavado con un espaciador, y los fluidos de fracturamiento, que pueden utilizarse para mejorar la recuperación de petróleo o gas natural. Aunque algunas partes del pozo están cerca de la superficie, la mayor parte se encuentra en el subsuelo, donde las condiciones son severas. Además, cualquier problema con un fluido de fondo de pozo puede ser difícil de detectar o corregir porque el fluido puede estar lejos de la superficie y ser relativamente inaccesible, sobre todo en el caso del cemento que ha fraguado y ya no es un fluido.

[003] A medida que aumenta la temperatura de circulación del fondo de un pozo, disminuye la viscosidad del fluido de cementación. Esta disminución de la viscosidad, que se conoce como adelgazamiento térmico, puede provocar la sedimentación de los sólidos en el lodo. Las consecuencias indeseables de la sedimentación de sólidos incluyen agua libre y un gradiente de densidad en el cemento fraguado. Para inhibir la sedimentación, pueden añadirse al fluido de cementación agentes de suspensión del cemento, por ejemplo, polímeros reticulados. A medida que aumenta la temperatura del fluido de cementación, se cree que el agente de suspensión del cemento mantiene o aumenta la viscosidad del fluido de cementación, por ejemplo, al romper al menos parte de los enlaces cruzados para garantizar que el polímero permanezca extendido para proporcionar una viscosidad estable. Una característica importante de un agente de suspensión del cemento es que este no afecte negativamente a la reología a baja

temperatura. Los aditivos de suspensión del cemento existentes, por ejemplo, guar o derivados de guar reticulados con borato, retrasan la rotura de la reticulación lo suficiente como para permitir el mezclado y el bombeo de un fluido de cemento sin impartir una viscosidad excesivamente alta. Sin embargo, se sabe que esos aditivos de suspensión existentes se degradan por encima de 280 °F. Esta limitación de temperatura hace que estos aditivos de suspensión de cemento sean poco prácticos para su uso en aplicaciones a temperaturas más altas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[004] Estos dibujos ilustran ciertos aspectos de algunas de las formas de realización de la presente divulgación y no deben utilizarse para limitar o definir la divulgación.

[005] La Figura 1 es una ilustración esquemática del equipo de superficie de acuerdo con algunas formas de realización de la presente divulgación, que se utiliza para la colocación de un fluido espaciador y/o una composición de cemento.

[006] La Figura 2 es una ilustración esquemática de un ejemplo en donde se utiliza un fluido espaciador, que incluye el aditivo de suspensión de alta temperatura, entre una composición de cemento y un fluido de perforación.

[007] La Figura 3 es una ilustración esquemática de un ejemplo en donde se utiliza, en un pozo, un fluido espaciador que incluye el aditivo de suspensión de alta temperatura.

[008] La Figura 4 es un gráfico de los resultados de la prueba de tiempo de espesamiento intermitente para una suspensión de acuerdo con algunas formas de realización de la presente divulgación.

[009] La Figura 5 es un gráfico de los resultados de la prueba de tiempo de espesamiento intermitente para una suspensión de acuerdo con algunas formas de realización de la presente divulgación.

[010] La Figura 6 es un gráfico de una prueba de viscosidad para una suspensión de acuerdo con algunas formas de realización de la presente divulgación.

[011] La Figura 7 es un gráfico de una prueba de viscosidad para una suspensión de acuerdo con algunas formas de realización de la presente divulgación.

[012] La Figura 8 es un gráfico de una prueba de entrelazamiento de polímeros de acuerdo con algunas formas de realización de la presente divulgación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[013] La presente divulgación se dirige a fluidos de tratamiento de pozos que comprenden un aditivo de suspensión de alta temperatura. Más concretamente, el aditivo de suspensión de alta temperatura puede incluirse en fluidos de tratamiento de pozos, tales como fluidos espaciadores y lechadas de cemento, en los que puede producirse un adelgazamiento térmico. El aditivo de suspensión de alta temperatura puede ser ventajoso en el sentido de que proporciona suspensión de sólidos en formaciones subterráneas que tienen temperaturas estáticas de fondo de pozo (BHST) de 280 °F (138 °C) o superiores, inclusive aquellas formaciones que tienen una temperatura estática de fondo de pozo superior a alrededor de 400 °F (204 °C). Los aditivos de suspensión de alta temperatura de la presente divulgación son operables a temperaturas significativamente más altas que los aditivos de suspensión convencionales a base de biopolímeros, tales como la goma guar y la goma xantana. Los aditivos de suspensión de alta temperatura de

la presente divulgación son más ventajosos que los aditivos de suspensión a base de biopolímeros, ya que los aditivos de suspensión de alta temperatura no afectan negativamente a la viscosidad a baja temperatura de un fluido de tratamiento y permiten la capacidad de mezcla a baja temperatura, así como la suspensión a alta temperatura.

[014] En algunas formas de realización, el aditivo de suspensión de alta temperatura comprende un producto de reacción de un monómero, un reticulante térmicamente inestable y un reticulante térmicamente estable. Ejemplos de los monómeros pueden incluir, entre otros, uno o más monómeros seleccionados del grupo que comprende acrilamida (Ac), metacrilamida, 2-acrilamido-2-metil-1-ácido propanosulfónico y sales de este, N-vinilpirrolidona (NVP), acrilamidas N-sustituidas, metacrilamidas N-sustituidas, N-metilacrilamida, N-etilacrilamida, N-vinilcaprolactama, N,N-dimetilacrilamida, N,N-dimetilmetacrilamida, ácido acrílico, ácido metacrílico, acrilatos (tales como acrilato de metilo y acrilato de hidroxietilo), metacrilatos (tales como metacrilato de metilo, metacrilato de 2-hidroxietilo y metacrilato de 2-dimetilaminoetilo) y combinaciones de estos.

[015] Los reticulantes térmicamente inestables para su uso en la presente divulgación pueden ser un reticulante con al menos dos grupos acrilamida, metacrilamida, acrilato, metacrilato, éster de vinilo o vinilideno, éster de alilo o combinaciones de estos, que sea hidrolíticamente estable a temperatura ambiente e hidrolíticamente inestable a alta temperatura, es decir, por encima de 250 °F (121 °C), en la escala de tiempo del tratamiento del pozo, tal como un período de tiempo de una hora o más. Como se usa en la presente, "hidrolíticamente estable", y cualquier derivado de este, indica estabilidad frente a la hidrólisis a una temperatura seleccionada durante un periodo de tiempo seleccionado. Un reticulante térmicamente inestable adecuado puede hidrolizarse a una temperatura en un rango de 250 °F (121 °C) a 550 °C (288 °C). Alternativamente, en un rango de 250 °F (121 °C) a 350 °F (177 °C), 350 °F (177 °C) a 400 °F (204 °C), 400 °F (204 °C) a 500 °F (260 °C), 500 °F (260 °C) a 550 °F (288 °C), o cualquier rango intermedio.

[016] Los reticulantes térmicamente inestables que se utilizan en los métodos y composiciones de la presente divulgación comprenden generalmente uno o más de los siguientes reticulantes: reticulantes a base de acrilamida, reticulantes a base de acrilato, reticulantes a base de éster, reticulantes a base de amida, cualquier derivado de estos y cualquier combinación de estos. Estos reticulantes son estables a temperatura ambiente, pero se hidrolizan a temperaturas más altas, lo que provoca la ruptura del reticulado. En ciertas formas de realización, los reticulantes a base de acrilamida pueden ser monómeros con al menos un grupo acrilamida o metacrilamida, que también pueden contener grupos insaturados adicionales, tales como grupos vinilo, alilo y/o acetilénicos. En ciertas formas de realización, los reticulantes a base de acrilato pueden ser monómeros con al menos un grupo acrilato o metacrilato, que también pueden contener grupos insaturados adicionales, tales como grupos vinilo, alilo y/o acetilénico.

[017] Ejemplos de reticulantes a base de acrilamida que pueden ser adecuados en ciertas formas de realización de la presente divulgación incluyen, entre otros, N,N'-metilenbisacrilamida, N,N'-metilenbimetacrilamida, N,N,N'-etilenbisacrilamida,

N,N'-propilenbisacrilamida, y derivados de orden superior, N,N'-(1,2-dihidroxietilen)bisacrilamida, 1,4-diacrililpiperazina, N,N-dialilacrilamida, y 1,3,5-triacriloilhexahidro-1,3,5-triazina.

[018] Ejemplos de reticulantes a base de acrilato que pueden ser adecuados en ciertas formas de realización de la presente divulgación incluyen, entre otros, di(met)acrilato de etilenglicol, di(met)acrilato de propilenglicol, di(met)acrilato de dietilenglicol, di(met)acrilato de trietilenglicol, di(met)acrilato de polietilenglicol, di(met)acrilato de 1,4-butanodiol, di(met)acrilato de 1,6-hexanodiol, trimetacrilato de 1,1,1-trimetilolpropano, tri(met)acrilato de pentaeritritol, tetra(met)acrilato de pentaeritritol, di(met)acrilato de glicerol, tri(met)acrilato de glicerol, di(met)acrilato de triglicerol, (met)acrilato de alilo, (met)acrilato de vinilo, isocianurato de tris[2-(acrililoxi)etilo].

[019] Ejemplos de reticulantes a base de ésteres y amidas que pueden ser adecuados en ciertas formas de realización de la presente divulgación incluyen, entre otros, ésteres de vinilo o alilo, tales como carbonato de dialilo, adipato de divinilo, sebacato de divinilo, N,N'-dialiltartardiamida, ftalato de dialilo, maleato de dialilo y succinato de dialilo.

[020] En algunas formas de realización, los reticulantes térmicamente estables pueden ser un reticulante con al menos dos grupos vinilo, vinilideno o alilo, o combinaciones de estos, que es hidrolíticamente estable en el fluido de tratamiento de pozo a temperaturas más altas, tales como por encima de 121 °C (250 °F) a alrededor de 232 °C (450 °F), en la escala de tiempo del tratamiento del pozo, tal como un período de tiempo de una hora o más. Por ejemplo, los reticulantes térmicamente estables pueden no hidrolizarse o solo parcialmente hidrolizarse, en donde menos de alrededor del 10 % de los reticulantes se hidrolizan en un fluido de tratamiento a una temperatura en un rango de 250 °F (93 °C) a 450 °F (232 °C) durante un período de al menos alrededor de 1 hora. Alternativamente, en un rango de 200 °F (93 °C) a 300 °F (149 °C), 300 °F (149 °C) a 400 °F (204 °C), 400 °F (204 °C) a 450 °F (232 °C), o cualquier rango intermedio.

[021] Los reticulantes térmicamente estables suelen ser a base de éter y no a base de amida o éster. A diferencia de los reticulantes a base de amidas y ésteres, estos reticulantes son más resistentes a la hidrólisis térmica o incluso no se hidrolizan a altas temperaturas. Ejemplos no limitativos de reticulantes térmicamente estables pueden incluir éter de divinilo, éter de dialilo, éteres de vinilo o alilo de poliglicoles o polioles (tales como éter de alilo de pentaeritritol (PAE), sucrosa de alilo, éter de divinilo de etilenglicol, éter de divinilo de trietilenglicol, éter de divinilo de dietilenglicol, éter de dialilo de glicerol y éter de divinilo de polietilenglicol, éter de divinilo de propilenglicol y éter de dialilo de trimetilolpropano), divinilbenceno, 1,3-divinilimidazolidin-2-ona (también conocida como 1,3-diviniletileneurea o divinilimidazolidona), diviniltetrahidropirimidin-2(1H)-ona, dienos (tales como 1,7-octadieno y 1,9-decadieno), aminas de alilos (tales como la trialilamina y la tetraalquileo diamina), N-vinil-3(E)-etilideno pirrolidona, etilideno bis(N-vinilpirrolidona), trialil isocianurato (TTT), y cualquier combinación de cualquiera de los anteriores.

[022] El aditivo de suspensión de alta temperatura puede tener una concentración

de entrelazamiento de polímero (P^*) en un rango de 0,001 g/dl a 0,1 g/dl. Alternativamente, en un rango de 0,001 g/dl a 0,005 g/dl, 0,005 g/dl a 0,01 g/dl, 0,01 g/dl a 0,05 g/dl, 0,05 g/dl a 0,1 g/dl, o cualquier rango intermedio.

[023] El uno o más monómeros pueden estar presentes en el aditivo de suspensión de alta temperatura en una cantidad en el rango de 0,1 % molar a 99,9 % molar. Alternativamente, en una cantidad entre 0,1 % molar y 1 % molar, % molar y 5 % molar, 5 % molar y 10 % molar, 10 % molar y 25 % molar, 25 % molar y 50 % molar, 50 % molar y 75 % molar, 75 % molar y 90 % molar, 90 % molar y 99 % molar, 99 % molar y 99,9 % molar, o cualquier rango intermedio. El aditivo de suspensión de alta temperatura puede incluir una combinación de dos o más monómeros. Cuando están presentes, los dos o más monómeros pueden incluirse en una proporción molar que va desde un límite inferior de alrededor de 0,1:99,9, 1:99, 5:95, 10:90, 20:80, 25:75, 30:70, 40:60 o 50:50 hasta un límite superior de alrededor de 99,9:0,1, 99:1, 90:10, 80:20, 75:25, 70:30, 60:40 o 50:50, y en donde la cantidad puede variar desde cualquier límite inferior hasta cualquier límite superior, y abarcar cualquier subconjunto entre los límites superiores e inferiores, y cualquier límite inferior puede combinarse con cualquier otro límite inferior para recitar un rango no recitado explícitamente. En algunas formas de realización, la acrilamida y la N-vinilpirrolidona están presentes en una proporción molar de 80:20, 60:40, 50:50, o 40:60. En algunas formas de realización, la acrilamida y el 2-acrilamido-2-metil-1-ácido propanosulfónico están presentes en una proporción molar de 80:20, 60:40, 50:50, o 40:60. En otras formas de realización, el 2-acrilamido-2-metil-1-ácido propanosulfónico y la N-vinilpirrolidona están presentes en una proporción molar de 80:20, 60:40, 50:50, o 40:60.

[024] El aditivo de suspensión de alta temperatura puede incluir un reticulante térmicamente inestable en una cantidad en el rango de un límite inferior de alrededor de 0,1 % molar y 20 % molar. Alternativamente, en un rango de 0,1 % molar a 1 % molar, 1 % molar a 2 % molar, 2 % molar a 3 % molar, 3 % molar a 4 % molar, 4 % molar a 5 % molar, 5 % molar a 10 % molar, 10 % molar a 15 % molar, 15 % molar a 20 % molar, o cualquier rango intermedio. En una o más formas de realización, la N,N'-metilenbisacrilamida (MBA) está presente en una cantidad de 0,5 % molar a 10 % molar, o de 1,5 % molar a 2,5 % molar, o 2 % molar, o 1 % molar.

[025] El aditivo de suspensión de alta temperatura puede incluir un reticulante térmicamente estable en una cantidad comprendida entre un límite inferior de alrededor de 0,1 % molar a 20 % molar. Alternativamente, en un rango de 0,1 % molar a 1 % molar, 1 % molar a 2 % molar, 2 % molar a 3 % molar, 3 % molar a 4 % molar, 4 % molar a 5 % molar, 5 % molar a 10 % molar, 10 % molar a 15 % molar, 15 % molar a 20 % molar, o cualquier rango intermedio.

[026] En una o más formas de realización, el isocianurato de trialilo (TTT) está presente en una cantidad en el rango de 0,5 % molar a 10 % molar, o de 1 % molar a 5 % molar, o de 2 % molar a 4 % molar. En algunas formas de realización, el éter de alilo de pentaeritritol (PEAE) está presente en una cantidad en el rango de 0,5 % molar a 10 % molar, o de 1 % molar a 5 % molar, o de 2 % molar a 4 % molar. En algunas formas de realización, el éter de divinilo de trietilglicol (TEGDVE) está presente en una cantidad en el rango de 0,5 % molar a 10 %

molar, o de 1 % molar a 5 % molar, o de 2 % molar a 4 % molar.

[027] En algunas formas de realización, el aditivo de suspensión de alta temperatura puede utilizarse en un pozo y/o formación subterránea con una temperatura estática del fondo del pozo (BHST) en el rango de un límite inferior de alrededor de 275 °F (135 °C), 300 °F (149 °C), 325 °F (163 °C), 350 °F (177 °C), 400 °F (204 °C) o 450 °F y hasta un límite superior de alrededor de 550 °F (288 °C), 500 °F (260 °C), 450 °F (232 °C) o 400 °F (204 °C), y en donde la temperatura puede estar en el rango de cualquier límite inferior a cualquier límite superior y abarcar cualquier subconjunto entre los límites superiores e inferiores.

[028] Una vez hidrolizado parcialmente bajo las condiciones del pozo, el reticulante de alta temperatura puede proporcionar viscosidad al fluido de manera que éste tenga una viscosidad en un intervalo de alrededor de 5 bc a alrededor de 120 bc (unidades de consistencia beardan, medido en un consistómetro presurizado de acuerdo con API RP 10B-2, *Recommended Practice for Testing Well Cements* [práctica recomendada para la evaluación de cementos], primera edición, julio de 2005). Alternativamente, de 5 bc a 10 bc, de 10 bc a 25 bc, de 25 bc a 50 bc, de 50 bc a 75 bc, de 75 bc a 100 bc, de 100 bc a 120 bc, o cualquier rango intermedio. Alternativamente, el fluido que contiene el aditivo de suspensión de alta temperatura hidrolizado puede tener una viscosidad en un rango de alrededor de 100 cP (centipoise) a alrededor de 600 cP, medida con un viscosímetro de acuerdo con API RP 10B-2, *Recommended Practice for Testing Well Cements* [práctica recomendada para la evaluación de cementos], primera edición, julio de 2005. Alternativamente, de 100 cP a 200 cP, de 200 cP a 300 cP, de 300 cP a 400 cP, de 400 cP a 500 cP, de 500 cP a 600 cP, o cualquier rango intermedio.

[029] En algunas formas de realización, una lechada de cemento puede incluir el aditivo de suspensión de alta temperatura, un cemento y agua. El aditivo de suspensión de alta temperatura puede utilizarse con cualquier cemento para pozos, incluidos cementos hidráulicos tales como un cemento Portland de las clases API A, B, C, G y H; un cemento de escoria; un cemento de puzolana; un cemento de yeso; un cemento aluminoso; un cemento de sílice; un cemento de alta alcalinidad; y cualquier combinación de estos. El agua adecuada puede incluir agua dulce, agua salada (por ejemplo, agua que contiene una o más sales disueltas en ella), salmuera (por ejemplo, agua salada saturada), agua de mar y cualquier combinación de estas. En general, el agua puede proceder de cualquier fuente, siempre que no contenga componentes que puedan afectar negativamente a la estabilidad y/o al rendimiento de las composiciones o métodos de la presente divulgación. La lechada de cemento puede incluir el aditivo de suspensión de alta temperatura en cualquier cantidad que incluya de 0,1 % en peso de cemento (bwoc) a 5 % bwoc. Alternativamente, del 0,1 % bwoc al 0,5 % bwoc, del 0,5 % bwoc al 1 % bwoc, del 1 % bwoc al 2 % bwoc, del 2 % bwoc al 3 % bwoc, del 3 % bwoc al 5 % bwoc, o cualquier rango intermedio.

[030] La lechada de cemento puede incluir además cualquier aditivo adecuado, tal como cualquier aditivo en partícula adecuado. Una partícula adecuada para su uso en la presente invención puede ser cualquier partícula adecuada para su uso en una formación subterránea, inclusive, entre otros, partículas de cemento,

agentes densificantes, agentes de sostén, partículas finas de agregados, y cualquier combinación de estos. Las partículas adecuadas para su uso en la presente invención pueden tener un diámetro en el rango de un límite inferior de alrededor de 0,5 μm , 1 μm , 10 μm , 50 μm , 0,1 mm o 1 mm y un límite superior de alrededor de 10 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,1 mm o 50 μm , y en donde el diámetro estar en el rango de cualquier límite inferior a cualquier límite superior y abarcar cualquier subconjunto entre los límites superior e inferior. Una partícula puede estar presente en un fluido de tratamiento en una cantidad en el rango de un límite inferior de alrededor de 1 %, 5 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 % o 50 % en peso del fluido de tratamiento y un límite superior de alrededor de 99 %, 90 %, 80 %, 70 %, 60 %, 50 % o 40 % en peso del fluido de tratamiento, y en donde la cantidad puede estar en el rango de cualquier límite inferior a cualquier límite superior y abarcar cualquier subconjunto entre los límites superiores e inferiores.

[031] Los agentes de densificantes adecuados para su uso en la presente divulgación pueden ser cualquier agente densificante conocido que sea una partícula, inclusive, entre otros, barita, óxido de hierro, carbonato de hierro hematita, tetraóxido de manganeso, galena, sílice, siderita, celestita, ilmenita, dolomita, carbonato de calcio y cualquier combinación de estos. Los apuntalantes adecuados para su uso en la presente divulgación pueden ser cualquier apuntalante conocido, incluidos, entre otros, arena, bauxita, materiales cerámicos, materiales de vidrio, materiales poliméricos, materiales de politetrafluoroetileno, trozos de cáscara de nuez, partículas resinosas curadas que comprenden trozos de cáscara de nuez, trozos de cáscara de semilla, partículas resinosas curadas que comprenden trozos de cáscara de semilla, trozos de hueso de fruta, partículas resinosas curadas que comprenden trozos de hueso de fruta, madera, partículas compuestas y cualquier combinación de estos. Las partículas compuestas adecuadas pueden comprender un aglutinante y un material de relleno, en donde los materiales de relleno adecuados incluyen sílice, alúmina, carbón ahumado, negro de carbón, grafito, mica, dióxido de titanio, meta-silicato, silicato de calcio, caolín, talco, circonia, boro, cenizas volantes, microesferas de vidrio huecas, vidrio macizo y cualquier combinación de estos.

[032] Las partículas finas de agregados adecuadas para su uso en la presente divulgación pueden incluir, entre otras, cenizas volantes, harina de sílice, arena fina, tierra de diatomeas, agregados ligeros, esferas huecas y cualquier combinación de estos.

[033] En algunas formas de realización, un aditivo de suspensión de alta temperatura puede incluirse en un primer fluido que se coloca en un pozo y/o formación subterránea antes y/o después de un segundo fluido, en donde el segundo fluido comprende una pluralidad de agregados en partículas y el aditivo de suspensión de alta temperatura. En algunas formas de realización, la concentración del aditivo de suspensión de alta temperatura puede ser diferente en un primer fluido que en un segundo fluido. En algunas formas de realización, el primer fluido puede ser un fluido espaciador y el segundo fluido puede ser un fluido de tratamiento.

[034] En algunos ejemplos, la lechada de cemento puede incluir además un aditivo ligero. El aditivo ligero se puede incluir para reducir la densidad de los

ejemplos de la lechada de cemento. Por ejemplo, el aditivo ligero se puede usar para formar una lechada de cemento ligera, por ejemplo, que tiene una densidad menor que alrededor de 13 ppg. El aditivo ligero, por lo general, puede tener una gravedad específica menor que alrededor de 2,0. Los ejemplos de aditivos ligeros adecuados pueden incluir silicato de sodio, microesferas huecas, gilsonita, perlita y combinaciones de estos. Cuando se utiliza, el aditivo ligero puede estar presente en una cantidad en el rango de alrededor de 0,1 % a alrededor de 20 % en peso de sólidos secos, por ejemplo. En ejemplos alternativos, el aditivo ligero puede estar presente en una cantidad en el rango de alrededor de 1 % a alrededor de 10 % en peso de sólidos secos.

[035] La lechada de cemento generalmente debe tener una densidad adecuada para una aplicación específica. En algunas formas de realización, la lechada de cemento puede tener una densidad en el rango de alrededor de 4 libras por galón ("lb/gal") (480 kg/m³) a alrededor de 24 lb/gal (2900 kg/m³). En otras formas de realización, la lechada de cemento puede tener una densidad en el rango de alrededor de 4 lb/gal (480 kg/m³) a alrededor de 17 lb/gal (2040 kg/m³). En aun otras formas de realización, la lechada de cemento puede tener una densidad en el rango de alrededor de 8 lb/gal (960 kg/m³) a alrededor de 13 lb/gal (1600 kg/m³), o de alrededor de 13 lb/gal (1600 kg/m³) a alrededor de 20 lb/gal (2396 kg/m³). En algunos ejemplos, la lechada de cemento puede ser espumada e incluir agua, un aditivo de suspensión de alta temperatura, un agente espumante y un gas. Opcionalmente, para proporcionar una lechada de cemento con una densidad más baja y una espuma más estable, la lechada de cemento espumada puede comprender además un aditivo ligero, por ejemplo. Con el aditivo ligero, puede prepararse una lechada base que luego puede espumarse para proporcionar una densidad aún menor. En algunas formas de realización, el fluido espaciador espumado puede tener una densidad en el rango de alrededor de 4 ppg (479 kg/m³) a alrededor de 13 ppg (1558 kg/m³) y, alternativamente, de alrededor de 7 ppg (839 kg/m³) a alrededor de 9 ppg (839 kg/m³). En un ejemplo particular, una lechada base puede espumarse desde una densidad comprendida entre alrededor de 9 ppg (839 kg/m³) y alrededor de 13 ppg (1558 kg/m³) hasta una densidad inferior, por ejemplo, comprendida entre alrededor de 7 ppg (839 kg/m³) y alrededor de 9 ppg (839 kg/m³).

[036] El gas utilizado en las formas de realización de la lechada de cemento espumada puede ser cualquier gas adecuado para espumar la lechada de cemento, inclusive, entre otros, aire, nitrógeno y combinaciones de estos. Generalmente, el gas debe estar presente en los ejemplos de lechadas de cemento espumada en una cantidad suficiente para formar la espuma deseada. En ciertas formas de realización, el gas puede estar presente en una cantidad en el rango de alrededor de 5 % a alrededor de 80 % en volumen del fluido espaciador espumado a presión atmosférica, alternativamente, de alrededor de 5 % a alrededor de 55 % en volumen, y, alternativamente, de alrededor de 15 % a alrededor de 30 % en volumen.

[037] Cuando se espuman, los ejemplos de lechadas de cemento pueden comprender un agente espumante que proporcione una espuma adecuada. Como se usa en la presente, el término "agente espumante" se refiere a un material o

combinación de materiales que facilitan la formación de espuma en un líquido. Cualquier agente espumante adecuado para formar espuma en un líquido acuoso puede utilizarse en las formas de realización de lechadas de cemento. Ejemplos de agentes espumantes adecuados pueden incluir, entre otros: tensioactivos aniónicos, no iónicos, anfóteros (incluidos los tensioactivos zwitteriónicos), catiónicos o mezclas de estos, betaínas, tensioactivos aniónicos tales como la queratina hidrolizada, óxidos de amina tales como los óxidos de alquil o alqueno dimetilamina, óxido de cocoamidopropil dimetilamina, ésteres sulfonados de metilo, amidobetainas de alquilo o alqueno tales como la cocoamidopropil betaína; sulfonatos de alfaolefina, tensioactivos cuaternarios tales como el cloruro de trimetilseboamonio y cloruro de trimetilcocoamonio, sulfatos de alquiletoxilato de C8 a C22, y combinaciones de estos. Ejemplos específicos de aditivos espumantes adecuados incluyen, entre otros, mezclas de una sal de amonio de un sulfato de éter alquílico, un tensioactivo de cocoamidopropil betaína, un tensioactivo de óxido de cocoamidopropil dimetilamina, cloruro de sodio y agua; mezclas de una sal de amonio de un tensioactivo de sulfato de éter alquílico, un tensioactivo de cocoamidopropil hidroxisulfatna, un tensioactivo de óxido de cocoamidopropil dimetilamina, cloruro de sodio y agua; queratina hidrolizada; mezclas de un tensioactivo de sulfato de éter de alcohol etoxilado, un tensioactivo de alquil o alqueno amidopropil betaína y un tensioactivo de óxido de alquil o alqueno dimetilamina; soluciones acuosas de un tensioactivo de sulfonato alfa-olefínico y un tensioactivo de betaína; mezclas de una sal de amonio de un sulfato de éter alquílico; y combinaciones de estos. Generalmente, el agente espumante puede estar presente en las formas de realización de lechadas de cemento espumada en una cantidad suficiente para proporcionar una espuma adecuada. En algunas formas de realización, el agente espumante puede estar presente en una cantidad en el rango de alrededor de 0,8 % a alrededor de 5 % en volumen de agua ("bvow").

[038] La lechada de cemento puede incluir una puzolana natural, tal como cenizas volantes, humo de sílice, metacaolín o combinaciones de estos. Un ejemplo de una puzolana adecuada puede incluir ceniza volante. Puede ser adecuada una variedad de cenizas volantes, que incluye las cenizas volantes clasificadas como cenizas volantes de Clase C y Clase F de acuerdo con American Petroleum Institute, API Specification for Materials and Testing for Well Cements, API Specification 10, 5.a ed., 1 de julio de 1990. Las cenizas volantes de clase C incluyen sílice y cal, por lo que pueden fraguar para formar una masa endurecida al mezclarse con agua. Las cenizas volantes de clase F generalmente no contienen una cantidad suficiente de cal para inducir una reacción cementante, por lo tanto, es necesaria una fuente adicional de iones de calcio para las formas de realización de consolidación de una lechada de cemento que incluya cenizas volantes de clase F. En algunos ejemplos, se puede mezclar cal con cenizas volantes de clase F en una cantidad en el rango de alrededor de 0,1 % a alrededor de 100 % en peso de las cenizas volantes. En algunos casos, la cal puede ser cal hidratada. Un ejemplo de una puzolana adecuada puede incluir metacaolín. Generalmente, el metacaolín es una puzolana blanca que puede prepararse al calentar la arcilla de caolín a temperaturas en el rango de alrededor de 600 °C a

alrededor de 800 °C. Cuando se utiliza, el metacaolín puede estar presente en una cantidad en el rango de alrededor de 0,1 % a alrededor de 40 % en peso de la lechada de cemento. Por ejemplo, el metacaolín puede estar presente en una cantidad en el rango de alrededor de 0,1 %, 10 %, alrededor de 20 %, alrededor de 30 % o alrededor de 40 % en peso de la lechada de cemento. Un ejemplo adicional de una puzolana adecuada puede incluir una puzolana natural. Las puzolanas naturales se encuentran generalmente presentes en la superficie de la Tierra, y estas fraguan y se endurecen en presencia de cal hidratada y agua. Los ejemplos que incluyen puzolanas naturales pueden incluir vidrios naturales, tierra de diatomeas, ceniza volcánica, lutita opalina, toba y combinaciones de estos. Las puzolanas naturales pueden estar molidas o sin moler.

[039] La lechada de cemento puede incluir además cal hidratada. Como se usa en la presente, se entenderá que la expresión "cal hidratada" significa hidróxido de calcio. En algunos ejemplos, la cal hidratada puede proporcionarse como cal viva (óxido de calcio) que se hidrata cuando se mezcla con agua para formar la cal hidratada. La cal hidratada puede incluirse en ejemplos de las formas de realización de consolidación del fluido espaciador, por ejemplo, para formar una composición hidráulica con el aditivo de suspensión de alta temperatura. Por ejemplo, la cal hidratada puede incluirse en una proporción en peso entre puzolana y cal hidratada de alrededor de 10:1 a alrededor de 1:1, o una proporción de alrededor de 3:1 a alrededor de 5:1. Cuando está presente, la cal hidratada se puede incluir en las lechadas de cemento en una cantidad en un rango de alrededor de 1 % a alrededor de 40 % en peso de la lechada de cemento, por ejemplo. En algunos ejemplos, la cal hidratada puede estar presente en una cantidad en el rango de alrededor de 1 %, alrededor de 10 %, alrededor de 20 %, alrededor de 30 % o alrededor de 40 % en peso de la lechada de cemento.

[040] Algunos ejemplos de la lechada de cemento pueden incluir fuentes de sílice además del aditivo de suspensión de alta temperatura; por ejemplo, sílice cristalina y/o sílice amorfa. La sílice amorfa es un polvo que se puede incluir en los ejemplos de lechada de cemento como un agente de relleno ligero. La sílice amorfa es generalmente un subproducto de un proceso de producción de ferrosilicio, en donde la sílice amorfa puede formarse mediante la oxidación y condensación de subóxido de silicio gaseoso, SiO, que se forma como un intermediario durante el proceso. Los ejemplos que incluyen fuentes de sílice adicionales pueden utilizar la fuente de sílice adicional según sea necesario para mejorar la resistencia a la compresión o los tiempos de fraguado en las formas de realización de consolidación de las lechadas de cementación.

[041] En ejemplos de consolidación de la lechada de cemento, esta puede consolidarse para formar una masa que resista la deformación. Los ejemplos de consolidación de la lechada de cemento pueden incluir agua, aditivo de suspensión de alta temperatura y una fuente de iones de calcio e hidróxido, tal como cal, por ejemplo. En general, las puzolanas pueden participar en la reacción puzolánica mediante la reacción de los componentes silíceos y/o aluminosos de la puzolana con iones de calcio e iones de hidróxido en agua. La reacción puzolánica puede hacer que la lechada de cemento adquiera resistencia a la compresión. La resistencia a la compresión es generalmente la capacidad de un material o

estructura para resistir fuerzas de empuje dirigidas axialmente. La resistencia a la compresión puede medirse según las técnicas establecidas en API RP-10B-2, *Recommended Practice for Testing Well Cements* [práctica recomendada para la evaluación de cementos], 2.^a edición, publicada en abril de 2013. La resistencia a la compresión generalmente se mide en un momento específico después de que se ha preparado la lechada de cemento y la composición resultante se mantiene en condiciones de temperatura y presión específicas. La resistencia a la compresión se puede medir a través de métodos destructivos o no destructivos. El método destructivo prueba físicamente la resistencia de la lechada de cemento consolidada en varios puntos en el tiempo al triturar las muestras en una máquina de prueba de compresión. La resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de falla dividida por el área de sección transversal que resiste la carga y se informa en unidades de libra-fuerza por pulgada cuadrada (psi). Los métodos no destructivos pueden emplear un analizador de cemento ultrasónico USA™, disponible a través de Fann® Instrument Company, Houston, TX. Los valores de resistencia a la compresión se pueden determinar de acuerdo con API RP-10B-2, *Recommended Practice for Testing Well Cements* [práctica recomendada para la evaluación de cementos], 2.^a edición, publicada en abril de 2013.

[042] A modo de ejemplo, las formas de realización de consolidación de la lechada de cemento pueden desarrollar una resistencia a la compresión de 24 horas en el rango de alrededor de 10 psi a alrededor de 2000 psi, alternativamente de alrededor de 10 psi a alrededor de 100 psi, alternativamente de alrededor de 100 psi a alrededor de 1000 psi, alternativamente de alrededor de 1000 psi a alrededor de 1500 psi, o alternativamente de alrededor de 1500 psi a alrededor de 2000 psi. En algunos ejemplos, los valores de resistencia a la compresión se pueden determinar mediante métodos destructivos o no destructivos a una temperatura en el rango de 100 °F a 200 °F.

[043] La lechada de cemento puede incluir además polvo de horno. "Polvo de horno", como se usa el término en la presente, se refiere a un material sólido generado como subproducto del calentamiento de ciertos materiales en hornos. El término "polvo de horno", como se usa en la presente, pretende incluir el polvo de horno elaborado como se describe en la presente y formas equivalentes de polvo de horno. Según su fuente, el polvo de horno puede exhibir propiedades cementosas, ya que puede fraguar y endurecerse en presencia de agua. Los ejemplos de polvos de horno adecuados incluyen polvo de horno de cemento, polvo de horno de cal y combinaciones de estos. El polvo de horno de cemento puede generarse como un subproducto de la producción de cemento que se elimina de la corriente de gas y se recolecta, por ejemplo, en un colector de polvo. Por lo general, se recolectan grandes cantidades de polvo de horno de cemento en la producción de cemento que comúnmente se desecha como residuos. El análisis químico del polvo de cemento de horno de diversos fabricantes de cemento varía en función de una serie de factores, que incluyen la materia prima del horno en particular, la eficiencia de la operación de producción de cemento y los sistemas de recolección de polvo asociados. El polvo de horno de cemento generalmente puede incluir una variedad de óxidos, tales como SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, SO₃, Na₂O, y K₂O. Los problemas también pueden estar

asociados con el desecho de polvo de horno de cal, que se puede generar como un subproducto de la calcinación de la cal. El análisis químico del polvo de horno de cal de diversos fabricantes de cal varía en función de varios factores, incluso la alimentación de piedra caliza o caliza dolomítica particular, el tipo de horno, el modo de funcionamiento del horno, la eficacia de la operación de producción de cal y los sistemas de recolección de polvo asociados. El polvo de horno de cal generalmente puede incluir cantidades variables de cal libre y magnesio, piedra caliza y/o caliza dolomítica libre y una variedad de óxidos, tales como SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , SO_3 , Na_2O y K_2O , y otros componentes, tales como cloruros.

[044] Las lechadas de cemento pueden incluir además barita. En algunos ejemplos, la barita puede estar presente en las lechadas de cemento en una cantidad en el rango de alrededor de 1 % a alrededor de 60 % en peso de la lechada de cemento (por ejemplo, alrededor de 5 %, alrededor de 10 %, alrededor de 15 %, alrededor de 20 %, alrededor de 25 %, alrededor de 30 %, alrededor de 35 %, alrededor de 40 %, alrededor de 45 %, alrededor de 50 %, alrededor de 55 %, etc.). En algunos ejemplos, la barita puede estar presente en las lechadas de cemento en una cantidad en el rango de alrededor del 1 % a alrededor del 35 % en peso de la lechada de cemento. En algunos ejemplos, la barita puede estar presente en las lechadas de cemento en una cantidad en el rango de alrededor del 1 % a alrededor del 10 % en peso de la lechada de cemento. De manera alternativa, la cantidad de barita puede expresarse en peso de sólidos secos. Por ejemplo, la barita puede estar presente en una cantidad en un rango de alrededor de 1 % a alrededor de 99 % en peso de sólidos secos (por ejemplo, alrededor de 1 %, alrededor de 5 %, alrededor de 10 %, alrededor de 20 %, alrededor de 30 %, alrededor de 40 %, alrededor de 50 %, alrededor de 60 %, alrededor de 70 %, alrededor de 80 %, alrededor de 90 %, alrededor de 99 %, etc.). En algunos ejemplos, la barita puede estar presente en una cantidad en el rango de alrededor de 1 % a alrededor de 20 % y, alternativamente, de alrededor de 1 % a alrededor de 10 % en peso de sólidos secos.

[045] En algunas formas de realización, la lechada de cemento puede incluir además una o más de las siguientes sustancias: escoria, perlita, lutita, sílice amorfa o metacaolín. Estos aditivos pueden incluirse en las lechadas de cemento para mejorar una o más propiedades de la lechada de cemento. Las lechadas de cemento pueden incluir además escoria. La escoria es generalmente un subproducto granulado de alto horno de la producción de hierro fundido, que incluye las impurezas oxidadas que se encuentran en el mineral de hierro. Cuando se usa, la escoria puede estar presente en una cantidad en el rango de alrededor de 0,1 % a alrededor de 40 % en peso de la lechada de cemento. La lechada de cemento puede incluir además perlita. La perlita es un mineral y generalmente se refiere a una roca silíceo amorfa volcánica natural que incluye principalmente dióxido de silicio y óxido de aluminio. La perlita puede estar expandida y/o no expandida según sea adecuado para una aplicación particular. La perlita expandida o no expandida también se puede moler, por ejemplo. Cuando se usa, la perlita puede estar presente en una cantidad en el rango de alrededor de 0,1 % a alrededor de 40 % en peso de la lechada de cemento. Por ejemplo, la perlita puede estar presente en una cantidad que varía entre cualesquiera de, y/o que

incluye cualesquiera de, alrededor de 0,1 %, alrededor de 10 %, alrededor de 20 %, alrededor de 30 % o alrededor de 40 % en peso de la lechada de cemento. La lechada de cemento puede incluir además lutita. Puede ser adecuada una variedad de lutitas, inclusive aquellas que incluyen silicio, aluminio, calcio y/o magnesio. Los ejemplos de lutitas adecuadas incluyen lutitas vitrificadas y/o lutitas calcinadas. Cuando se usa, la lutita puede estar presente en una cantidad en el rango de alrededor de 0,1 % a alrededor de 40 % en peso de la lechada de cemento. Por ejemplo, la lutita puede estar presente en una cantidad que varía entre cualesquiera de, y/o que incluye cualesquiera de, alrededor de 0,1 %, alrededor de 10 %, alrededor de 20 %, alrededor de 30 % o alrededor de 40 % en peso de la lechada de cemento.

[046] La lechada de cemento puede incluir además un aditivo de control de agua libre. Como se usa en la presente, la expresión "aditivo de control de agua libre" se refiere a un aditivo que se incluye en un líquido para, entre otras cosas, reducir o evitar la presencia de agua libre en el líquido. El aditivo de control de agua libre también puede reducir o evitar el asentamiento de sólidos. Los ejemplos de aditivos de control de agua libre adecuados incluyen, entre otros, bentonita, sílice amorfa, hidroxietilcelulosa y combinaciones de estas. El aditivo de control de agua libre se puede proporcionar como un sólido seco en algunas formas de realización. Cuando se usa, el aditivo de control de agua libre puede estar presente en una cantidad en el rango de alrededor de 0,1 % a alrededor de 16 % en peso de sólidos secos, por ejemplo. En formas de realización alternativas, el aditivo de control de agua libre puede estar presente en una cantidad en el rango de alrededor de 0,1 % a alrededor de 2 % en peso de sólidos secos.

[047] Opcionalmente, se pueden incluir aditivos de control de pérdida de fluido en la lechada de cemento, por ejemplo, para disminuir el volumen de fluido que se pierde en la formación subterránea. Los ejemplos de aditivos de control de pérdida de fluido adecuados incluyen, entre otros, ciertos polímeros, tales como hidroxietilcelulosa, carboximetilhidroxietilcelulosa, copolímeros de 2-acrilamido-2-ácido metilpropansulfónico y acrilamida o N,N-dimetilacrilamida, y copolímeros de injerto que incluyen una cadena principal de lignina o lignito y grupos colgantes que incluyen al menos un miembro seleccionado del grupo que consiste en ácido 2-acrilamido-2-metilpropansulfónico, acrilonitrilo y N,N-dimetilacrilamida.

[048] Opcionalmente, se pueden incluir materiales de pérdida de circulación en las lechadas de cemento para, por ejemplo, ayudar a prevenir la pérdida de circulación de fluido en la formación subterránea. Ejemplos de materiales de pérdida de circulación incluyen, entre otros, corteza de cedro, tallos de caña triturados, fibra mineral, escamas de mica, celofán, carbonato de calcio, caucho molido, materiales poliméricos, piezas de plástico, mármol molido, madera, cáscaras de nueces, formica, mazorcas de maíz, cáscaras de algodón, y combinaciones de estos.

[049] Opcionalmente, se pueden incluir aceleradores de fraguado en ejemplos de consolidación de lechadas de cemento, por ejemplo, para aumentar la velocidad de las reacciones de fraguado. El control del tiempo de fraguado puede permitir la capacidad de ajustarse a las condiciones del pozo o personalizar los tiempos de fraguado para trabajos individuales. Los ejemplos de aceleradores de fraguado

adecuados pueden incluir, entre otros, sulfato de aluminio, alumbre, cloruro de calcio, sulfato de calcio, yeso-hemihidrato, aluminato de sodio, carbonato de sodio, cloruro de sodio, silicato de sodio, sulfato de sodio, cloruro férrico o una combinación de estos.

[050] Opcionalmente, pueden incluirse retardadores de fraguado en los ejemplos de consolidación de lechadas de cemento, por ejemplo, para aumentar el tiempo de espesamiento de las lechadas de cemento. Ejemplos de retardadores de fraguado adecuados incluyen, entre otros, amonio, metales alcalinos, metales alcalinotérreos, bórax, sales metálicas de lignosulfonato de calcio, carboximetil hidroxietilcelulosa, ligninas sulfoalquiladas, ácidos hidroxicarboxílicos, mezcla de 5-cloro-2-metil-3(2H)-isotiazolona con 2-metil-3(2H)-isotiazolona, copolímeros de sal de 2-acrilamido-2-metilpropano-ácido sulfónico y ácido acrílico o maleico, sal saturada, o una combinación de estos. Un ejemplo de una lignina sulfoalquilada adecuada incluye una lignina sulfometilada.

[051] Como se ha mencionado anteriormente, las lechadas de cemento pueden consolidarse tras su colocación en el pozo. A modo de ejemplo, las lechadas de cemento pueden desarrollar resistencia de gel y/o resistencia a la compresión cuando se dejan en el pozo. Como un ejemplo específico de consolidación, cuando se deja en un espacio anular del pozo (por ejemplo, entre una formación subterránea y la sarta de tubería dispuesta en la formación subterránea, o entre la sarta de tubería y un conducto más grande dispuesto en la formación subterránea), la lechada de cemento puede consolidarse para desarrollar resistencia estática de gel y/o resistencia a la compresión. La masa consolidada y formada en el espacio anular del pozo puede actuar como soporte, posicionar la sarta de tubería en el pozo y unir la superficie exterior de la sarta de tubería a las paredes del pozo o al conducto mayor. La masa consolidada formada en el espacio anular del pozo también puede proporcionar una barrera sustancialmente impermeable para sellar los fluidos y gases de la formación y, en consecuencia, también puede servir para mitigar la posible migración de fluidos. La masa consolidada que se forma en el espacio anular del pozo también puede proteger la sarta de tuberías u otro conducto contra la corrosión.

[052] Las lechadas de cements se pueden preparar de acuerdo con cualquier técnica apropiada. En algunos ejemplos, la cantidad deseada de agua se puede introducir en una mezcladora (por ejemplo, una mezcladora de cemento) seguida de una mezcla seca de los componentes del fluido espaciador. La mezcla seca puede comprender el aditivo de suspensión de alta temperatura y aditivos sólidos adicionales tales como los descritos anteriormente. Se pueden agregar al agua aditivos líquidos adicionales, si se desea, antes o después de la combinación con la mezcla seca. Esta mezcla se puede agitar durante un período de tiempo suficiente para formar una lechada bombeable. A modo de ejemplo, se pueden usar bombas para el suministro de este lodo bombeable en el pozo.

[053] En algunas formas de realización, un aditivo de suspensión de alta temperatura puede suministrarse en forma húmeda o seca. En algunas formas de realización, puede añadirse un aditivo de suspensión de alta temperatura a un fluido de tratamiento *in situ* o fuera de la ubicación del pozo.

[054] Los componentes de la composición de cemento pueden combinarse en

cualquier orden deseado para formar una composición de cemento que pueda colocarse en una formación subterránea. Además, los componentes de las composiciones de cemento se pueden combinar mediante el uso de cualquier dispositivo de mezclado compatible con la composición, incluida una mezcladora a granel, por ejemplo. En un ejemplo particular, una composición de cemento se puede preparar al mezclar en seco los componentes sólidos de la composición de cemento en una planta a granel, por ejemplo, y luego combinar la mezcla seca con agua cuando se desee utilizarla. Por ejemplo, puede prepararse una mezcla seca que incluya el aditivo de suspensión de alta temperatura y los demás componentes del cemento seco. Los aditivos líquidos (si los hubiere) se pueden combinar con el agua antes de que el agua se combine con los componentes secos o se puede agregar directamente a un tambor de mezcladora. En algunos ejemplos, puede usarse una mezcladora de chorro, por ejemplo, para mezclar continuamente la mezcla seca que incluye la composición de cemento, por ejemplo, con el agua, a medida que se bombea al pozo.

[055] En algunos ejemplos, el aditivo de suspensión de alta temperatura puede incluirse en un fluido espaciador. Los espaciadores, también denominados a veces fluidos de desplazamiento, fluidos de lavado o fluidos inversores, se colocan en el pozo después de la perforación y antes de la cementación. Los espaciadores preparan al pozo para recibir el cemento. Por ejemplo, un espaciador puede desplazar completamente el fluido de perforación del espacio anular del pozo y/o acondicionar la tubería de revestimiento y la superficie del pozo para que se adhieran con cemento. El fluido de perforación puede contaminar el cemento, lo que puede provocar problemas tales como incompatibilidad, mala adherencia y supresión del desarrollo de la resistencia a la compresión. La presencia de una torta de filtración de fluido de perforación sobre la tubería de revestimiento puede afectar a la unión entre la tubería de revestimiento y el cemento, y provocar la formación de microcanales. En consecuencia, los espaciadores a menudo eliminan las tortas del fluido de perforación y dejan la tubería de revestimiento y el espacio anular húmedos para recibir el cemento. Un fluido espaciador puede incluir agua y el aditivo de suspensión de alta temperatura. Los fluidos espaciadores pueden formularse al mezclar una mezcla seca espaciadora que comprenda el aditivo de suspensión de alta temperatura y agua. La mezcla seca espaciadora puede incluir el aditivo de suspensión de alta temperatura junto con cualquier otro componente seco para una aplicación específica. En algunos ejemplos, un fluido espaciador puede incluir el aditivo de suspensión de alta temperatura en cualquier cantidad que incluya desde 0,01 % bwob (en peso de la mezcla seca espaciadora) hasta 50 % bwob. Alternativamente, de 0,01 % bwob a 0,05 % bwob, de 0,05 % bwob a 0,1 % bwob, de 0,1 % bwob a 0,5 % bwob, de 0,5 % bwob a 1 % bwob, 1 % bwob a 2 % bwob, 2 % bwob a 3 % bwob, 3 % bwob a 5 % bwob, 5 % bwob a 15 % bwob, 15 % bwob a 25 % bwob, 25 % bwob a 50 % bwob, o cualquier rango intermedio.

[056] Para ser eficaz, el espaciador puede tener ciertas características. Por ejemplo, el espaciador puede ser compatible con el fluido desplazado y el cemento. Esta compatibilidad también puede estar presente a temperaturas y presiones de fondo de pozo. En algunos casos, también es deseable que el

espaciador deje húmedas las superficies del pozo, facilitando así la unión con el cemento. En el diseño de un espaciador, pueden ser importantes diversas propiedades reológicas, tales como el límite elástico, la viscosidad plástica, la resistencia de gel y el fuerza de cizallamiento, entre otras. Aunque la reología puede ser importante en el diseño de los espaciadores, los espaciadores convencionales pueden no tener la reología deseada bajo las temperaturas del fondo de pozo. Por ejemplo, los espaciadores convencionales pueden experimentar un adelgazamiento térmico no deseado a temperaturas elevadas. Como resultado, los espaciadores convencionales pueden no proporcionar el desplazamiento deseado en algunos casos, o pueden provocar una suspensión deficiente en otros.

[057] En algunos ejemplos, la mezcla seca espaciadora puede incluir un material abrasivo sólido, por ejemplo, para fregar y facilitar la eliminación de la torta de filtración sólida en las superficies del pozo. Los ejemplos de materiales abrasivos sólidos adecuados pueden incluir, entre otros, piedra pómez, perlita, otros vidrios volcánicos, sílice ahumada y cenizas volantes, entre otros. El material abrasivo sólido puede estar presente en la mezcla seca espaciadora en cualquier cantidad adecuada, inclusive, entre otros, una cantidad de alrededor de 1 % bwob a alrededor de 99,9 % bwob. En formas de realización específicas, el material abrasivo sólido puede estar presente en una cantidad de alrededor de 1 % bwob a 25 % bwob, 25 % bwob a 50 % bwob, 50 % bwob a 75 % bwob, 90 % a alrededor de 99 %, o cualquier rango intermedio.

[058] En algunos ejemplos, la mezcla seca espaciadora puede incluir una goma biopolimérica. Los ejemplos de gomas biopoliméricas adecuadas pueden incluir, entre otros, polisacáridos tales como goma xantana, goma diutana, goma welan, goma escleroglucana y combinaciones de estas. La goma biopolimérica puede estar presente en la mezcla seca espaciadora en cualquier cantidad adecuada, inclusive, entre otros, una cantidad de 0,01 % bwob (en peso de la mezcla seca espaciadora) a 5 % bwob. Alternativamente, de 0,01 % bwob a 0,05 % bwob, de 0,05 % bwob a 0,1 % bwob, de 0,1 % bwob a 0,5 % bwob, de 0,5 % bwob a 1 % bwob, de 1 % bwob a 2 % bwob, de 2 % bwob a 3 % bwob, de 3 % bwob a 5 % bwob, o cualquier rango intermedio.

[059] El fluido espaciador puede incluir además un tensioactivo. Se puede incluir cualquiera de una variedad de tensioactivos que pueden ser capaces de humedecer las superficies de los pozos (por ejemplo, humedecer con agua o aceite), tal como la pared del pozo y la superficie de la tubería de revestimiento. En algunas formas de realización, en el fluido espaciador, se pueden incluir tanto un tensioactivo humectante de agua como un tensioactivo humectante de aceite. Los ejemplos de tensioactivos humectantes adecuados pueden incluir etoxilatos de alcohol, etoxisulfatos de alcohol, etoxilatos de alquilfenol (por ejemplo, etoxilatos de nonilfenol), éteres de glicol y combinaciones de estos. Algunos de los tensioactivos humectantes pueden usarse como sales solubles en agua. Por ejemplo, los tensioactivos humectantes pueden seleccionarse de metales alcalinos, metales alcalinotérreos, amonio y sales de alcanolamonio de etoxilatos de alcohol, etoxisulfatos de alcohol, y etoxilatos de alquilfenol. El tensioactivo puede estar presente en la mezcla seca espaciadora en cualquier cantidad

adecuada, inclusive, entre otras, una cantidad del 0,01 % bwob (en peso de la mezcla seca espaciadora) al 5 % bwob. Alternativamente, de 0,01 % bwob a 0,05 % bwob, de 0,05 % bwob a 0,1 % bwob, de 0,1 % bwob a 0,5 % bwob, de 0,5 % bwob a 1 % bwob, de 1 % bwob a 2 % bwob, de 2 % bwob a 3 % bwob, de 3 % bwob a 5 % bwob, o cualquier rango intermedio.

[060] El fluido espaciador puede incluir además un dispersante. Los dispersantes adecuados pueden incluir, entre otros, cualquiera de una variedad de dispersantes de cemento comúnmente usados, tales como, dispersantes sulfonados, dispersantes poliméricos sulfonados, sulfonatos de naftaleno, sulfonatos de melamina, condensado sulfonado de formaldehído de melamina, condensado sulfonado de formaldehído de naftaleno, condensado sulfonado de formaldehído de acetona, poliacrilatos etoxilados, o combinaciones de estos. El dispersante puede estar presente en la mezcla seca espaciadora en cualquier cantidad adecuada, inclusive, entre otras, una cantidad del 0,01 % bwob (en peso de la mezcla seca espaciadora) al 5 % bwob. Alternativamente, de 0,01 % bwob a 0,05 % bwob, de 0,05 % bwob a 0,1 % bwob, de 0,1 % bwob a 0,5 % bwob, de 0,5 % bwob a 1 % bwob, de 1 % bwob a 2 % bwob, de 2 % bwob a 3 % bwob, de 3 % bwob a 5 % bwob, o cualquier rango intermedio.

[061] Los fluidos espaciadores pueden incluir además un agente densificante. Los agentes densificantes se pueden incluir en la mezcla seca espaciadora, por ejemplo, para proporcionar al fluido espaciador la densidad deseada. Los ejemplos de agentes densificantes adecuados incluyen, por ejemplo, barita, tetraóxido de manganeso, óxido de hierro, carbonato de calcio o carbonato de hierro. Los agentes densificantes pueden incluirse en cualquier cantidad adecuada, inclusive, entre otras, desde alrededor de 1 % bwob a alrededor de 99 % bwob, desde alrededor de 50 % bwob a alrededor de 99 % bwob, o desde alrededor de 75 % bwob a alrededor de 99 % bwob, en función del peso total de la mezcla seca espaciadora.

[062] Los fluidos espaciadores generalmente deben tener una densidad adecuada para una aplicación particular. En algunas formas de realización, los fluidos espaciadores pueden tener una densidad en el rango de alrededor de 4 libras por galón ("lb/gal") (480 kg/m³) a alrededor de 24 lb/gal (2900 kg/m³). En otras formas de realización, los fluidos espaciadores pueden tener una densidad en el rango de alrededor de 4 lb/gal (480 kg/m³) a alrededor de 17 lb/gal (2040 kg/m³). En aun otras formas de realización, los fluidos espaciadores pueden tener una densidad en el rango de alrededor de 8 lb/gal (960 kg/m³) a alrededor de 13 lb/gal (1600 kg/m³), de alrededor de 13 lb/gal (1600 kg/m³) a alrededor de 20 lb/gal (2396 kg/m³). Las formas de realización de los fluidos espaciadores pueden ser espumados o no espumados o incluir otros medios para reducir sus densidades conocidas en el estado de la técnica, tales como los aditivos ligeros. Las personas de oficio de nivel medio, con el beneficio de esta divulgación, reconocerán la densidad apropiada para una aplicación particular.

[063] Como se describió anteriormente, la mezcla seca espaciadora se puede combinar con agua para formar un fluido espaciador, que luego se puede introducir en el pozo. El agua usada en una forma de realización de los fluidos espaciadores puede incluir, por ejemplo, agua dulce, agua salada (por ejemplo,

agua que contiene una o más sales disueltas en su interior), salmueras, agua de mar o cualquier combinación de estas. Generalmente, el agua puede provenir de cualquier fuente, siempre que el agua no contenga un exceso de compuestos que puedan afectar indeseablemente a otros componentes en el fluido espaciador. El agua se incluye en una cantidad suficiente para formar un fluido espaciador bombeable. En algunas formas de realización, el agua se puede incluir en los fluidos espaciadores en una cantidad en el rango de alrededor de 15 % en peso a alrededor de 95 % en peso en función del peso total del fluido espaciador. En otras formas de realización, el agua se puede incluir en los fluidos espaciadores en una cantidad en el rango de alrededor de 25 % en peso a alrededor de 85 % en peso o alrededor de 50 % en peso a alrededor de 75 % en peso en función de un peso total del fluido espaciador. La mezcla seca espaciadora se puede incluir en el fluido espaciador en cualquier cantidad adecuada, alrededor de 5 % en peso a alrededor de 50 % en peso, a alrededor de 10 % en peso a alrededor de 60 % en peso, o alrededor de 20 % en peso a alrededor de 50 % en peso en función del peso total del fluido espaciador.

[064] Los fluidos espaciadores adecuados se pueden preparar de acuerdo con cualquier técnica apropiada. Por ejemplo, la cantidad deseada de agua se puede introducir en un mezclador (por ejemplo, un mezclador de cemento) seguido de la mezcla seca espaciadora. Se pueden agregar al agua aditivos líquidos adicionales y/o aditivos secos, si se desea, antes o después de la combinación con la mezcla seca. Esta mezcla se puede agitar durante un período de tiempo suficiente para formar una lechada bombeable. A modo de ejemplo, se pueden usar bombas para el suministro de este lodo bombeable en el pozo. Como se apreciará, el fluido espaciador y/o la mezcla seca espaciadora pueden ser preparados en el sitio del pozo o preparados fuera del sitio del pozo y luego transportados al sitio del pozo. Si se prepara fuera del sitio, la mezcla seca espaciadora y/o el fluido espaciador se pueden transportar al sitio del pozo mediante el uso de cualquier modo de transporte adecuado, que incluye, entre otros, un camión, un vagón de ferrocarril, una barcaza o algo similar. Alternativamente, el fluido espaciador y/o la mezcla seca espaciadora pueden ser formulados en el sitio del pozo, por ejemplo, donde los componentes del fluido espaciador y/o la mezcla seca espaciadora pueden ser entregados desde un transporte (por ejemplo, un vehículo o una tubería) y luego mezclados antes de su colocación en el fondo de pozo. Como apreciarán las personas de oficio de nivel medio, con el beneficio de esta divulgación, se pueden usar otras técnicas adecuadas para preparar los fluidos espaciadores de acuerdo con las formas de realización.

[065] El espaciador puede tener una viscosidad, a temperatura y presión de superficie, suficiente para permitirle suspender cualquier aditivo en partículas, tales como barita, al mismo tiempo que le permite ser bombeo hacia el fondo del pozo. En el pozo, el espaciador puede mantener una viscosidad suficiente para permitirle suspender cualquier aditivo en partículas, al mismo tiempo que le permite circular a través y fuera del pozo. Además, una vez que regresa a la presión o temperatura de superficie, el espaciador puede mantener una viscosidad suficiente para permitir su salida del pozo. El espaciador también puede mantener su viscosidad para permitirle continuar suspendiendo cualquier aditivo en

partículas, tal como la barita, hasta que llegue a un tanque de retención, durante cualquier proceso de limpieza o prueba, o hasta que se devuelva al pozo, según corresponda.

[066] Un método de ejemplo puede incluir un método para desplazar un primer fluido de un pozo, en donde el pozo penetra en una formación subterránea. El método puede incluir proporcionar un fluido espaciador que comprenda agua y el aditivo de suspensión de alta temperatura. También pueden incluirse uno o más aditivos en el fluido espaciador, tal como se explica en la presente. El método puede comprender, además, introducir el fluido espaciador en el pozo para desplazar al menos una porción del primer fluido del pozo. Por ejemplo, el fluido espaciador puede desplazar el primer fluido de un espacio anular del pozo, tal como el espacio anular entre una sarta de tubería y la formación subterránea, o entre la sarta de tubería y un conducto más grande. En algunos ejemplos, el primer fluido desplazado por el fluido espaciador incluye un fluido de perforación. A modo de ejemplo, el fluido espaciador se puede usar para desplazar el fluido de perforación del pozo. Además de desplazar el fluido de perforación del pozo, el fluido espaciador también puede eliminar el fluido de perforación de las paredes del pozo. Las etapas adicionales en ejemplos del método pueden comprender introducir una sarta de tubería en el pozo, introducir una composición de cemento en el pozo con el fluido espaciador, y separar la composición de cemento y el primer fluido. En una forma de realización, se puede permitir que la composición de cemento fragüe en el pozo. La composición de cemento puede incluir, por ejemplo, cemento, aditivo de suspensión de alta temperatura, y agua.

[067] La Figura 1 ilustra un ejemplo del equipo de superficie 10 que se puede usar en la colocación del fluido espaciador y/o la composición de cemento. Debe observarse que, si bien la Figura 1 representa en general una operación en tierra, sin embargo, los principios descritos en la presente son igualmente aplicables a operaciones submarinas que emplean torres de perforación y plataformas flotantes o situadas en el mar, sin apartarse del alcance de la divulgación. Como se ilustra en la Figura 1, el equipo de superficie 10 puede incluir una unidad de cementación 12, la cual puede incluir uno o más camiones mezcladores de cemento. La unidad de cementación 12 puede incluir un equipo de mezclado 4 y un equipo de bombeo 6. La unidad de cementación 12 puede bombear un fluido espaciador y/o una composición de cemento en una dirección indicada por las flechas 14 a través de la tubería de suministro 16 y hacia el cabezal de cementación 18, que transporta el fluido hacia el fondo del pozo. Cualquiera de las formas de realización de un fluido espaciador descritas en la presente puede aplicarse en el contexto de la Figura 1 con respecto al fluido espaciador. Por ejemplo, el fluido espaciador puede incluir un aditivo de suspensión de alta temperatura, agua y uno o más aditivos opcionales.

[068] Un ejemplo de uso del fluido espaciador 20 que incluye el aditivo de suspensión de alta temperatura se describirá ahora con referencia a la Figura 2. Cualquiera de las formas de realización de un fluido espaciador descritas en la presente puede aplicarse en el contexto de la Figura 2 con respecto al fluido espaciador 20. Por ejemplo, el fluido espaciador 20 puede incluir el aditivo de suspensión de alta temperatura, agua y uno o más aditivos opcionales. La Figura

2 representa una o más formaciones subterráneas 22 penetradas por un pozo 24 con fluido de perforación 26 dispuesto en este. El fluido de perforación 26 puede incluir los fluidos de perforación de ejemplo divulgados en la presente. Si bien el pozo 24 se muestra como extendido generalmente de manera vertical en la una o más formaciones subterráneas 22, los principios descritos en la presente son también aplicables a pozos que se extienden en un ángulo a través de la una o más formaciones subterráneas 22, tales como pozos horizontales e inclinados. Como se ilustra, el pozo 24 comprende paredes 28. En la forma de realización ilustrada, una tubería de revestimiento de superficie 30 ha sido cementada a las paredes 28 del pozo 24 mediante una vaina de cemento 32. En la forma de realización ilustrada, uno o más conductos adicionales (por ejemplo, una tubería de revestimiento intermedia, de producción, otras tubería de revestimiento, etc.) mostrados en la presente en forma de la tubería de revestimiento 34 también se pueden colocar en el pozo 24. Como se ilustra, hay un espacio anular 36 del pozo formado entre la tubería de revestimiento 34 y las paredes 28 del pozo 24 (y/o la tubería de revestimiento de superficie 30). Si bien no se muestra, se pueden fijar uno o más centralizadores a la tubería de revestimiento de superficie 30, por ejemplo, para centralizar la tubería de revestimiento 34 en el pozo 24 antes y durante la operación de cementación.

[069] Como se ilustra, puede introducirse en el pozo 24 una composición de cemento 38 que comprende el aditivo de suspensión de alta temperatura. Por ejemplo, la composición de cemento 38 se puede bombear hacia el interior de la tubería de revestimiento 34. La bomba 6 mostrada en la Figura 1 puede utilizarse para el suministro de la composición de cemento 38 que comprende el aditivo de suspensión de alta temperatura hacia el pozo 24. Puede ser conveniente hacer circular la composición de cemento 38 en el pozo 24 hasta que esté en el espacio anular 36 del pozo. La composición de cemento 38 puede incluir las composiciones de cemento de ejemplo divulgadas en la presente. Si bien no se las ilustra, también se pueden utilizar otras técnicas para la introducción de la composición de cemento 38. A modo de ejemplo, se pueden usar técnicas de circulación inversa que incluyan la introducción de la composición de cemento 38 en el pozo 24 mediante el espacio anular 36 del pozo en lugar de a través de la tubería de revestimiento 34.

[070] El fluido espaciador 20 que comprende el aditivo de suspensión de alta temperatura puede utilizarse para separar el fluido de perforación 26 de la composición de cemento 38 que comprende el aditivo de suspensión de alta temperatura. Las formas de realización anteriores descritas con referencia a la Figura 1 para la preparación de un fluido espaciador pueden ser utilizadas para el suministro del fluido espaciador 20 hacia el pozo 24. Además, la bomba 6 mostrada en la Figura 1 también puede ser utilizada para el suministro del fluido espaciador 20 hacia el pozo 24. El fluido espaciador 20 puede utilizarse con la composición de cemento 38 para desplazar el fluido de perforación 26 del pozo 24, así como para preparar el pozo 24 para la composición de cemento 38. A modo de ejemplo, el fluido espaciador 20 puede funcionar, entre otras cosas, para eliminar el fluido de perforación 26, el fluido de perforación 26 que está deshidratado/gelificado, y/o los sólidos de la torta de filtración del pozo 24 antes de

introducir la composición de cemento 38. Aunque no se muestra, uno o más tapones u otros dispositivos adecuados pueden utilizarse para separar físicamente el fluido de perforación 26 del fluido espaciador 20 y/o el fluido espaciador 20 de la composición de cemento 38.

[071] Con referencia ahora a la Figura 3, el fluido de perforación 26 ha sido desplazado del espacio anular 36 del pozo de acuerdo con ciertas formas de realización. Como se ilustra, se puede permitir que el fluido espaciador 20 que comprende el aditivo de suspensión de alta temperatura y la composición de cemento 38 que comprende el aditivo de suspensión de alta temperatura fluyan hacia abajo por el interior de la tubería de revestimiento 34 y a través de la parte inferior de la tubería de revestimiento 34 (por ejemplo, la zapata de la tubería de revestimiento 40) y hacia arriba alrededor de la tubería de revestimiento 34 y hasta el espacio anular 36 del pozo, y de esta manera desplazar el fluido de perforación 26. Al menos una porción de los fluidos de perforación desplazados 26 puede salir del espacio anular 36 del pozo a través de una línea de flujo 42 y depositarse, por ejemplo, en uno o más pozos de retención 44 (por ejemplo, un pozo de lodo), como se muestra en la Figura 1. De regreso a la Figura 3, la composición de cemento 38 puede continuar circulando hasta que haya alcanzado una ubicación deseada en el espacio anular 36 del pozo. El fluido espaciador 20 y/o la composición de cemento 38 pueden dejarse en el espacio anular 36 del pozo. Como se ilustra, el fluido espaciador 20 puede disponerse en el espacio anular 36 del pozo por encima o sobre la composición de cemento 38. La composición de cemento 38 puede asentarse en el espacio anular 36 del pozo para formar una vaina anular de material endurecido sustancialmente impermeable (es decir, una vaina de cemento) que puede soportar y posicionar la tubería de revestimiento 34 en el pozo 24. Como se mencionó anteriormente, formas de realización del fluido espaciador 20 puede consolidarse en el espacio anular 36 del pozo. De esta forma, el fluido espaciador 20 puede ayudar a estabilizar la tubería de revestimiento 34 al mismo tiempo que sirve para proporcionar una barrera para proteger la parte de la tubería de revestimiento 34 de los efectos corrosivos del agua y/o fluidos de perforación a base de agua que de otro modo permanecerían en el espacio anular 36 del pozo por encima de la composición de cemento 38.

[072] Las composiciones de cemento de ejemplo que incluyen el aditivo de suspensión de alta temperatura y que se divulgan en la presente pueden afectar directa o indirectamente uno o más componentes o piezas de equipo asociados con la preparación, suministro, recuperación, reciclado, reutilización y/o desecho de las composiciones de cemento las composiciones de cemento asociadas. Por ejemplo, las composiciones de cemento pueden afectar directa o indirectamente a uno o más mezcladoras, equipos de mezclado relacionados, pozos de lodo, instalaciones o unidades de almacenamiento, separadores de composición, intercambiadores de calor, sensores, manómetros, bombas, compresores y similares utilizados para generar, almacenar, controlar, regular y/o reacondicionar las composiciones de cemento de ejemplo. Las composiciones de cemento divulgadas también pueden afectar directa o indirectamente a cualquier equipo de transporte o suministro utilizado para transportar las composiciones de cemento a un sitio de pozo o fondo de pozo tal como, por ejemplo, cualquier tipo de

recipientes de transporte, conductos, tuberías, camiones, tubulares y/o tubos utilizados para mover composicionalmente las composiciones de cemento de una ubicación a otra, cualquier tipo de bombas, compresores o motores (por ejemplo, en la parte superior o en el fondo de pozo) utilizados para impulsar y movilizar el aditivo de suspensión, o los fluidos que lo contienen, cualquier tipo de válvulas o juntas relacionadas que se utilizan para regular la presión o velocidad de flujo de las composiciones de cemento, y cualquier tipo de sensores (es decir, de presión y temperatura), calibradores y/o combinaciones de estos, y similares. Las composiciones de cemento divulgadas también pueden afectar directa o indirectamente a los diversos equipos y herramientas de fondo de pozo que pueden entrar en contacto con las composiciones de cemento, tales como, entre otros, tubería de revestimiento de pozo, tubería de revestimiento de pozo corta, sarta de terminación, sartas de inserción, sarta de perforación, tubería bobinada, línea de acero, cableado eléctrico, tubería de perforación, collares de perforación, motores de lodo, motores y/o bombas de fondo de pozo, bombas de cemento, motores y/o bombas montados en la superficie, centralizadores, turbolizadores, raspadores, flotadores (por ejemplo, zapatas, collares, válvulas, etc.), herramientas de registro y equipos de telemetría relacionados, accionadores (por ejemplo, dispositivos electromecánicos, dispositivos hidromecánicos, etc.), manguitos deslizantes, manguitos de producción, tapones, cedazos, filtros, dispositivos de control de flujo (por ejemplo, dispositivos de control de flujo de entrada, dispositivos de control de flujo de entrada autónomos, dispositivos de control de flujo de salida, etc.), acoplamientos (por ejemplo, conexión húmeda electrohidráulica, conexión seca, acoplador inductivo, etc.), líneas de control (por ejemplo, eléctricas, de fibra óptica, hidráulicas, etc.), líneas de vigilancia, barrena de perforación y escariadores, sensores o sensores distribuidos, intercambiadores de calor de fondo de pozo, válvulas y dispositivos de accionamiento correspondientes, sellos de herramientas, empaques, tapones de cemento, tapones puente y otros dispositivos o componentes de aislamiento de pozo y similares.

EJEMPLOS

[073] Para facilitar una mejor comprensión de la presente divulgación, se proporcionan los siguientes ejemplos de algunas formas de realización. De ninguna manera debería considerarse que tales ejemplos limitan, o definen, el alcance de la divulgación.

EXEMPLO 1

[074] En este ejemplo, se probó un aditivo de suspensión de alta temperatura en un cemento. El aditivo de suspensión de alta temperatura era un polímero que contenía una mezcla de acrilamida/N-vinilpirrolidona (Ac/NVP) en una proporción molar de 60:40, reticulada con un 2 % de N,N'-metilenbisacrilamida (MBA) y 2 % de trialilisocianurato (TTT). En una o más formas de realización, en la Figura 4 se ilustra un método de cálculo de la concentración crítica (C^*) de la mezcla polimérica de Ac/NVP en una proporción molar de 60:40 y reticulada con 2 % de MBA y 2 % de TTT, en función de datos de titulación. Además, el cemento se preparó de acuerdo con la Tabla 1 a continuación. Luego, se evaluó el tiempo de espesamiento de las lechadas de cemento a 178 °C (350 °F) utilizando un

consistómetro presurizado. Se observó que la carga de 3,75 gramos superó ambas paradas.

Tabla 1

Material	Cantidad (gramos)
Cemento clase H	500
Agente densificante	372,3
Sílice	175
Aditivo de control de pérdida de fluido	5
Retardador	5
Pentaborato de potasio tetrahidratado	5
Aditivo de suspensión de alta temperatura	3,75
Agua	286,6

EXEMPLO 2

[075] En este ejemplo, el aditivo de suspensión de alta temperatura se probó en un fluido espaciador. Se preparó un primer aditivo de suspensión de alta temperatura utilizando acrilamida y 2 % de isocianurato de trialilo. Se preparó un primer fluido espaciador con 4 gramos del primer aditivo de suspensión de alta temperatura, 1 gramo de aditivo de suspensión a base de polisacáridos, 695,9 gramos de barita, 34,24 gramos de roca volcánica y 701,73 gramos de agua. La reología del primer fluido espaciador se probó a 80 °F utilizando un viscosímetro Fann 35. Los resultados de la prueba reológica se muestran en la Tabla 2, donde la primera lectura del cuadrante es la lectura al aumentar las RPM, y la segunda lectura del cuadrante es la lectura al disminuir las RPM. Se preparó un segundo fluido espaciador con 1 gramo del aditivo de suspensión a base de polisacáridos, 695,9 gramos de barita, 34,24 gramos de roca volcánica y 701,73 gramos de agua. Los resultados de la prueba de reología se muestran en la Tabla 3.

[076] El primer fluido espaciador se añejó a 350 °F durante un período de 30 minutos y 3,5 horas a 350 °F en un consistómetro. La reología del primer fluido espaciador se midió a 80 °F después de la marca de 30 minutos y 3,5 horas, cuyos datos se muestran en la Tabla 4 y la Tabla 5.

Tabla 2

RPM	Lectura del dial		Promedio
3	48,1	48,6	48,35
6	49,9	51,7	50,8
30	66	65,8	65,9
60	78,3	78,5	78,4
100	90,5	89,5	90
200	116	113,7	114,85
300	134		134
		PV	91,484
		YP	44,72

Tabla 3

RPM	Lectura del dial		Promedio
3	10,8	12,8	11,8
6	13,1	14,5	13,8
30	18,1	19,2	18,65
60	23	23,6	23,3
100	27	27,3	27,15
200	35,8	35,8	35,8
300	42,9		42,9
		PV	15,07
		YP	10,19

Tabla 4

RPM	Lectura del dial		Promedio
3	36	35	35,5
6	47	47	47
30	94	95	94,5
60	126	127	126,5
100	156	155	155,5
200	205	203	204
300	241		241
		PV	374,5
		YP	32,24

Tabla 5

RPM	Lectura del dial		Promedio
3	10,7	9,2	9,95
6	19,4	11,3	15,35
30	43,6	38,4	41
60	60,6	55,1	57,85
100	73,6	68,9	71,25
200	93,6	92,8	93,2
300	109,5		109,5
		PV	152,7

EXEMPLO 3

[077] Se preparó un segundo aditivo de suspensión de alta temperatura utilizando acrilamida y N-vinilpirrolidona en una proporción de 60:40 con 2 % de reticulante de N,N'-metilenbisacrilamida y 2 % de reticulante de isocianurato de trialilo. Se preparó un tercer fluido espaciador con 5 gramos del segundo aditivo de suspensión de alta temperatura, 695,9 gramos de barita, 34,24 gramos de roca volcánica y 701,73 gramos de agua. El tercer fluido espaciador se acondicionó a 350 °F, y la reología se evaluó a 80 °F utilizando un viscosímetro Fann 35. Los

resultados de la prueba de reología se muestran en la Tabla 6. En la Figura 5, se muestra un gráfico con los resultados de la prueba reológica.

[078] El tercer fluido espaciador se acondicionó adicionalmente a 400 °F, y se volvió a medir la reología. Los resultados del acondicionamiento se muestran en la Tabla 7 y en la Figura 6.

Tabla 6

	Lectura del dial	
RPM	Mezcla	Acondicionamiento
3	20,8	25,85
6	23,4	34,45
30	32,1	69,55
60	40,9	93,55
100	48,6	111,85
200	65,9	147,05
300	80,9	172,9

Tabla 7

	Lectura del dial	
RPM	Mezcla	Acon. 400F
3	20,8	30,2
6	23,4	42,8
30	32,1	84,05
60	40,9	113,2
100	48,6	134,65
200	65,9	175,1
300	80,9	206

EXEMPLO 4

[079] Se preparó un tercer aditivo de suspensión de alta temperatura utilizando acrilamida con 2 % de reticulante N,N'-metilenbisacrilamida y 2 % de reticulante isocianurato de trialilo. Se preparó un cuarto fluido espaciador con 4 gramos del tercer aditivo de suspensión de alta temperatura, 1 gramo de un aditivo de suspensión a base de polisacáridos 695,9 gramos de barita, 34,24 gramos de roca volcánica y 701,7 gramos de agua. Se evaluó la reología del cuarto fluido espaciador, y sus resultados se muestran en la Tabla 8. El cuarto fluido espaciador se acondicionó a 350 °F durante 3 horas, y la reología se evaluó a 80 °F utilizando un viscosímetro Fann 35. Los resultados de la prueba de reología se muestran en la Tabla 9.

Tabla 8

RPM	Lectura del dial		Promedio
3	41,6	40,8	41,2
6	45,5	44,7	45,1
30	60	58,5	59,25

60	72,8	70,7	71,75
100	84,3	82,4	83,35
200	107,2	105,3	106,25
300	124,9		124,9

Tabla 9

RPM	Lectura del dial		Promedio
3	33,8	19,3	26,55
6	35,3	23,9	29,6
30	60,3	42,1	51,2
60	102,5	64,7	83,6
100	128,2	84	106,1
200	133,5	113,7	123,6
300	136,6		136,6

EXEMPLO 5

[080] Se preparó un cuarto aditivo de suspensión de alta temperatura utilizando acrilamida con 2 % de reticulante N,N'-metilenbisacrilamida y 2 % de reticulante éter de divinilo de trietilenglicol. Se preparó un quinto fluido espaciador con 2,92 lb/bbl del cuarto aditivo de suspensión de alta temperatura, 0,29 lb/bbl de aditivo de suspensión a base de polisacáridos, 20 lb/bbl de roca volcánica, y se mezcló hasta obtener una densidad de 16 lb/galón. El quinto fluido espaciador se evaluó en un consistómetro con un barrido de 350 °F. Los resultados de la prueba se muestran en la Figura 7. Se observó que el fluido espaciador ganaba viscosidad con el aumento de la temperatura.

EXEMPLO 6

[081] En este ejemplo, se prepararon y evaluaron varios aditivos de suspensión de alta temperatura. Los aditivos de suspensión de alta temperatura preparados se evaluaron en un fluido espaciador limpio utilizando la formulación de la Tabla 10, un fluido espaciador con contaminación de cemento utilizando la formulación del espaciador de la Tabla 11, un fluido espaciador diseñado para pruebas de longevidad utilizando la formulación de la Tabla 12, y un fluido con rendimiento de agua utilizando la formulación de la Tabla 13. Las formulaciones de los aditivos de suspensión de alta temperatura se muestran en la Tabla 14. Los aditivos de suspensión de alta temperatura incluyen poliacrilamida (PAC), poliacrilamida / 2-acrilamido-2-metil-1-ácido propanosulfónico (PAC/AMPS), 2-acrilamido-2-metil-1-ácido propanosulfónico / N-vinilpirrolidona (AMPS/NVP), acrilamida / N-vinilpirrolidona (Ac/NVP), y N-vinilpirrolidona (NVP). Los resultados de las pruebas se muestran en la Tabla 15.

Tabla 10

Diseño de espaciador de 16ppg	Masa (g)	lb/bbl
Roca volcánica	17,118	20
Barita	347,95	406,53
Aditivo para suspensiones a base de polisacáridos	1	0,6

Aditivo de suspensión de alta temperatura	5	2,9
Agua	210,098	245,47

Tabla 11

Diseño de espaciador con contaminación de cemento	Masa (g)
Cemento	6,85
Retardador	0,1
Barita	139,18
Aditivo para suspensiones a base de polisacáridos	1
Aditivo de suspensión de alta temperatura	5
Agua	84,04

Tabla 12

Diseño de espaciador para pruebas de longevidad	Masa (g)
Cemento	6,85
Barita	6,85
Suspensión a base de polisacáridos	0,2
Aditivo de suspensión de alta temperatura	2
Agua	84,04

Tabla 13

Prueba de rendimiento de agua	Masa (g)
Agua	100
Aditivo de suspensión de alta temperatura	1

[082] Para facilitar una mejor comprensión de la presente divulgación, se proporcionan los siguientes ejemplos de algunas formas de realización. De ninguna manera debería considerarse que tales ejemplos limitan, o definen, el alcance de la divulgación.

Tabla 14

		Monómeros (% molar)			Reticulantes (% molar)			
	N.º de polímero	Acridamida (AM)	2-acrilamido-2-metil-1-ácido propano sulfónico (AMPS)	N-vinilpirrolidona (NVP)	N,N'-metilenedisacrilamida (MBA)	Éter de divinilo de trietilenglicol (TEGDVE)	Isocianato de trialilo (TTT)	Éter de alilo de pentaeritritol (PEAE)
PAC(1 %MBA)	1	100			1			
PAC(2 %MBA)	2	100			2			

PAC(4 %MBA)	3	100			4			
PAC(6 %MBA)	4	100			6			
PAC(4 %MBA /2 %TEGDVE)	5	100			4	2		
PAC(2 %MBA /2 %TEGDVE)	6	100			2	2		
PAC(2 %TTT)	7	100					2	
PAC(3 %TTT)	8	100					3	
PAC(4 %TTT)	9	100					4	
PAC(5 %TTT)	10	100					5	
PAC(2 %TTT/ 2 %MBA)	11	100			2		2	
Ac/AMPS(2 %MBA/2 %T TT)	12	50	50		2		2	
Ac/AMPS(4 %TTT)	13	50	50				4	
Ac/AMPS(2 %TTT)	14	50	50				2	
AMPS/NVP(8 0:20)1 %MBA, 5 %TTT	15		80	20	1		5	
AMPS/NVP(8 0:20)2 %MBA, 4 %TTT	16		80	20	2		4	
AMPS/NVP(8 0:20)2 %MBA, 4 %TTT	17		80	20	1		2	
AMPS/NVP(8 0:20) 2 %TTT	18		80	20			2	
AMPS/NVP(8 0:20) 4 %TTT	19		80	20			4	
AMPS/NVP(8 0:20)2 %MBA, 2 %TTT	20		80	20	2		2	
AMPS/NVP(8 0:20)	21		80	20				
AMPS/NVP(5 0:50)	22		50	50				
Ac/NVP(60;4 0) 2 %MBA,	23	60		40	2		2	

2 %TTT								
Ac/NVP(80;20) 2 %MBA, 2 %TTT	24	80		20	2		2	
Ac/NVP(60;40) 1 %MBA, 1 %TTT	25	60		40	1		1	
Ac/NVP(60;40) 2 %MBA, 2 %PEAE	26	60		40	2			2
Ac/NVP(50;50) 2 %MBA, 2 %TTT	27	50		50	2		2	
Ac/NVP(40;60) 2 %MBA, 2 %TTT	28	40		60	2		2	
NVP 2 %MBA, 2 %TTT	29			100	2		2	

Tabla 15

Evaluación del espaciador								Longevidad del espaciador	Contaminación de cemento
N.º de polímero	Concentración	Temperatura de rendimiento (°F)	Pico de rendimiento (°F)	Viscosidad máxima a 100 rpm	FY SA (sí/no)	Duración de la exposición a 400 °F (horas)	¿Degradación?	Sobrevivió a 350 °F durante 4 horas (sí/no)	Supervivencia (sí/no)
1	5g/600 ml	309	391	567	sí	1	no	sí	
2	5g/600 ml	346	391	430	sí	1,5	no		no
3	5g/600 ml	325	391	689	sí	1	no		
4	5g/600 ml	363	391	420	sí	1,5	no		
5	5g/600 ml	326	391	529	sí	0,5	no	sí	

6	5g/600 ml	341	391	600	sí	0,5	no		
7	2,5g/600 ml	372	391	343	sí	1	no		
8	5g/600 ml								
9	5g/600 ml	336	391	357	sí	1,5	no		
10	5g/600 ml	299	391	373	sí	1,5	no		
11	5g/600 ml	346	391	214	sí	1,5	no		
12	5g/600 ml	374	391	85	sí	1,5	no		
13	5g/600 ml								
14		316	391	687	sí	1	no		
15	5g/600 ml	311	391	247	sí	1	no		y
16	5g/600 ml	312	391	366	sí				y
17	5g/600 ml	318	383	334	sí	0,5	no		
18	5g/600 ml	316	391	682	sí	1	no	sí	no
19		323	391	350	sí	1,5	no	sí	
20	5g/600 ml	319	378	307	sí	1,5	no	sí	
21	5g/600 ml	309	391	567	sí	1	no		
22	5g/600 ml	346	391	430	sí	1,5	no		
23	5g/600 ml	325	391	689	sí	1	no		
24	5g/600 ml	363	391	420	sí	1,5	no	sí	
25	5g/600 ml	326	391	529	sí	0,5	no		
26	5g/600 ml	341	391	600	sí	0,5	no		
27									
28									
29									

EXEMPLO 7

[083] En este ejemplo, se midió la concentración de entrelazamiento de polímero (P^*) para un polímero Ac/NVP(60:40) 2 %MBA 2 %TTT. Se dispersó una cantidad de 1 g de polímero en 50 g de agua desionizada. La solución se colocó en un reómetro Chandler 5550 con geometría R1B5X y se cizalló a 100 rpm durante todo el experimento. La solución se calentó hasta 400 °F durante 20 minutos mientras se mantenía una presión constante de 1000 psi de N₂. La solución se mantuvo a 400 °F durante 40 minutos y luego se enfrió hasta temperatura ambiente. A continuación, las soluciones resultantes con polímero cedido se utilizaron para realizar las mediciones de viscosidad aparente (AVIS). Se midieron diluciones seriales de cuatro iteraciones del polímero Ac/NVP(60:40) 2 %MBA 2 %TTT a una velocidad de cizallamiento de 3rpm. Los resultados de las mediciones AVIS se muestran en la Tabla 16. Se calculó una línea de mejor ajuste utilizando mínimos cuadrados lineales para AVIS/concentración y Ln(AVIS)/concentración, y se calculó la intercepción de la concentración de entrelazamiento de polímero (P^*). La Figura 8 es un gráfico visual de los datos de la Tabla 16 y el cálculo de P^* .

Tabla 16

Iteración de Ac/NVP(60:40) 2 %TTT, 2 %MBA	Concentración (g/dl)	AVIS	Ln(AVIS)	AVIS/conc.	Ln(AVIS)/conc.
1	0,5	14644,4	9,59	73221,75	47,96
	0,25	9385,4	8,13	34050,91	81,33
	0,125	2159,7	7,68	43193,78	153,55
	0,0625	455,9	6,12	18237,84	244,89
2	0,25	7177,4	8,88	28709,7	35,51
	0,125	1121,7	7,02	8973,64	56,18
	0,0625	109	4,69	1744,24	75,06
3	0,5	122625,1	11,72	245250,19	23,43
	0,25	22471,2	10,02	89884,74	40,08
	0,125	2940	7,99	23520,27	63,89
	0,0625	403,3	6	6452,53	95,99
4	0,5	66316,5	11,1	132632,97	22,2
	0,25	21116,3	9,96	84465,32	39,83
	0,125	1771,7	7,48	14173,38	59,84

[084] En consecuencia, la presente divulgación está relacionada con un aditivo de suspensión de alta temperatura y métodos de uso del aditivo de suspensión de alta temperatura en operaciones de perforación de pozos. Los métodos pueden incluir cualquiera de las diversas características divulgadas en la presente, que incluyen una o más de las siguientes declaraciones.

[085] Declaración 1. Un método que comprende: preparar un fluido de tratamiento de pozos que comprende agua y un aditivo de suspensión de alta temperatura que comprende un producto polimérico de un monómero, un reticulante térmicamente

inestable que tiene la propiedad de hidrolizarse a una temperatura superior a 250 °F (121 °C) en el fluido de tratamiento de pozos, y un reticulante térmicamente estable que tiene la propiedad de permanecer hidrolíticamente estable a una temperatura en un rango de 250 °F (121 °C) a 450 °F (232 °C) en el fluido de tratamiento de pozos durante un período de al menos alrededor de 1 hora; y desplazar un fluido dispuesto en un pozo utilizando el fluido de tratamiento de pozos.

[086] Declaración 2. El método de acuerdo con la declaración 1, en donde el monómero comprende al menos un monómero seleccionado del grupo que consiste en acrilamida (Ac), metacrilamida, 2-acrilamido-2-metil-1-ácido propanosulfónico (AMPS) y su sal, N-vinilpirrolidona (NVP), acrilamidas N-sustituidas, metacrilamidas N-sustituidas, N-metilacrilamida, N-etilacrilamida, N-vinilcaprolactama, N,N-dimetilacrilamida, N,N-dimetilmetacrilamida, ácido acrílico, ácido metacrílico, acrilatos (tales como acrilato de metilo y acrilato de hidroxietilo), metacrilatos (tales como metacrilato de metilo, metacrilato de 2-hidroxietilo y metacrilato de 2-dimetilaminoetilo) y combinaciones de estos.

[087] Declaración 3. El método de acuerdo con cualquiera de las declaraciones 1-2, en donde el reticulante térmicamente inestable comprende al menos un reticulante seleccionado del grupo que consiste en N,N'-metilenbisacrilamida, N,N'-metilenbimetacrilamida, N,N'-etilenbisacrilamida, N,N'-propilenbisacrilamida, N,N'-(1,2-dihidroxietileno)bisacrilamida, 1,4-diacriloilpiperazina, N,N-dialilacrilamida, 1,3,5-triacriloilhexahidro-1,3,5-triazina, di(met)acrilato de etilenglicol, di(met)acrilato de propilenglicol, di(met)acrilato de dietilenglicol, di(met)acrilato de trietilenglicol, di(met)acrilato de polietilenglicol, di(met)acrilato de 1,4-butanodiol, di(met)acrilato de 1,6-hexanodiol, trimetacrilato de 1,1,1-trimetilolpropano, tri(met)acrilato de pentaeritritol, tetra(met)acrilato de pentaeritritol, di(met)acrilato de glicerol, tri(met)acrilato de glicerol, di(met)acrilato de triglicerol, (met)acrilato de alilo, (met)acrilato de vinilo, isocianurato de tris[2-(acrilóiloxi)etilo], carbonato de dialilo, adipato de divinilo, sebacato de divinilo, N,N'-dialiltartardiamida, ftalato de dialilo, maleato de dialilo, succinato de dialilo, y combinaciones de estos.

[088] Declaración 4. El método de acuerdo con cualquiera de las declaraciones 1-3, en donde el reticulante térmicamente estable comprende al menos un reticulante seleccionado del grupo que consiste en éter de divinilo, éter de dialilo, éter de alilo de pentaeritritol (PAE), sacarosa de alilo, éter de divinilo de etilenglicol, éter de divinilo de trietilenglicol, éter de divinilo de dietilenglicol, éter de dialilo de glicerol, éter de divinilo de polietilenglicol, éter de divinilo de propilenglicol, éter de dialilo de trimetilolpropano, divinilbenceno, 1,3-divinilimidazolidin-2-ona, diviniltetrahidropirimidin-2(1H)-ona, 1,7-octadieno, 1,9-decadieno, trialilamina, tetraaliletildiamina, N-vinil-3(E)-etilidenopirrolidona, etilideno bis(N-vinilpirrolidona), trialilisocianurato (TTT) y combinaciones de estos.

[089] Declaración 5. El método de acuerdo con la declaración 1, en donde el aditivo de suspensión de alta temperatura comprende acrilamida y N,N'-metilenbisacrilamida en una cantidad de alrededor de 1 % molar a alrededor de 6 % molar.

[090] Declaración 6. El método de acuerdo con la declaración 5, en donde el

aditivo de suspensión de alta temperatura comprende además tri(etilglicol)divinil éter en una cantidad de alrededor de 1 % molar a alrededor de 3 % molar.

[091] Declaración 7. El método de acuerdo con la declaración 1, en donde el aditivo de suspensión de alta temperatura comprende acrilamida e isocianurato de trialilo en una cantidad de alrededor de 1 % molar a alrededor de 6 % molar.

[092] Declaración 8. El método de acuerdo con la declaración 7, en donde el aditivo de suspensión de alta temperatura comprende además N,N'-metilenbisacrilamida en una cantidad de alrededor de 1 % molar a alrededor de 3 % molar.

[093] Declaración 9. El método de acuerdo con la declaración 1, en donde el aditivo de suspensión de alta temperatura comprende acrilamida y 2-acrilamido-2-metil-1-ácido propanosulfónico en una proporción molar de alrededor de 60:40 a alrededor de 40:60 y éter de divinilo de trietilenglicol en una cantidad de alrededor de 1 % molar a alrededor de 5 % molar.

[094] Declaración 10. El método de acuerdo con la declaración 9, en donde el aditivo de suspensión de alta temperatura comprende además N,N'-metilenbisacrilamida en una cantidad de alrededor de 1 % molar a alrededor de 3 % molar.

[095] Declaración 11. El método de acuerdo con la declaración 1, en donde el aditivo de suspensión de alta temperatura comprende 2-acrilamido-2-metil-1-ácido propanosulfónico y n-vinilpirrolidona en una proporción molar de alrededor de 90:10 a alrededor de 50:50.

[096] Declaración 12. El método de acuerdo con la declaración 11, en donde el aditivo de suspensión de alta temperatura comprende además al menos uno de metilenbisacrilamida en una cantidad de alrededor de 0,5 % molar a alrededor de 3 % molar, isocianurato de trialilo en una cantidad de alrededor de 1 % molar a alrededor de 6 % molar, y combinaciones de estos.

[097] Declaración 13. El método de acuerdo con la declaración 1, en donde el aditivo de suspensión de alta temperatura comprende acrilamida y N-vinilpirrolidona en una proporción molar de alrededor de 90:10 a alrededor de 50:50.

[098] Declaración 14. El método de acuerdo con la declaración 13, en donde el aditivo de suspensión de alta temperatura comprende además al menos uno de metilenbisacrilamida en una cantidad de alrededor de 0,5 % molar a alrededor de 3 % molar, isocianurato de trialilo en una cantidad de alrededor de 0,5 % molar a alrededor de 3 % molar, éter de alilo de pentaeritritol en una cantidad de alrededor de 1 % molar a alrededor de 3 % molar, y combinaciones de estos.

[099] Declaración 15. El método de acuerdo con la declaración 1, en donde el aditivo de suspensión de alta temperatura tiene una concentración de entrelazamiento de polímero (P*) en un rango de alrededor de 0,001 g/dl a alrededor de 0,1 g/dl.

[0100] Declaración 16. Un fluido de tratamiento de pozos que comprende: agua y un aditivo de suspensión de alta temperatura que comprende un producto polimérico de un monómero, un reticulante térmicamente inestable que tiene la propiedad de hidrolizarse a una temperatura superior a 250 °F (121 °C) en el fluido de tratamiento de pozos, y un reticulante térmicamente estable que tiene la

propiedad de permanecer hidrolíticamente estable a una temperatura en un rango de 250 °F (121 °C) a 450 °F (232 °C) en el fluido de tratamiento de pozos durante un período de al menos alrededor de 1 hora.

[0101]Declaración 17. El fluido de tratamiento de pozos de acuerdo con la declaración 16, en donde el monómero comprende al menos un monómero seleccionado del grupo que consiste en acrilamida (Ac), metacrilamida, 2-acrilamido-2-metil-1-ácido propanosulfónico (AMPS) y su sal, N-vinilpirrolidona (NVP), acrilamidas N-sustituidas, metacrilamidas N-sustituidas, N-metilacrilamida, N-etilacrilamida, N-vinilcaprolactama, N,N-dimetilacrilamida, N,N-dimetilmetacrilamida, ácido acrílico, ácido metacrílico, acrilatos (tales como acrilato de metilo y acrilato de hidroxietilo), metacrilatos (tales como metacrilato de metilo, metacrilato de 2-hidroxietilo y metacrilato de 2-dimetilaminoetilo) y combinaciones de estos.

[0102]Declaración 18. El fluido de tratamiento de pozos de acuerdo con cualquiera de las declaraciones 16-17, en donde el reticulante térmicamente inestable comprende al menos un reticulante seleccionado del grupo que consiste en N,N'-metilenbisacrilamida, N,N'-metilenbimetacrilamida, N,N'-etilenbisacrilamida, N,N'-propilenbisacrilamida, N,N'-(1,2-dihidroxietileno)bisacrilamida, 1,4-diacriloilpiperazina, N,N-dialilacrilamida, 1,3,5-triacriloilhexahidro-1,3,5-triazina, di(met)acrilato de etilenglicol, di(met)acrilato de propilenglicol, di(met)acrilato de dietilenglicol, di(met)acrilato de trietilenglicol, di(met)acrilato de polietilenglicol, di(met)acrilato de 1,4-butanodiol, di(met)acrilato de 1,6-hexanodiol, trimetacrilato de 1,1,1-trimetilolpropano, tri(met)acrilato de pentaeritritol, tetra(met)acrilato de pentaeritritol, di(met)acrilato de glicerol, tri(met)acrilato de glicerol, di(met)acrilato de triglicerol, (met)acrilato de alilo, (met)acrilato de vinilo, isocianurato de tris[2-(acrililoxi)etilo], carbonato de dialilo, adipato de divinilo, sebacato de divinilo, N,N'-dialiltartardiamida, ftalato de dialilo, maleato de dialilo, succinato de dialilo, y combinaciones de estos.

[0103]Declaración 19. El fluido de tratamiento de pozos de acuerdo con cualquiera de las declaraciones 16-18, en donde el reticulante térmicamente estable comprende al menos un reticulante seleccionado del grupo que consiste en éter de divinilo, éter de dialilo, éter de alilo de pentaeritritol (PAE), sacarosa de alilo, éter de divinilo de etilenglicol, éter de divinilo de trietilenglicol, éter de divinilo de dietilenglicol, éter de dialilo de glicerol, éter de divinilo de polietilenglicol, éter de divinilo de propilenglicol, éter de dialilo de trimetilolpropano, divinilbenceno, 1,3-divinilimidazolidin-2-ona, diviniltetrahidropirimidin-2(1H)-ona, 1,7-octadieno, 1,9-decadieno, trialilamina, tetraaliletildiamina, N-vinil-3(E)-etilidenopirrolidona, etilideno bis(N-vinilpirrolidona), trialilisocianurato (TTT) y combinaciones de estos.

[0104]Declaración 20. El fluido de tratamiento de pozos de acuerdo con cualquiera de las declaraciones 16-19, que comprende además un cemento seleccionado del grupo que consiste en cemento portland, cemento de escoria, cemento de puzolana, cemento de yeso, cemento aluminoso, un cemento de sílice, y combinaciones de estos.

[0105]Declaración 21. El fluido de tratamiento de pozos de acuerdo con cualquiera de las declaraciones 16-19, que comprende además un material acidificante seleccionado del grupo que consiste en piedra pómez, perlita, vidrio volcánico,

sílíce pirógena, cenizas volantes y combinaciones de estos.

[0106]Declaración 22. El fluido de tratamiento de pozos de acuerdo con la declaración 16, en donde el aditivo de suspensión de alta temperatura tiene una concentración de entrelazamiento de polímero (P*) en un rango de alrededor de 0,001 g/dl a alrededor de 0,1 g/dl.

[0107]Debe entenderse que, si bien las composiciones y los métodos se describen en términos de "que comprenden", "que contienen" o "que incluyen" diversos componentes o etapas, las composiciones y los métodos también pueden "consistir esencialmente en" o "consistir en" los diversos componentes y etapas. Además, como se usa en las reivindicaciones, el artículo indefinido "un" o "una" se define en la presente como uno o más de uno de los elementos que introduce.

[0108]A los fines de brevedad, en la presente solo se divulgan explícitamente ciertos rangos. Sin embargo, los rangos de cualquier límite inferior pueden combinarse con cualquier límite superior para enumerar un rango no enumerado explícitamente, así como también pueden combinarse los rangos de cualquier límite inferior con cualquier otro límite inferior para enumerar un rango no enumerado explícitamente y, de la misma manera, pueden combinarse rangos de cualquier límite superior con cualquier límite superior para enumerar un rango no enumerado explícitamente. Además, siempre que se divulga un rango numérico con un límite inferior y un límite superior, se divulga específicamente cualquier número y cualquier rango incluido que se encuentre dentro del rango. En particular, debe entenderse que cada rango de valores ("de alrededor de A a alrededor de B" o, de manera equivalente, "de alrededor de A a B" o, de manera equivalente, "de alrededor de A-B") divulgado en la presente establece cada número y rango abarcados dentro del rango más amplio de valores, incluso si no están enumerados explícitamente. Por lo tanto, cada punto o valor individual puede servir como su propio límite inferior o superior combinado con cualquier otro punto o valor individual o cualquier otro límite inferior o superior, para enumerar un rango no enumerado explícitamente.

[0109]Por lo tanto, la presente divulgación está adaptada para lograr los fines y las ventajas mencionados, así como aquellos que son inherentes a esta. Los ejemplos particulares divulgados anteriormente son solo ilustrativos, ya que la presente divulgación puede modificarse y ponerse en práctica de maneras diferentes pero equivalentes que son evidentes para las personas del oficio de nivel medio que tienen el beneficio de las enseñanzas de la presente. Si bien se analizan ejemplos individuales, la divulgación abarca todas las combinaciones de todos esos ejemplos. Además, no se pretende limitar los detalles de construcción o diseño mostrados en la presente, excepto de la manera descrita en las reivindicaciones a continuación. Además, los términos en las reivindicaciones tienen su significado simple y ordinario a menos que el titular de la patente defina lo contrario de manera explícita y clara. Por lo tanto, es evidente que los ejemplos ilustrativos particulares divulgados anteriormente pueden alterarse o modificarse y que todas tales variaciones se consideran dentro del alcance y espíritu de la presente divulgación. Si existiese conflicto alguno en los usos de una palabra o un término en esta memoria descriptiva y una o más patentes u otros documentos que se pueden incorporar en la presente por referencia, deben adoptarse las

definiciones que sean consistentes con esta memoria descriptiva.