

FLUIDO AFLUENTE DE TUBERÍA DE REVESTIMIENTO, FLUIDOS DE
LIMPIEZA RECICLABLES Y APLICACIONES DE ESTOS

REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

5

La presente solicitud reivindica el beneficio de la solicitud de patente estadounidense n.º 62/140.105, presentada el 30 de marzo de 2015, la que se incorpora a la presente en su total

10 ANTECEDENTES

La divulgación hace referencia al uso de polímeros superabsorbentes para fluidos de limpieza y fluidos afluentes de tuberías de revestimiento. Además, la divulgación hace
15 referencia a métodos para reciclar polímeros superabsorbentes de fluidos de limpieza.

En la actualidad, se utiliza sobredesplazamiento en un porcentaje importante de pozos con el fin de eliminar tanto
20 apuntalante como sea posible del fondo de la tubería de revestimiento horizontal. Un apuntalante tal como arena que permanece en el fondo de la tubería de revestimiento provoca problemas en el despliegue de herramientas mecánicas, tales como tapones puente. Los desechos de apuntalante pueden hacer

que un tapón se fije prematuramente en la tubería de revestimiento antes de la profundidad diana deseada o, si se coloca en la ubicación adecuada, puede hacer que el tapón no se fije de forma de sellar la parte ya tratada del lateral horizontal.

Muchos operarios han agregado el bombeo de fluido adicional más allá del necesario para evacuar el volumen de la tubería de revestimiento hacia las perforaciones. Se pretende que dicho fluido adicional enjuague adicionalmente la tubería de revestimiento para eliminar el apuntalante no deseado, pero esto también tiene consecuencias. El fluido adicional agrega tiempo de bombeo a los caballos de potencia utilizados en el sitio, junto con costos químicos adicionales asociados al fluido de tratamiento extra. También se sabe que el sobredesplazamiento de las etapas de fractura en pozos horizontales contribuye a reducir la productividad del pozo. El sobredesplazamiento del pozo también puede desplazar apuntalante más hacia el interior de la fractura, de forma de remover el apuntalante de la región de la fractura cercana al pozo.

Por consiguiente, es necesario en la técnica fluido afluente de tubería de revestimiento con eficacia mejorada. También

son necesarios fluidos de limpieza de pozo que en los que se suspendan partículas pequeñas y las transporten hacia el exterior del pozo de forma eficaz. El que los fluidos de limpieza fueran reciclables representaría una ventaja
5 adicional.

BREVE DESCRIPCIÓN

Un método de remoción de apuntalante residual en un pozo
10 horizontal o desviado de la superficie inferior de una tubería de revestimiento o una sarta de tubería luego de una operación de fractura comprende: hacer circular un fluido afluente de tubería de revestimiento o tubería que comprende un portador y un polímero superabsorbente en el pozo y
15 transportar el apuntalante residual desde la superficie inferior de la tubería de revestimiento o tubería hacia una fractura creada por una operación de fractura hidráulica.

Un método de limpieza de un pozo comprende: introducir un
20 fluido de limpieza a través de un conducto insertado en el pozo, el que comprende un fluido portador y un polímero superabsorbente presentes en una cantidad eficaz para suspender desechos en el pozo y transportarlos a una superficie del pozo, y recibir un fluido de retorno que

comprende desechos en la superficie del pozo desde un espacio anular entre el conducto y una pared del pozo.

Un método de reciclado de un polímero superabsorbente
5 comprende agregar agua a un fluido que contiene partículas hidratadas del polímero superabsorbente y múltiples partículas suspendidas que no son iguales a las partículas hidratadas del polímero superabsorbente, precipitar las partículas suspendidas para formar partículas precipitadas y
10 una suspensión que comprende partículas hidratadas del polímero superabsorbente, remover las partículas precipitadas y filtrar la suspensión a través de un filtro de malla para proveer partículas hidratadas recicladas del polímero superabsorbente, en cuyo caso el filtro de malla tiene un
15 tamaño de malla menor que un tamaño promedio predeterminado de las partículas hidratadas del polímero superabsorbente.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

20 Se ha observado que es posible utilizar polímeros superabsorbentes en aplicaciones de enjuague de tubería de revestimiento y limpieza de pozos. Dichas aplicaciones mejoran tanto la producción final de un pozo como la operación y la eficacia de la gestión de tiempo en el sitio.

En particular, se ha observado que la adición de polímeros superabsorbentes al fluido afluyente de tubería de revestimiento mejora en gran medida la capacidad del fluido para separar apuntalante de la superficie inferior de la tubería de revestimiento y transportarla hacia la fractura, de forma de obtener una tubería de revestimiento limpia con la que fijar un tapón puente.

En una modalidad, se provee un fluido afluyente de tubería de revestimiento que comprende un portador y un polímero superabsorbente presente en una cantidad eficaz para eliminar apuntalante residual de la parte inferior de la tubería de revestimiento. El portador incluye agua dulce o salmuera. Es posible utilizar el polímero superabsorbente en una cantidad de alrededor de 20 libras a alrededor de 100 libras o de alrededor de 30 libras a alrededor de 60 libras cada mil galones del fluido afluyente de tubería de revestimiento.

Opcionalmente, el fluido afluyente de tubería de revestimiento es una espuma que comprende una fase líquida y un constituyente gaseoso, en el que la fase líquida comprende un polímero superabsorbente y un portador tal como agua o salmuera y el constituyente gaseoso comprende aire, nitrógeno, dióxido de carbono, gas natural y similares, o

mezclas de estos o una combinación que comprende al menos uno de los anteriores. Se menciona específicamente el nitrógeno. En una modalidad, la suma de los volúmenes del constituyente gaseoso y el polímero superabsorbente es mayor de alrededor del 50 % con base en el volumen total del fluido afluente de tubería de revestimiento. Tal como se usa en la presente, el volumen del polímero superabsorbente hace referencia al volumen del polímero superabsorbente en una forma no hidratada o una forma hidratada.

10

Es posible utilizar una cantidad pequeña de un agente espumante para reducir la tensión superficial y crear una fase líquida húmeda para dispersar uniformemente el gas en la fase líquida del fluido afluente de tubería de revestimiento.

15 El agente espumante se puede mezclar en la fase líquida del fluido afluente de tubería de revestimiento en concentraciones que varían de alrededor de 0.05 a alrededor de 5 % en volumen o de alrededor de 0.1 a alrededor de 2 % en volumen con base en el volumen total de la fase líquida del

20 fluido afluente de tubería de revestimiento.

Se puede utilizar el fluido afluente de tubería de revestimiento para eliminar apuntalante residual de la superficie inferior de una tubería de revestimiento luego de

una operación de fractura. El método comprende la circulación de un fluido afluente de tubería de revestimiento que comprende un portador y un polímero superabsorbente en la tubería de revestimiento, y el transporte del apuntalante residual desde la superficie inferior de la tubería de revestimiento hacia una fractura creada mediante una operación de fractura hidráulica. En una modalidad, el método también comprende la ruptura del polímero superabsorbente luego de transportar el apuntalante residual desde la superficie inferior de la tubería de revestimiento hacia la fractura. Entonces, es posible volver a llevar el polímero superabsorbente fragmentado a la superficie del pozo a través del portador del fluido afluente de tubería de revestimiento y mediante la recuperación del fluido de fractura.

15

Luego de que se enjuaga el pozo con el fluido afluente de tubería de revestimiento, es posible llevar a cabo operaciones adicionales. En una modalidad, un tapón puente se fija luego de que se trata el pozo con el fluido afluente de tubería de revestimiento. Es posible utilizar cualquier tapón puente conocido en la técnica.

20

Los yacimientos no convencionales, tales como yacimientos convencionales con permeabilidad escasa y esquisto, suelen

requerir múltiples fracturas a lo largo del pozo de azimut horizontal o desviado para llegar a niveles de producción económicos y proveer drenaje eficaz. Cuando son necesarias múltiples fracturas, se debe aislar de forma hidráulica la tubería de revestimiento en una zona de interés, luego de perforarla y estimularla, antes de poder explotar cualquier zona de interés nueva. El aislamiento de las zonas a menudo consiste en la inserción de un tapón mecánico, tal como un tapón puente, por debajo de la zona de interés. El tapón puente aísla hidráulicamente dicha parte del pozo de una parte inferior (o el desecho) del pozo. El aislamiento de la zona inferior garantiza que el fluido de fractura a presión elevada que se bombea al interior del pozo se dirija a la siguiente zona de interés.

15

El tratar una tubería de revestimiento con un fluido afluente de tubería de revestimiento tal como se describe en la presente facilita la fijación de tapones puente, dado que el fluido afluente remueve de forma eficaz particulados tales como arena de la superficie inferior de la tubería de revestimiento, de forma que evita cualesquiera efectos no deseados que los particulados pueden tener sobre la fijación adecuada de los tapones puente. Las composiciones y métodos descritos en la presente resultan particularmente

20

beneficiosos para el tratamiento de tuberías de revestimiento horizontales en las que la fijación y la acumulación de particulados en su interior puede ser preocupante. Asimismo, la eficacia mejorada hace posible el uso de menos fluido
5 afluyente de tubería de revestimiento para la limpieza deseada de la tubería de revestimiento y evita los problemas asociados al sobredesplazamiento, tales como reducciones de la productividad del pozo con el desplazamiento excesivo de apuntalante lejos de la región de pozo cercana.

10

También es posible emplear los polímeros superabsorbentes en fluido de limpieza de tubería flexible debido a su capacidad de suspender y transportar partículas pequeñas, tales como apuntalante y recortes. Un fluido de limpieza puede
15 comprender un fluido portador o base, y un polímero superabsorbente presente en una cantidad eficaz para suspender desechos en un pozo y transportarlos hacia una superficie del pozo. El portador puede ser agua dulce o salmuera. El polímero superabsorbente se utiliza en una
20 cantidad de alrededor de 20 libras a alrededor de 100 libras o de alrededor de 30 a alrededor de 60 libras cada mil galones del fluido de limpieza.

Opcionalmente, el fluido de limpieza comprende varias

fracciones de gas y se selecciona de forma de compensar las formaciones a baja presión o en casos en los que las velocidades anulares del fluido de limpieza líquido no son suficientes para arrastrar sólidos. Dicho fluido de limpieza
5 puede ser una espuma que comprende una fase líquida y un constituyente gaseoso, en el que la fase líquida comprende un polímero superabsorbente y un portador. Aire, nitrógeno, dióxido de carbono, gas natural y similares, o mezclas de estos o una combinación que comprende al menos uno de los
10 anteriores, son ejemplos del constituyente gaseoso. En una modalidad, el constituyente gaseoso es nitrógeno.

Se utiliza una cantidad pequeña de un agente espumante para reducir la tensión superficial y crear una fase líquida
15 húmeda para dispersar uniformemente el gas en la fase líquida del fluido de limpieza. El agente espumante se puede mezclar en la fase líquida en concentraciones que varían de alrededor de 0.05 a alrededor de 5 % en volumen o de alrededor de 0.1 a alrededor de 2 % en volumen con base en el volumen total de
20 la fase líquida del fluido de limpieza. Entonces, se bombea el líquido «húmedo» a través de la línea de tratamiento y se mezcla con el constituyente gaseoso. La acción turbulenta creada por la mezcla del constituyente gaseoso con el líquido «húmedo» provee dispersión suficiente para la formación de un

fluido emulsionado homogéneo (espuma).

En una modalidad, la suma de los volúmenes del constituyente gaseoso y el polímero superabsorbente es mayor de alrededor del 50 % con base en el volumen total del fluido de limpieza. Tal como se usa en la presente, el volumen del polímero superabsorbente hace referencia al volumen del polímero superabsorbente en una forma no hidratada o una forma hidratada.

10

Se puede utilizar el fluido de limpieza para eliminar desechos de un pozo. Un método para limpiar un pozo comprende: introducir un fluido de limpieza a través de un conducto que se inserta en el pozo y recibir un fluido de retorno que comprende desechos en la superficie del pozo desde un espacio anular entre el conducto y una pared del pozo.

El conducto puede ser una sarta de perforación, una sarta de revestimiento, una sarta de perforación, una tubería flexible o una tubería con uniones. Se prefiere una tubería flexible. Tal como se utiliza en la presente, la tubería flexible hace referencia a un caño metálico muy largo, el que normalmente se suministra enrollado en un carrete grande. Es posible

bombear los fluidos de tratamiento, tales como fluidos de limpieza, a través de la bobina y empujarlos hacia el interior del pozo, en lugar de depender de la gravedad. No se limita particularmente la tubería flexible y puede incluir cualquier tubería flexible conocida por un experto en la técnica.

Cuando se hace circular fluido de limpieza nuevamente hacia el suelo con los desechos de un pozo, reciclar el polímero superabsorbente sería económicamente eficiente. Un método de reciclado de un polímero superabsorbente comprende agregar agua a un fluido que contiene partículas hidratadas del polímero superabsorbente y múltiples partículas suspendidas que no son iguales a las partículas hidratadas del polímero superabsorbente, precipitar las partículas suspendidas para formar partículas precipitadas y una suspensión que comprende partículas hidratadas del polímero superabsorbente, remover las partículas precipitadas y filtrar la suspensión a través de un filtro de malla para proveer partículas hidratadas recicladas del polímero superabsorbente, en el filtro de malla tiene un tamaño de malla menor que un tamaño promedio predeterminado de las partículas hidratadas del polímero superabsorbente.

Normalmente, el polímero superabsorbente en el fluido que circuló nuevamente al suelo comprende partículas hidratadas. Dichas partículas superabsorbentes hidratadas pueden ser más pequeñas o más ligeras, o ambas, que los desechos que se

5 extraen del pozo. Por consiguiente, luego de que se agrega agua al fluido de retorno, el fluido se diluye y los desechos suspendidos precipitan. Por otra parte, las partículas hidratadas del polímero superabsorbente permanecen dispersas en el fluido de retorno. Entonces, es posible eliminar los

10 desechos precipitados mediante decantación o filtrado para proveer una suspensión que contiene partículas del polímero superabsorbente. La suspensión se filtra a través de un filtro de malla con un tamaño de malla menor que un tamaño promedio predeterminado de las partículas hidratadas del

15 polímero superabsorbente. Por ejemplo, si las partículas superabsorbentes hidratadas tienen un tamaño de alrededor de 2 mm, el tamaño de malla utilizado puede ser de 0.5 mm a 1 mm. Es posible enjuagar las partículas de polímero superabsorbente en el filtro de malla durante el filtrado

20 para limpiar adicionalmente las partículas. Es posible reutilizar las partículas de polímero superabsorbente hidratadas solas o junto con polímeros superabsorbentes no hidratados en operaciones adicionales.

Los componentes del fluido afluente de tubería de revestimiento y el fluido de limpieza se describen de forma más detallada más adelante.

- 5 El portador del fluido afluente de tubería de revestimiento y el fluido de limpieza puede ser agua dulce o salmuera. Por ejemplo, la salmuera puede ser agua de mar, agua producida, salmuera de terminación o una combinación que comprende al menos uno de los anteriores. Las propiedades de la salmuera
- 10 pueden depender de la identidad y los componentes de la salmuera. Por ejemplo, el agua de mar puede contener varios constituyentes que incluyen sulfato, bromuro y trazas metálicas, más allá de las sales que contienen haluros usuales. El agua producida puede ser agua extraída de un
- 15 yacimiento de producción (por ejemplo, un yacimiento de hidrocarburos) o producida a partir del suelo. Además, es posible hacer referencia al agua producida como salmuera de yacimiento y puede contener componentes que incluyen bario, estroncio y metales pesados. De manera adicional a las
- 20 salmueras de origen natural (por ejemplo, agua de mar y agua producida), es posible sintetizar la salmuera de terminación a partir de agua dulce mediante la adición de varias sales, por ejemplo, KCl , $NaCl$, $ZnCl_2$, $MgCl_2$ o $CaCl_2$ para aumentar la densidad de la salmuera, tal como de alrededor de 1 a

alrededor de 0.6 libras por galón de salmuera con CaCl_2 . Normalmente, las salmueras de terminación proveen una presión hidrostática optimizada para contrarrestar las presiones de fondo de pozo del yacimiento. Las salmueras anteriores se
5 pueden modificar para incluir una o más sales adicionales. Las sales adicionales incluidas en la salmuera pueden ser NaCl , KCl , NaBr , MgCl_2 , CaCl_2 , CaBr_2 , ZnBr_2 , NH_4Cl , formiato de sodio, formiato de cesio y combinaciones que comprenden al menos uno de los anteriores. La sal se puede encontrar
10 presente en la salmuera en una cantidad de alrededor de 0.001 a alrededor de 50 por ciento en peso (% en peso), específicamente, alrededor de 0.001 a alrededor de 40 % en peso y más específicamente, alrededor de 0.001 a alrededor de 25 % en peso, con base en el peso del fluido.

15

Tal como se utiliza en la presente, un polímero superabsorbente (SAP, según sus siglas en inglés) es un polímero reticulado capaz de absorber grandes cantidades de líquidos acuosos, tales como agua y salmuera, con hinchazón y
20 la formación de un gel o material viscoso, y que retiene el fluido absorbido a una presión o temperatura determinadas. El polímero superabsorbente puede tener enlaces internos, enlaces superficiales o una combinación que comprende al menos uno de los anteriores.

El SAP comprende una red hidrofílica que retiene grandes cantidades de líquido acuoso respecto al peso del SAP (por ejemplo, en un estado seco, el SAP absorbe y retiene un peso
5 de agua igual o mayor que su propio peso). Los SAP pueden ser una variedad de polímeros orgánicos sintéticos que reaccionan con agua o la absorben y se hinchan cuando se ponen en contacto con un fluido acuoso. Los metacrilatos de poli(hidroxialquilo C_{1-8}) tales como (2-hidroxietilacrilato),
10 poli(met)acrilamida, poli(vinilpirrolidina), poli(acetato de vinilo), copolímero con injerto de acrilonitrilo y acrilonitrilo de poliacrilonitrilo, carboximetilcelulosa, poliacrilatos reticulados, poliestireno sulfonado, poliacrilamida hidrolizada, alcohol polivinílico, óxido de
15 polietileno, polivinilpirrolidona, poliacrilonitrilo y similares son ejemplos no taxativos de tales SAP. Los anteriores incluyen copolímeros, por ejemplo, copolímeros de metacrilamida con anhídrido maleico, acetato de vinilo, óxido de etileno, etilenglicol o acrilonitrilo, o una combinación
20 que comprende al menos uno de los anteriores. Se puede usar una combinación de diferentes polímeros.

Los SAP son polímeros de monómeros no iónicos, aniónicos y catiónicos, o una combinación que comprende al menos uno de

los anteriores. La polimerización se puede producir mediante polimerización de radicales libres, polimerización en solución, polimerización en gel, polimerización en emulsión, polimerización de dispersión o polimerización en suspensión.

5 Asimismo, la polimerización se puede llevar a cabo en una fase acuosa, en emulsión inversa o en suspensión inversa.

Ejemplos de monómeros no iónicos para preparar los polímeros sintéticos preformados incluyen (met)acrilamida,
10 (met)acrilamidas sustituidas con alquilo, (met)acrilamidas sustituidas con aminoalquilo, (met)acrilamidas sustituidas con alquilaminoalquilo, alcohol vinílico, acetato de vinilo, alcohol alílico, (met)acrilatos de alquilo C₁₋₈, (met)acrilatos de hidroxialquilo C₁₋₈ tales como (met)acrilato
15 de hidroxietilo, N-vinilformamida, N-vinilacetamida y (met)acrilonitrilo. Tal como se utiliza en la presente, «poli((met)acrilamidas)» incluyen polímeros que comprende unidades derivadas de (met)acrilamida, (met)acrilamidas sustituidas con alquilo, tales como (met)acrilamidas de N-
20 alquilo C₁₋₈ y (met)acrilamidas de N,N-di(alquilo C₁₋₈), (met)acrilamidas sustituidas con aminoalquilo, tales como (met)acrilamidas sustituidas con N,N-di(amino(alquilo C₁₋₈)) y (met)acrilamidas sustituidas con (N,N-dialquilamino)alquilo, tales como (met)acrilamidas de (N,N-di(alquil C₁₋

₈)amino)(alquilo C₁₋₈). Ejemplos específicos de los monómeros anteriores incluyen metacrilamida, N-metilacrilamida, N-metilmecacrilamida, N,N-dimetilacrilamida, N-etilacrilamida, N,N-dietilacrilamida, N-ciclohexilacrilamida, N-bencilacrilamida, N,N-dimetilaminopropilacrilamida, N,N-dimetilaminoetilacrilamida, acrilamida de N-terc-butilo o una combinación que comprende al menos uno de los anteriores. En una modalidad, la polimetacrilamida es un copolímero de metacrilamida con anhídrido maleico, acetato de vinilo, óxido de etileno, etilenglicol o acrilonitrilo, o una combinación que comprende al menos uno de los anteriores.

Ejemplos de monómeros aniónicos incluyen monómeros aniónicos etilénicamente insaturados con grupos ácidos, por ejemplo, un grupo carboxílico, un grupo sulfónico, un grupo fosfónico, una sal de estos, el anhídrido o haluro de acilo correspondiente, o una combinación que comprende al menos uno de los grupos ácidos anteriores. Por ejemplo, el monómero aniónico puede ser ácido (met)acrílico, ácido etacrílico, ácido maleico, anhídrido maleico, ácido fumárico, ácido itacónico, ácido α -cloroacrílico, ácido β -cianoacrílico, ácido β -metilacrílico, ácido α -fenilacrílico, ácido β -acrilóiloxipropiónico, ácido sórbico, ácido α -clorosórbico, ácido 2'-metilisocrotónico, ácido cinámico, ácido p-

clorocinámico, ácido de β -estearilo, ácido citracónico, ácido mesacónico, ácido glutacónico, ácido aconítico, ácido 2-acrilamido-2-metilpropanosulfónico, ácido alilsulfónico, ácido vinilsulfónico, ácido alilfosfónico, ácido
5 vinilfosfónico, una sal de estos o una combinación que comprende al menos uno de los anteriores.

Ejemplos de monómeros catiónicos incluyen (met)acrilatos de (N,N-di(alquilamino C_{1-8})(alquilo C_{1-8}) (por ejemplo, acrilato
10 de N,N-dimetilaminoetilo y metacrilato de N,N-dimetilaminoetilo) (en los que se cuaterniza el grupo amino, por ejemplo, una forma cuaternaria de cloruro metílico), cloruro de dialildimetilamonio o cualquiera de las metacrilamidas sustituidas con alquilo y metacrilamidas
15 sustituidas con alquilo anteriores, tales como acrilamida de (N,N-di(alquil C_{1-8})amino)alquilo C_{1-8} y las formas cuaternarias de estos, tales como cloruro de trimetilamonio de acrilamidopropilo.

20 El polímero superabsorbente puede contener tanto sustituyentes catiónicos como sustituyentes aniónicos. Los sustituyentes catiónicos y los sustituyentes aniónicos se presentan en varias proporciones estequiométricas, por ejemplo, en una relación 1:1, o un monómero se puede

encontrar presente en una cantidad estequiométrica mayor que el otro. Polímeros anfóteros representativos incluyen terpolímeros de monómeros no iónicos, monómeros aniónicos y monómeros catiónicos.

5

En una modalidad, el SAP incluye una unidad de repetición de un acrilato, un ácido acrílico o una sal de este, una acrilamida, una vinilpirrolidona, un éster vinílico (por ejemplo, acetato de vinilo), un alcohol vinílico, un ácido 2-
10 acrilamida-2-metilpropanosulfónico, un derivado de estos o una combinación de estos.

El polímero superabsorbente puede incluir múltiples enlaces entre las cadenas poliméricas del polímero superabsorbente.
15 Los enlaces pueden ser covalentes y ser producto de la reticulación de las cadenas poliméricas con un agente reticulante. Los enlaces se forman antes de combinar el SAP con el portador acuoso. El agente reticulante puede ser un monómero no etilénicamente satura que contiene, por ejemplo,
20 dos sitios de insaturación etilénica (es decir, dos enlaces dobles etilénicamente insaturados), un doble enlace etilénicamente insaturado y un grupo funcional que puede reaccionar con un grupo funcional (por ejemplo, un grupo amida) de las cadenas poliméricas del polímero

superabsorbente, o varios grupos funcionales que pueden reaccionar con grupos funcionales de las cadenas poliméricas del polímero superabsorbente. Es posible seleccionar el grado de reticulación de forma de controlar la cantidad de hinchazón del polímero superabsorbente. Por ejemplo, se puede utilizar el grado de reticulación para controlar la cantidad de absorción de fluido o la expansión de volumen del polímero superabsorbente. Por consiguiente, cuando las partículas del polímero superabsorbente comprenden un polímero superabsorbente, se puede utilizar el grado de reticulación para controlar la cantidad de absorción de fluido o la expansión de volumen de las partículas poliméricas.

Ejemplos de agentes reticulantes incluyen una di(met)acrilamida de una diamina tales como diacrilamida de piperazina, una bisacrilamida de alquilenos C_{1-8} tal como bisacrilamida de metileno y bisacrilamida de etileno, un compuesto de N-metilol de una amida insaturada tal como metacrilamida de N-metilol o acrilamida de N-metilol, un éster de (met)acrilato de un compuesto di, tri o tetrahidroxial tal como diacrilato de etilenglicol, dimetacrilato de poli(etilenglicol), tri(met)acrilato de trimetilopropano, tri(met)acrilato de trimetilol etoxilado, tri(met)acrilato de glicerol, tri(met)acrilato de glicerol etoxilado,

tetra(met)acrilato de pentaeritritol, tetra(met)acrilato de pentaeritritol etoxilado, di(met)acrilato de butanodiol, un compuesto divinílico o dialílico tal como (met)acrilato de alilo, alil(met)acrilato alcoxilado, dialilamida de ácido 2,2'-azobis(isobutírico), cianurato de trialilo, isocianurato de trialilo, éster dialílico de ácido maleico, ésteres de polialilo, tetraaliloxietano, trialilamina y tetraaliletilendiamina, un poliol de diol, compuestos de hidroxialilo o acrilato, y ésteres de alilo de ácido fosfórico o ácido fosforoso. Se mencionan específicamente diacrilatos solubles en agua, tales como diacrilato de poli(etilenglicol) (por ejemplo, diacrilato de PEG 200 o diacrilato de PEG 400). También se puede emplear una combinación que comprende cualquiera de los agentes reticulantes anteriormente descritos. Se describen enlaces adicionales en US 2014/0332213, US 2014/0332214 y US 2015/0096751.

Cuando el SAP se encuentra en la forma de una partícula, la partícula puede incluir enlaces superficiales externos al interior de la partícula. Los enlaces superficiales pueden resultar de la adición de un agente de reticulación de superficie a la partícula de polímero superabsorbente y del tratamiento con calor posterior. Los enlaces superficiales

pueden aumentar la densidad de reticulación de la partícula cerca de su superficie con respecto a la densidad de reticulación del interior de la partícula. Los agentes de reticulación de superficie también pueden proveer a la

5 partícula una propiedad química que el polímero superabsorbente no tenía antes de la reticulación de superficie y pueden controlar las propiedades químicas de la partícula, por ejemplo, hidrofobicidad, hidrofiliidad y capacidad de adhesión del polímero superabsorbente a otros

10 materiales, por ejemplo, minerales (por ejemplo, silicatos) u otros compuestos químicos, por ejemplo, compuestos de petróleo (por ejemplo, hidrocarburos, asfalto y similares).

Los enlaces superficiales tienen al menos dos grupos

15 funcionales que son reactivos con un grupo de las cadenas de polímero, por ejemplo, cualquiera de los agentes de reticulación anteriores, o agentes de reticulación que tienen grupos funcionales reactivos, tal como un ácido (que incluye ácidos carboxílico, sulfónico y fosfórico, y los aniones

20 correspondientes), una amida, un alcohol, una amina o un aldehído. Los ejemplos de agentes de reticulación de superficie incluyen polioles, poliaminas, poliaminoalcoholes y carbonatos de alquileo, tal como etilenglicol, dietilenglicol, trietilenglicol, polietilenglicol, glicerol,

poliglicerol, propilenglicol, dietanolamina, trietanolamina, polipropilenglicol, copolímeros en bloque de óxido de etileno y óxido de propileno, ésteres de ácidos grasos de sorbitano, ésteres de ácidos grasos de sorbitano etoxilados, 5 trimetilolpropano, trimetilolpropano etoxilado, pentaeritritol, pentaeritritol etoxilado, alcohol polivinílico, sorbitol, carbonato de etileno, carbonato de propileno y combinaciones que comprenden al menos uno de los que anteceden.

10

Agentes de reticulación de superficie adicionales incluyen borato, titanato, circonato, aluminato, cromato o una combinación que comprende al menos uno de los que anteceden. Los agentes de reticulación de boro que incluyen ácido 15 bórico, tetraborato de sodio, boratos encapsulados y similares. Los agentes de reticulación de borato se pueden utilizar con soluciones amortiguadoras y agentes de control de pH que incluyen hidróxido de sodio, óxido de magnesio, sesquicarbonato de sodio y carbonato de sodio, aminas (tal 20 como hidroxialquilaminas, anilinas, piridinas, pirimidinas, quinolinas, pirrolidinas y carboxilatos, tales como acetatos y oxalatos), agentes retardantes que incluyen sorbitol, aldehídos, gluconato de sodio y similares. Se pueden utilizar agentes de reticulación de circonio, por ejemplo, lactatos de

circonio (por ejemplo, lactato de circonio de sodio), trietanolaminas, 2,2'-iminodietanol o una combinación que comprende al menos uno de los que anteceden. Los agentes de reticulación de titanatos pueden incluir, por ejemplo, 5 lactatos, trietanolaminas y similares.

Preferentemente, los enlaces se forman antes de que el SAP se combine con el portador acuoso. Por consiguiente, el fluido afluyente de la tubería de revestimiento y el fluido de 10 limpieza se pueden encontrar libres de agentes de reticulación. En una modalidad, el polímero superabsorbente no tiene ningún enlace superficial.

Los ejemplos no taxativos de los SAP incluyen poliacrilato de 15 2-hidroxietilo, poliacrilato de alquilo, poliacrilamida, polimetacrilamida, polivinilpirrolidona, polivinilacetato, ácido poliacrílico, sal de ácido poliacrílico o copolímeros de estos. A modo de ejemplo específico, el SAP es poliacrilamida con enlaces que son diacrilato de 20 polietilenglicol. Como otro ejemplo específico, el SAP es un copolímero de acrilamida con, por ejemplo, anhídrido maleico, acetato de vinilo, óxido de etileno, etilenglicol, acrilonitrilo o una combinación de estos. Otro ejemplo específico de SAP es poliacrilamida con enlaces que son

diacrilato de polietilenglicol. En algunas modalidades, el SAP es homopolímero o copolímero de ácido poliacrílico, en el que los enlaces son oligómeros de éster de vinilo. En una modalidad, el polímero superabsorbente es un copolímero de
5 ácido acrílico y acrilato de sodio con enlaces derivados de diacrilato de polietilenglicol.

Los SAP se pueden encontrar en una cantidad de formatos que incluyen una partícula (por ejemplo, un polvo), fibras,
10 hebras, tejidos y similares o una combinación de estos. El tamaño de los SAP es de 10 μm a 200.000 μm , específicamente, de 50 μm a 10.000 μm y más específicamente, de 50 μm a 1.000 μm . Tal como se utiliza en la presente, «tamaño» hace referencia a la dimensión lineal más grande, por ejemplo, un
15 diámetro en una partícula esférica. Las partículas del SAP son de cualquier forma, lo que incluye esférica, angular y de poliedro. Tal como se utiliza en la presente, «tamaño» hace referencia a la dimensión lineal más grande, por ejemplo, un diámetro en una partícula esférica. Las partículas del SAP
20 son de cualquier forma, lo que incluye esférica, angular y de poliedro.

En algunas modalidades, el fluido afluente de la tubería de revestimiento y el fluido de limpieza pueden comprender

adicionalmente un polisacárido. Los ejemplos de polisacáridos incluyen almidón, celulosa, goma xantana, agar, pectina, ácido algínico, goma tragacanto, pluron, goma gellan, goma de semilla de tamarindo, goma de cardlan, goma guar, arábica, glucomanano, quitina, quitosán, ácido hialurónico y combinación que comprenden al menos uno de los que anteceden. La cantidad de los polisacáridos en el fluido afluente o el fluido de limpieza es entre alrededor de 1 libra del polisacárido por mil galones del fluido afluente de la tubería de revestimiento o del fluido de limpieza (ppt) a alrededor de 30 ppt, específicamente de alrededor de 2 ppt a alrededor de 25 ppt o de alrededor de 4 ppt a alrededor de 20 ppt. En otras modalidades, el fluido afluente de la tubería de revestimiento y el fluido de limpieza se encuentran libres de polisacáridos.

El agente espumante en el fluido de limpieza es al menos un tensioactivo. Los ejemplos del agente espumante son tensioactivos no iónicos, tensioactivos catiónicos, tensioactivos aniónicos, tensioactivos anfotéricos/tensioactivos zwitteriónicos y mezclas de estos. Los ejemplos de tensioactivos no iónicos incluyen, de modo no taxativo, alcoholes alcoxilados o éteres, alquilo etoxilados, alquilamido etoxilados, alquilamina etoxilada, alquil

glucósidos, ácidos carboxílicos alcoxilados, derivados de sorbitano en los que la longitud de cadena alquilo varía de 8 a 24, por ejemplo, nonilfenol etoxilado, alquil etoxilados, dietilamidas carboxílicas de oleilo, y similares y mezclas de estos. Los ejemplos de tensioactivos catiónicos incluyen, de modo no taxativo, aminas cuaternarias de monoalquilo, tal como cloruro de cocotrimonio, cloruro de cetiltrimonio, cloruro de esteariltrimonio, cloruro soyatrimonio y cloruro behentrimonio, aminas cuaternarias de dialquilo, tal como cloruro de amonio dicetildimetilo, cloruro de amonio de dicocodimetilo y cloruro de amonio diestearildimetilo y similares, y mezclas de estos. Los ejemplos de tensioactivos aniónicos incluyen, de modo no taxativo, carboxilados grasos, alquilsarcosinatos, alquilfosfatos, alquilsulfonato, alquilsulfatos y similares, y mezclas de estos. Los ejemplos de tensioactivos anfotéricos o zwitteriónicos incluyen, de modo no taxativo, alquil betaínas, alquilamido propil betaínas, alquilanfo acetatos, alquilanfopropionatos, alquilamidopropil hidroxisultainas y similares, y mezclas de estos. En un ejemplo de modalidad, el agente espumante es un sulfato olefínico, sulfonato olefínico, sulfato etoxilado, cocoamidopropil dimetilamonio acetato (betaína), betaína de coco, butoxietanol y similares, o una combinación que comprende al menos uno de los que anteceden. En otra

modalidad, el agente espumante comprende una mezcla de tensioactivos, o al menos un tensioactivo y al menos un cotensioactivo. Los ejemplos del cotensioactivo son solventes orgánicos, tales como etilenglicol monobutil éter, alcohol isopropílico, metanol, glicerol, etilenglicol, aceite mineral y similares o una combinación que comprende al menos uno de los que anteceden.

En algunas modalidades, la composición de afluente de la tubería de revestimiento también puede incluir un agente de ruptura. El agente de ruptura se pone en contacto con el SAP para interrumpir el SAP luego de que se remueven los particulados en el fondo del revestimiento. En una modalidad, el agente de ruptura se pone en contacto con el SAP y rompe un enlace en la estructura de las cadenas poliméricas del SAP, un enlace en el agente de reticulación, un enlace entre el agente de reticulación y una cadena polimérica del SAP, o una combinación de estos. Es decir, la ruptura del SAP incluye la desintegración, descomposición o disociación del SAP, tal como mediante la ruptura de enlaces en la estructura del SAP, la ruptura de los enlaces entre cadenas del SAP, la modificación de una conformación geométrica del polímero superabsorbente o una combinación de estos. De esta forma, se reduce la viscosidad de la composición de afluente de la

tubería de revestimiento. En algunas modalidades, el agente de ruptura rompe el SAP para formar un polímero descompuesto, tal como múltiples fragmentos con un peso molecular menor que el SAP.

5

El agente de ruptura incluye un oxidante tal como un peróxido, un persulfato, un perfosfato, un perborato, un percarbonato, un persilicato, un oxiácido de un halógeno, un oxianión de un halógeno, un perácido, un derivado de estos o
10 una combinación de estos.

Opcionalmente, el agente de ruptura se encapsula en un material encapsulante para evitar que el agente de ruptura se ponga en contacto con el SAP. El material encapsulante se
15 configura para liberar el agente de ruptura en respuesta a la condición de ruptura. El agente de ruptura es un sólido o un líquido. Como un sólido, el agente de ruptura es, por ejemplo, un material cristalino o granular. En una modalidad, el sólido se encapsula o se provee con un revestimiento para
20 demorar su liberación o su contacto con el SAP. Los materiales encapsulantes son conocidos en la técnica y no se limitan de forma específica. En una modalidad, se disuelve un agente de ruptura líquido en una solución acuosa u otro solvente adecuado.

El agente de ruptura se puede encontrar presente en la composición de afluente de la tubería de revestimiento en una concentración en masa de 0,1 ppt a 20 ppt, específicamente, 5 0,2 ppt a 15 ppt y más específicamente, 0,25 ppt a 10 ppt, con base en el volumen total del fluido.

Se pueden utilizar otros aditivos en los fluidos afluentes y de limpieza. Sin embargo, se entiende que los fluidos 10 afluentes y de limpieza se pueden encontrar libres de apuntalantes, los cuales se suelen utilizar en aplicaciones de fractura.

A continuación, se establecen varias modalidades de la 15 divulgación.

Modalidad 1. Un método para remover el apuntalante residual en un pozo horizontal o desviado desde una superficie del fondo de una tubería de revestimiento o una sarta de tubería 20 luego de una operación de fractura que comprende: hacer circular un fluido afluente de la tubería de revestimiento que comprende un portador y un polímero superabsorbente en la tubería de revestimiento o la tubería y transportar el apuntalante residual desde la superficie del fondo de la

tubería de revestimiento o la tubería a una fractura creada mediante una operación de fractura hidráulica.

Modalidad 2. El método de la reivindicación 1 que comprende
5 además la ruptura del polímero superabsorbente luego de que el apuntalante residual se transporta desde la superficie del fondo de la tubería de revestimiento hacia la fractura.

Modalidad 3. El método de la reivindicación 1 que comprende
10 además el establecimiento de un tapón puente luego de que la tubería de revestimiento es tratada con el fluido afluente de la tubería de revestimiento.

Modalidad 4. El método de la reivindicación 1, en el que el
15 portador comprende agua o salmuera; y el polímero superabsorbente comprende unidades de repetición derivadas de un ácido acrílico o una sal de este, un acrilato, una acrilamida, una vinilpirrolidona, un acetato de vinilo, un alcohol vinílico, un ácido 2-acrilamida-2-
20 metilpropanosulfónico, un derivado de estos o una combinación de estos; y el polímero superabsorbente comprende múltiples enlaces.

Modalidad 5. El método de la reivindicación 4, en el que los

enlaces del polímero superabsorbente se forman antes de combinar el polímero superabsorbente con el portador.

Modalidad 6. El método de la reivindicación 1, en el que el
5 fluido afluente de la tubería de revestimiento comprende de alrededor de 30 a alrededor de 60 libras del polímero superabsorbente por cada mil galones del fluido afluente de la tubería de revestimiento.

10 Modalidad 7. El método de la reivindicación 1, en el que el fluido afluente de la tubería de revestimiento comprende además un constituyente gaseoso y la suma de los volúmenes del constituyente gaseoso y el polímero superabsorbente es mayor a alrededor de 50 %, con base en el volumen total del
15 fluido afluente de la tubería de revestimiento.

Modalidad 8. El método de la reivindicación 1, en el que el fluido afluente de la tubería de revestimiento comprende además de alrededor de 2 libras a alrededor de 25 libras de
20 un polisacárido por cada mil galones del fluido afluente de la tubería de revestimiento.

Modalidad 9. Un método para limpiar un pozo que comprende: introducir un fluido de limpieza a través de un conducto

insertado en el pozo, el fluido de limpieza comprende un fluido portador y un polímero superabsorbente presente en una cantidad eficaz para suspender y transportar desechos en el pozo a una superficie del pozo; y recibir un fluido de
5 retorno que comprende desechos en la superficie del pozo desde un espacio anular entre el conducto y una pared del pozo.

Modalidad 10. El método de la reivindicación 9, en el que el
10 conducto comprende una sarta de perforación, una sarta de tubería de revestimiento, una sarta de tubería, tubería con uniones o tubería flexible.

Modalidad 11. El método de la reivindicación 9 que comprende
15 además: agregar agua al fluido de retorno para proveer una composición dispersa que comprende una suspensión de partículas hidratadas del polímero superabsorbente y los desechos sedimentados fuera de la composición dispersa; separar los desechos de la suspensión y filtrar la suspensión
20 a través de un filtro de malla para proveer partículas hidratadas recicladas del polímero superabsorbente, el filtro de malla con un tamaño de malla menor que un tamaño promedio predeterminado de las partículas hidratadas del polímero superabsorbente.

Modalidad 12. El método de la reivindicación 11 que comprende además la combinación de las partículas hidratadas recicladas del polímero superabsorbente con un portador y, 5 opcionalmente, con un polímero superabsorbente no hidratado para proveer un fluido de tratamiento y la introducción del fluido de tratamiento en una formación subterránea.

Modalidad 13. El método de la reivindicación 9, en el que el 10 fluido de limpieza es un fluido espumado que comprende además un agente espumante y un constituyente de gas.

Modalidad 14. El método de la reivindicación 13, en el que el constituyente gaseoso es nitrógeno, dióxido de carbono, aire, 15 argón, helio, gas natural o una combinación que comprende al menos uno de los que anteceden.

Modalidad 15. El método de la reivindicación 13, en el que la suma de los volúmenes del gas constituyente y el polímero 20 superabsorbente es mayor a alrededor de 50 %, con base en el volumen total del fluido de limpieza espumado.

Modalidad 16. El método de la reivindicación 9, en el que el portador comprende agua o salmuera; y el polímero

superabsorbente comprende unidades de repetición derivadas de un ácido acrílico o una sal de este, un acrilato, una acrilamida, una vinilpirrolidona, un acetato de vinilo, un alcohol vinílico, un ácido 2-acrilamida-2-
5 metilpropanosulfónico, un derivado de estos o una combinación de estos; y el polímero superabsorbente comprende múltiples enlaces.

Modalidad 17. El método de la reivindicación 16, en el que
10 los enlaces del polímero superabsorbente se forman antes de combinar el polímero superabsorbente con el portador.

Modalidad 18. El método de la reivindicación 9, en el que el fluido de limpieza comprende de alrededor de 30 a alrededor
15 de 60 libras del polímero superabsorbente por cada mil galones del fluido de limpieza.

Modalidad 19. El método de la reivindicación 9, en el que el fluido de limpieza comprende además de alrededor de 2 libras
20 a alrededor de 25 libras de un polisacárido por cada mil galones del fluido de limpieza.

Modalidad 20. Un método para reciclar un polímero superabsorbente que comprende: agregar agua a un fluido que

contiene partículas hidratadas del polímero superabsorbente y múltiples partículas suspendidas que no son iguales a las partículas hidratadas del polímero superabsorbente; precipitar las partículas suspendidas para formar partículas precipitadas y una suspensión que comprende partículas hidratadas del polímero superabsorbente; remover las partículas precipitadas y filtrar la suspensión a través de un filtro de malla para proveer partículas hidratadas recicladas del polímero superabsorbente; el filtro de malla con un tamaño en malla menor que un tamaño promedio predeterminado de las partículas hidratadas del polímero superabsorbente.

Modalidad 21. El método de la reivindicación 19, en el que las partículas suspendidas tienen al menos un tamaño o una densidad mayor que las partículas hidratadas del polímero superabsorbente.

Modalidad 22. El método de la reivindicación 19 que comprende además la combinación de las partículas hidratadas recicladas del polímero superabsorbente con un portador para proveer un fluido de tratamiento y la introducción del fluido de tratamiento en una formación subterránea.

Modalidad 23. El método de la reivindicación 19 que comprende además la combinación de las partículas hidratadas recicladas del polímero superabsorbente con un polímero superabsorbente no hidratado para proveer un fluido de tratamiento y la
5 introducción del fluido de tratamiento en una formación subterránea.

Todos los intervalos descritos en la presente incluyen los extremos y estos son independientemente combinables entre sí.
10 «O» significa «y/o». Tal como se utiliza en la presente, «combinación» incluye mezclas, aleaciones, productos de reacción y similares. Se incorporan a la presente todas las referencias mediante esta referencia.

15 Se debe interpretar que el uso de los términos «uno», «una», «el» y «la» y referentes similares en el contexto de la descripción de la invención (especialmente en el contexto de las reivindicaciones siguientes) cubre tanto el singular como el plural, a menos que se indique lo contrario en la presente
20 o lo contradiga claramente el contexto. Además, también se debe observar que los términos «primer», «segundo» y similares en la presente no indican orden, cantidad o importancia, sino que se utilizan para distinguir un elemento de otro. El modificador «alrededor de» empleado con relación

a una cantidad incluye el valor indicado y tiene el significado dictado por el contexto (por ejemplo, incluye el grado de error asociado a la medida de la cantidad particular).

5

Aunque se han planteado modalidades usuales con fines ilustrativos, no se debe considerar que las descripciones anteriores limiten el alcance de la presente. Por consiguiente, un experto en la técnica puede pensar en varias
10 modificaciones, adaptaciones y alternativas que no se aparten del espíritu y el alcance de la presente.