

MODIFICADORES DE LA VISCOSIDAD Y MÉTODOS PARA USARLOS

ANTEDECENTES

[0001] La presente descripción hace referencia a composiciones de tratamiento de fondo del pozo que contienen modificadores de la viscosidad y métodos para utilizar dichas composiciones en operaciones de fondo del pozo.

[0002] Las composiciones de tratamiento de fondo del pozo se utilizan para diversos propósitos tales como perforación, cementación y desplazamiento de fluidos. Un fluido espaciador es un líquido utilizado para separar físicamente un líquido con un fin particular de otro durante una operación de perforación. Un fluido espaciador de cemento separa el fluido de perforación del cemento durante las operaciones de cementación en un pozo. Una suspensión de cemento también se puede usar para cementar un pozo o para formar un tapón de cemento en una ubicación deseada del pozo.

[0003] El perfil de viscosidad es a menudo una propiedad fundamental que diferencia la eficacia de las diversas composiciones de tratamiento para lograr distintas funciones. Por ejemplo, las composiciones de tratamiento son generalmente bombeadas en el fondo del pozo. Por consiguiente, es deseable que las composiciones de tratamiento tengan tal viscosidad que se puedan preparar de forma conveniente en la superficie y permanezcan bombeables durante el tratamiento. Mientras tanto, las composiciones de tratamiento generalmente transportan sólidos al fondo del pozo o llevan sólidos a la superficie. Por lo tanto, las composiciones de tratamiento deberían también tener suficiente viscosidad para asegurar que los sólidos no se sedimenten. Los modificadores de la viscosidad han sido usados en el pasado para ajustar la viscosidad de las suspensiones de cemento y fluidos espaciadores. En vista del extenso uso de los modificadores de la viscosidad en aplicaciones de fondo del pozo, la técnica sería receptiva a materiales alternativos y económicos. Sería una ventaja adicional si los modificadores de la viscosidad alternativos pudieran impartir beneficios adicionales a las composiciones de tratamiento.

BREVE DESCRIPCIÓN

[0004] Un método para la cementación de un pozo comprende inyectar en el pozo una suspensión de cemento que comprende un portador acuoso, una nanoarcilla expandible, y una sal inorgánica divalente de liberación demorada sólida que comprende óxido de magnesio calcinado, óxido de calcio calcinado, vidrio de polifosfato de magnesio y calcio, un borato, un nitrato, un silicato, un agente que tiene un catión de Ba^{2+} , Sr^{2+} , Fe^{2+} , Ni^{2+} , o una combinación que comprende al menos uno de los anteriores; y permitir que la suspensión de cemento se fragüe.

[0005] Un método para desplazar un primer fluido de un pozo comprende inyectar el primer fluido

en el pozo; y desplazar el primer fluido con un fluido espaciador que comprende un portador acuoso, una nanoarcilla expandible, y una sal inorgánica divalente de liberación demorada sólida que comprende óxido de magnesio calcinado, óxido de calcio calcinado, polifosfato o fosfonato, un borato, un nitrato, un silicato, un agente que tiene un catión de Ba^{2+} , Sr^{2+} , Fe^{2+} , Ni^{2+} , o una combinación que comprende al menos uno de los anteriores.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

[0006] Las descripciones posteriores no deberían considerarse taxativas de forma alguna. Con respecto a las figuras adjuntas, elementos similares se numeran de la misma forma:

[0007] La FIG. 1 es una gráfica que muestra la viscosidad en el tiempo a medida que aumenta la temperatura de un fluido base que contiene 11,33 kg (25 lb) de Laponite pero no contiene óxido de magnesio calcinado, un fluido que contiene 2,27 kg (5 lb) de Laponite y 2,27 kg (5 lb) de óxido de magnesio calcinado, y un fluido que contiene 2,27 kg (5 lb) de Laponite y 1,13 kg (2,5 lb) de óxido de magnesio calcinado;

[0008] La FIG. 2 es una gráfica que muestra la viscosidad en el tiempo a medida que aumenta la temperatura de un fluido que contiene 2,27 kg (5 lb) de Laponite pero no contiene óxido de magnesio calcinado y fluidos que contienen 4,54 kg (10 lb), 2,27 kg (5 lb) y 1,13 kg (2,5 lb) de óxido de magnesio calcinado pero sin Laponite; y

[0009] La FIG. 3 es una gráfica que muestra la viscosidad en el tiempo a medida que aumenta la temperatura de fluidos que contiene 5,67 kg (12,5 lb) de Laponite y 2,83 kg (6,25 lb) de óxido de magnesio y calcio, ya sea con o sin barita, y un fluido que contiene 5,67 kg (12,5 lb) de Laponite pero sin óxido de magnesio calcinado o barita.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0010] Se ha descubierto que los modificadores de la viscosidad que se describen en la presente imparten propiedades deseables a una variedad de composiciones de tratamiento de fondo del pozo tales como suspensiones de cemento o fluidos espaciadores. Las propiedades deseables incluyen tiempo de transición reducido que ayuda al cemento a desarrollar fuerzas de gel más rápido mientras está en transición de una suspensión a cemento fraguado. Los modificadores de la viscosidad también proporcionan viscosidad aumentada y estable a temperaturas superiores a 300 °F para permitir que las suspensiones de cemento y fluidos espaciadores suspendan sólidos en pozos que tienen una temperatura de pozo elevada. Además, los modificadores de la viscosidad son eficaces para ajustar la temperatura de inicio del aumento de la viscosidad y el grado de aumento de viscosidad permitiendo de este modo la preparación de fluidos espaciadores que tienen viscosidad baja a temperaturas de mezclado de superficie mientras que tienen viscosidad aumentada a temperaturas de pozo más altas

donde los sólidos tienden a sedimentarse fuera de los fluidos espaciadores.

[0011] Tal como se usa en la presente, el modificador de la viscosidad contiene una nanoarcilla y una sal inorgánica divalente de liberación demorada sólida que incluye óxido de magnesio calcinado, óxido de calcio calcinado, polifosfato de magnesio y calcio, un borato, un nitruro, un silicato, un agente
5 que tiene un catión de Ba^{2+} , Sr^{2+} , Fe^{2+} , Ni^{2+} , o una combinación que comprende al menos uno de los anteriores.

[0012] La nanoarcilla es una arcilla mineral expandible en agua que se separa en una forma en capas, es decir, se exfolia. Por lo tanto, las nanoarcillas preferidas son insolubles en agua pero se hidratan y expanden para proporcionar dispersiones coloidales transparentes e incoloras. Las arcillas
10 minerales preferidas se expanden y pueden dispersarse de forma uniforme en una solución acuosa (agua o un solvente mezclado de agua y un solvente orgánico), y pueden separarse en capas individuales o un nivel cercano en un medio acuoso. Por ejemplo, se puede usar esmectita expandible en agua o mica expandible en agua, ejemplos específicos de los cuales incluyen hectorita expandible en agua, montmorillonita expandible en agua, saponita expandible en agua, y mica sintética expandible
15 en agua, que contiene sodio como un ion entrecapa. Estas arcillas minerales también se pueden usar como una combinación que comprende al menos uno de los que anteceden. En una modalidad específica, la nanoarcilla es un silicato de litio, magnesio y hectorita en capas sintético tal como Laponite.

[0013] La sal inorgánica divalente de liberación demorada es un sólido. Tal como se usa en la presente, liberación demorada significa que la sal inorgánica divalente está presente como un sólido
20 inicialmente y tiene una velocidad de disolución lenta en agua a temperatura ambiente. Solo a temperaturas elevadas o después de mezclar con agua durante un período extendido de tiempo, la sal inorgánica divalente lentamente libera un catión de metal divalente en la solución.

[0014] Preferentemente la sal inorgánica divalente de liberación demorada sólida es óxido de magnesio calcinado, óxido de magnesio calcinado, vidrio de polifosfato de magnesio de calcio, o una
25 combinación que comprende al menos uno de los anteriores. Tal como se usa en la presente, el óxido de magnesio calcinado y óxido de calcio calcinado se refiere a óxido de magnesio y óxido de calcio que han sido tratados con calor ya sea a una temperatura de alrededor de 1000 °C-1500 °C o de 1500 °C a 2000 °C antes de que sean incorporados en un fluido espaciador o suspensión de cemento. Sin querer limitarse a la teoría, se cree que el óxido de magnesio calcinado y/u óxido de calcio calcinado tratado a
30 1500 °C (referido como calcinada de baja reactividad) o a 2000 °C (referido como calcinada a muerta) aumenta la insolubilidad de estos productos cuando son expuestos a agua.

[0015] El vidrio de polifosfato de magnesio y calcio descrito en la presente también se obtiene

mediante un método refractario al exponer los óxidos de calcio y magnesio a temperaturas elevadas (900 °C-1200 °C) en la presencia de ácido fosfórico. Este proceso permite tasas de disolución extremadamente bajas de estos productos en agua. Este producto está disponible como PSI-2 de Baker Hughes Incorporated.

5 [0016] El modificador de viscosidad se puede incorporar en un fluido espaciador o una suspensión de cemento. En una modalidad, un fluido espaciador comprende un portador acuoso, una nanoarcilla y una sal inorgánica divalente de liberación demorada sólida que comprende óxido de magnesio calcinado, óxido de calcio calcinado, vidrio de polifosfato de magnesio y calcio, un borato, un nitruro, un silicato, un agente que tiene un catión de Ba^{2+} , Sr^{2+} , Fe^{2+} , Ni^{2+} , o una combinación que
10 comprende al menos uno de los anteriores.

 [0017] En el fluido espaciador, la nanoarcilla está presente en una cantidad de alrededor de 0,1 a alrededor de 25 % en peso, específicamente alrededor de 0,1 a alrededor de 20 % en peso, más específicamente alrededor de 0,1 a alrededor de 10 % en peso, en función del peso del portador acuoso en el fluido espaciador.

15 [0018] En el fluido espaciador, la sal inorgánica divalente de liberación demorada sólida está presente en una cantidad de alrededor de 0,1 a alrededor de 5 % en peso, específicamente alrededor de 0,1 a alrededor de 4 % en peso, más específicamente alrededor de 0,1 a alrededor de 2,5 % en peso, en función del peso del portador acuoso en el fluido espaciador.

 [0019] El portador acuoso puede ser agua dulce, salmuera (que incluye agua de mar), un ácido acuoso (por ejemplo, un ácido mineral o un ácido orgánico), una base acuosa o una combinación que comprenda al menos uno de los que anteceden. Se entenderá que otros líquidos polares, tal como alcoholes y glicoles, solos o junto con agua, se pueden utilizar en el fluido portador.
20

 [0020] La salmuera puede ser, por ejemplo, agua de mar, agua producida, salmuera de terminación o una combinación que comprende al menos uno de los anteriores. Las propiedades de la salmuera 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 yacimiento de producción (p. ej., yacimiento de hidrocarburos) o producida a partir de una fuente de yacimiento subterráneo de agua dulce o agua salobre. Además, el agua producida puede denominarse salmuera
25 de yacimiento y contiene componentes que incluyen bario, estroncio y metales pesados. Además de salmueras de origen natural (p. ej., agua de mar y agua producida), la salmuera de terminación se puede sintetizar a partir de agua dulce mediante la adición de diversas sales, por ejemplo, KCl , NaCl , ZnCl_2 , MgCl_2 o CaCl_2 para aumentar la densidad de la salmuera, tal como alrededor de 1,3 kg/L (alrededor de
30

10,6 libras por galón) de salmuera de 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 pueden modificar para que incluyan 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 comprendan al menos uno de los que anteceden. La sal se puede encontrar presente en la salmuera en una cantidad de alrededor de 0,5 a alrededor de 50 por ciento en peso (% en peso), específicamente alrededor de 1 a alrededor de 40 % en peso y, más específicamente, alrededor de 1 a alrededor de 25 % en peso, en función del peso del fluido.

[0021] El portador acuoso del fluido espaciador puede espumarse con un hidrocarburo líquido o un gas o gas licuado, tal como nitrógeno, o aire. El fluido también se puede espumar mediante la inclusión de un agente espumante no gaseoso. El agente espumante no gaseoso puede ser anfótero, catiónico o aniónico. Los agentes anfotéricos adecuados incluyen alquilbetaína, alquilsultaína y carboxilatos de alquilo. Los agentes espumantes aniónicos adecuados pueden incluir sulfatos de alquiléter, sulfatos de éter etoxilado, ésteres de fosfato, fosfatos de alquiléter, ésteres de fosfato de alcohol etoxilado, alquilsulfatos y sulfonatos de alfa olefina. Los agentes espumantes catiónicos adecuados pueden incluir sales de amonio cuaternario y alquilo, sales de amonio cuaternario y bencilalquilo, y sales de amonio cuaternario de alquilamidoamina. Un sistema espumante se utiliza principalmente en formaciones sensibles al agua o a presión baja. Se puede utilizar una mezcla de dispersantes espumantes y estabilizantes de espuma. En general, la mezcla puede incluirse en el fluido espaciador en una cantidad de alrededor de 1 % a alrededor de 5 % en volumen de agua en el fluido espaciador.

[0022] El fluido espaciador puede además comprender otros componentes conocidos por su uso en fluidos espaciadores, por ejemplo, un viscosificante, un agente de reticulación viscosificante, un agente de control de pH, un tensioactivo, un agente ponderante, un lubricante, un agente de pérdida de fluidos, un estabilizador de arcillas, un biocida, un ácido, un inhibidor de corrosión, reductor de fricción, depurador de oxígeno, controlador de finos de formación, espumante, estabilizador de gel, o una combinación que comprende al menos uno de los anteriores. Estos componentes adicionales se seleccionan con el fin de evitar impartir características desfavorables al fluido espaciador, evitar dañar el equipo en contacto con el fluido espaciador y evitar dañar el pozo o la formación subterránea.

[0023] Las diversas propiedades de los fluidos espaciadores pueden variar y se pueden ajustar de acuerdo los parámetros de compatibilidad y control de pozo del fluido de perforación, suspensión de cemento u otro fluido particular que se esté agregando. Por ejemplo, la viscosidad del fluido espaciador

puede variar a lo largo de un amplio intervalo tal como una viscosidad aparente (VA) de alrededor de 0,9 a alrededor de 200 mPas•s (alrededor de 0,9 a alrededor de 200 centipoise (cP)).

[0024] La densidad del fluido espaciador puede variar a lo largo de un amplio intervalo. En una modalidad, el fluido espaciador es más pesado (más denso) que el fluido anterior (por ejemplo, un fluido de perforación de 1,44 kg/L (12 ppg) y luego un espaciador de 1,68 kg/L (14 ppg) y luego un cemento de 1,92 kg/L (16 ppg)).

[0025] El fluido espaciador se puede mezclar previamente o se inyecta sin mezclar, por ejemplo, se inyecta “sobre la marcha” donde los componentes se combinan a medida que el fluido espaciador se inyecta en el fondo del pozo. El orden de adición puede variar al momento de inyectar cada uno es el mismo o diferente.

[0026] Se puede utilizar el fluido espaciador para desplazar otro fluido en un pozo. Por consiguiente, un método para desplazar un primer fluido de un pozo comprende inyectar el primer fluido en el pozo y desplazar el primer fluido con un fluido espaciador. Los fluidos espaciadores se pueden utilizar también como un amortiguador entre dos fluidos durante las operaciones subterráneas. Por ejemplo, en algunas modalidades, el fluido espaciador se bombea en un pozo entre un primer fluido y un segundo fluido. El primer fluido se desplaza con el fluido espaciador y el fluido espaciador se desplaza luego con el segundo fluido. Entre otras cosas, los fluidos espaciadores son compatibles con el fluido que se está desplazando y el segundo fluido que está desplazando el fluido espaciador debido a que no hay interacciones no deseadas entre el fluido espaciador y el primer o el segundo fluido. Generalmente, el primer fluido puede ser cualquier fluido que el fluido espaciador debería desplazar, tales como fluidos de perforación. El segundo fluido puede ser cualquier fluido que se desee introducir en el pozo, tal como suspensiones de cemento y similares.

[0027] La viscosidad de fluidos espaciadores convencionales es muy difícil de mantener a temperaturas de 149 a 204°C (300 a 400 °F), y es incluso más difícil de diseñar un espaciador con viscosidad de superficie baja que aún tiene suficiente viscosidad a temperaturas elevadas para proporcionar estabilidad de suspensión. El uso de los fluidos espaciadores descritos en la presente proporciona una cantidad de beneficios. Los fluidos espaciadores descritos en la presente tienen baja viscosidad a temperaturas de mezclado de superficie pero viscosidad elevada a temperaturas de pozo más altas donde los sólidos tienden a sedimentarse fuera del espaciador. Los fluidos espaciadores descritos en la presente son estables a temperaturas de pozo elevadas, por ejemplo superiores a 149°C (300 °F). Los fluidos espaciadores son compatibles con tanto el fluido de perforación como las suspensiones de cemento con las que son usadas. De manera adicional, los fluidos espaciadores pueden eliminar de forma más eficaz los lodos de perforación y las partículas contaminantes de los

pozos, por ejemplo particulados de fluido de perforación, recortes de perforación, y partículas de roca de yacimiento desprendida en el pozo perforado de formaciones débiles, por ejemplo, un particulado de esquisto, particulado de arcilla esquistosa, particulado de arenisca, particulado de carbonato y similares. Los fluidos espaciadores pueden adicionalmente suprimir el mezclado de fluidos de perforación y suspensiones de cemento cuando se comparan con fluidos espaciadores de flujo turbulento.

[0028] Los métodos y composiciones tienen además las ventajas de cementación mejorada, al reducir la cantidad de fluidos de perforación, partículas contaminantes, y otros desechos antes de introducir la suspensión de cemento. Se apreciará que no es necesario que todos los fluidos de perforación o todos los particulados contaminantes sean eliminados para el método y para que sus composiciones sean consideradas exitosas. Se tiene éxito si más fluidos de perforación, partículas y otra contaminación son quitados usando el fluido espaciador que si no es usado. En general, por supuesto, es deseable quitar cuanto más fluido de perforación, contaminación y desechos como sea posible.

[0029] El modificador de la viscosidad también se puede incorporar en una suspensión de cemento. Una suspensión de cemento comprende un portador acuoso, un componente de cemento, una nanoarcilla, y sal inorgánica divalente de liberación demorada sólida que comprende óxido de magnesio calcinado, óxido de calcio calcinado, vidrio de polifosfato de magnesio y calcio, un borato, un nitrato, un silicato, un agente que tiene un catión de Ba^{2+} , Sr^{2+} , Fe^{2+} , Ni^{2+} , o una combinación que comprende al menos uno de los anteriores.

[0030] En la suspensión de cemento, la nanoarcilla está presente en una cantidad de alrededor de 0,1 a alrededor de 25 % en peso, específicamente alrededor de 0,1 a alrededor de 20 % en peso, más específicamente alrededor de 0,1 a alrededor de 10 % en peso, en función del peso del portador acuoso en el fluido espaciador.

[0031] En la suspensión de cemento, la sal inorgánica divalente de liberación demorada sólida está presente en una cantidad de alrededor de 0,1 a alrededor de 5 % en peso, específicamente alrededor de 0,1 a alrededor de 4 % en peso, más específicamente alrededor de 0,1 a alrededor de 2,5 % en peso, en función del peso del portador acuoso en el fluido espaciador.

[0032] El componente de cemento de la suspensión de cemento puede ser cualquier material de cemento que se fragüe y endurezca mediante la reacción con agua y sea adecuado para formar un cemento endurecido en el fondo del pozo, lo que incluye argamasas y hormigones. Los componentes de cemento adecuados incluyen aquellos que se utilizan típicamente en un entorno de pozo, por ejemplo, aquellos que comprenden calcio, aluminio, silicio, oxígeno y/o azufre. Dichos cementos incluyen, de modo no taxativo, cementos Portland, cementos puzolánicos, cementos de yeso, cementos con alto

contenido de alúmina, cementos de sílice y cementos con alta alcalinidad o combinaciones de estos. Los cementos Portland son particularmente útiles. En algunas modalidades, los cementos Portland que son adecuados para usar se clasifican en cementos de Clase A, B, C, G y H de acuerdo con el Instituto Estadounidense del Petróleo, la Especificación del API para materiales y pruebas de cementación de pozos, los cementos Portland ASTM clasificados como Tipo I, II, III, IV y V. Los cementos en la presente pueden incluir también diversos hormigones por medio de la adición de agregados, tal como un agregado grueso hecho de grava o rocas trituradas tales como ftanita, cuarcita, granito y/o agregado de finos tales como arena o arena triturada. Se puede agregar un agregado en una cantidad de alrededor de 10 % a alrededor de 70 % en peso del cemento hidráulico, y más particularmente alrededor de 20 % a alrededor de 40 % en peso.

[0033] El componente de cemento puede estar presente en la suspensión en una cantidad de alrededor de 50 a alrededor de 95 % en peso, preferentemente de alrededor de 60 a alrededor de 90 % en peso, más preferentemente entre alrededor de 65 a alrededor de 85 % en peso, en función del peso total de la suspensión de cemento.

[0034] El portador para la suspensión de cemento puede ser el mismo que el portador para el fluido espaciador. Este se puede espumar de manera similar al portador acuoso para el fluido espaciador.

[0035] La suspensión de cemento pueden comprender adicionalmente otros componentes conocidos para usar en la cementación, por ejemplo, un acelerador de fraguado para reducir el tiempo de fraguado, un retardador de fraguado para extender el tiempo de fraguado, un agente de control de pérdida de fluido, un extensor para densidad inferior, un agente espumante para reducir la densidad, un agente espesante para aumentar la densidad, un dispersante para reducir la viscosidad, otros agentes de control de pérdida de fluido, agentes tixotrópicos, un agente de puenteo o material de pérdida de circulación (por ejemplo, copos de gilsonita o celofán), materiales de silicato tales como, arena, sílice en polvo, sílice ahumado, actúan para reforzar el cemento, así como también para proteger de los efectos de retrogresión de resistencia a temperaturas por encima de los 110°C (230 °F), estabilizadores de arcilla o una combinación que comprende al menos uno de los anteriores. Estos componentes aditivos se seleccionan para evitar impartir características desfavorables a las suspensiones de cemento, y para evitar dañar el pozo o la formación subterránea. Cada aditivo puede estar presente en cantidades conocidas generalmente por los expertos en la técnica.

[0036] La suspensión puede bombearse. Una suspensión de cemento bombeable puede tener una viscosidad inferior a 1000 mPa-s a una tasa de cizallamiento de 100 s⁻¹. La suspensión de cemento es una suspensión de cemento de baja densidad o una suspensión de cemento de alta densidad. Si

bien la densidad de una suspensión de cemento de baja densidad tal como un depurador puede variar ampliamente dependiendo de las condiciones de fondo del pozo, tales densidades pueden incluir alrededor de 0,6 a alrededor de 1,44 kg/L (alrededor de 5 a alrededor de 12 libras por galón (ppg)) cuando se espuma. Cuando se desespuma, la densidad de un depurador o suspensión de cemento de baja densidad puede variar con dichas densidades de alrededor de 1 a alrededor de 1,8 kg/L (alrededor de 9 hasta alrededor de 15 libras por galón), o alrededor de 1,2 a alrededor de 1,7 kg/L (alrededor de 10 a alrededor de 14 libras por galón), o alrededor de 1,3 a alrededor de 1,6 kg/L (alrededor de 11 hasta alrededor de 13 libras por galón). Las suspensiones de cemento de alta densidad pueden tener una densidad de alrededor de 1,8 a alrededor de 1,3 kg/L (alrededor de 15 a alrededor de 25 libras por galón).

[0037] Una suspensión de cemento bombeable o vertible se puede formar a través de cualquier método adecuado. En una modalidad de ejemplo, una suspensión o mezcla que comprende la nanoarcilla, la sal inorgánica, el componente del cemento y agua o el portador acuoso se combina usando el equipo de mezcla de cemento convencional. La suspensión de cemento luego se puede inyectar, por ejemplo, bombear y colocar mediante diversas herramientas o bombas de cemento convencionales, en cualquier ubicación deseada dentro del pozo para rellenar cualquier forma deseada. Una vez que la suspensión de cemento se ha colocado y ha adoptado la forma del artículo de fondo de pozo deseado, se deja que la suspensión de cemento fragüe y forme una forma permanente de un artículo de cemento base, por ejemplo, una tubería de revestimiento o tapón de cemento.

[0038] Las suspensiones de cemento son particularmente útiles para cementar un pozo. Un método puede incluir inyectar, generalmente bombear, en el pozo la suspensión de cemento que contiene la sal inorgánica divalente de liberación demorada sólida a una presión suficiente para desplazar un fluido de perforación, por ejemplo, un lodo de perforación, un espaciador de cemento o similar, opcionalmente con una "suspensión principal" o una "suspensión secundaria". La suspensión de cemento se puede introducir entre un tapón inferior que se puede penetrar/romper y un tapón superior sólido. Una vez colocada, la suspensión de cemento se deja endurecer, y en algunas modalidades, forma un tapón de cemento en el espacio anular del pozo, que evita que el flujo de fluidos del yacimiento entre dos o más formaciones geológicas permeables salga con presiones de yacimiento desiguales. Generalmente, la suspensión se endurece mediante hidratación y gelificación del cemento. Como los expertos en la técnica saben, existe un alto grado de variabilidad en la descripción anterior de la cementación del pozo (por ejemplo, múltiples tapones inferiores, densidades de fluidos graduadas, etc.) y se puede efectuar usando los polímeros sintéticos preformados descritos en la presente.

[0039] Los métodos y composiciones tienen además las ventajas de cementación mejorada al

reducir el tiempo de transición para que la suspensión de cemento se fragüe. Los efectos beneficiosos de usar modificadores de la viscosidad descritos en la presente son ilustrados adicionalmente en los siguientes ejemplos.

EJEMPLOS

5 [0040] La nanoarcilla de Laponite, un silicato en capas sintético, se obtuvo de BYK Additives & Instruments (antes Rockwood Additives) y fue usada sin purificación adicional. El óxido de magnesio calcinado se obtuvo de Baker Hughes Incorporated.

10 [0041] Se prepararon las muestras A-C. La muestra A contenía agua y 11,3 kg (25 lb) de nanoarcilla Laponite. La muestra B contenía agua, 2,27 kg (5 lb) de Laponite, y 2,27 kg (5 lb) de óxido de magnesio calcinado. La muestra C contenía agua, 2,27 kg (5 lb) de Laponite, y 1,13 kg (2,5 lb) de óxido de magnesio calcinado. La viscosidad de las Muestras A-C en el tiempo en diferentes temperaturas se midió usando el viscosímetro Grace Instrument M3600. Se muestran los resultados en la FIG. 1. La temperatura graficada es promedio. Los índices reales de elevación de temperatura variaron.

15 [0042] La FIG. 1 indica que 11,3 kg (25 lb) de nanoarcilla de Laponite sola (muestra A) proporciona demasiada viscosidad. Cuando el óxido de magnesio calcinado se agrega, el aumento de la viscosidad es demorado y el alcance del aumento de la viscosidad también se puede ajustar a un nivel deseado al variar las cantidades de la nanoarcilla de Laponite o el óxido de magnesio calcinado. Las muestras B y C proporcionan grados variados de viscosidad a diferentes temperaturas elevadas. Si no se aplica una temperatura elevada, no se observa ningún aumento en la viscosidad. La FIG. 1 también muestra que agregar óxido de magnesio calcinado disminuye la temperatura cuando la viscosidad comienza a aumentar.

20 [0043] Se prepararon las muestras D-G. La muestra D contenía agua y 2,27 kg (5 lb) de nanoarcilla Laponite. La muestra E contenía agua y 4,5 kg (10 lb) de óxido de magnesio calcinado. La muestra F contenía agua y 2,27 kg (5 lb) de óxido de magnesio calcinado. La muestra G contenía agua y 1,13 kg (2,5 lb) de óxido de magnesio calcinado. La viscosidad de las Muestras D-G en el tiempo en diferentes temperaturas se midió usando el viscosímetro Grace Instrument M3600. Se muestran los resultados en la FIG. 2. La temperatura graficada es promedio. Los índices reales de elevación de temperatura variaron.

25 [0044] La FIG. 2 indica que los fluidos que contienen óxido de magnesio calcinado pero no nanoarcilla Laponite no muestran un aumento en la viscosidad incluso si se aplica una temperatura elevada a los fluidos. Además, el fluido que contiene nanoarcilla Laponite pero no óxido de magnesio calcinado no muestra un aumento en la viscosidad a temperaturas debajo de 93 °C (200 °F) tampoco.

30 [0045] Se prepararon las muestras H-J. La muestra H contenía agua, 5,7 kg (12,5 lb) de

nanoarcilla de Laponite, 2,8 kg (6,25 lb) de óxido de magnesio y 1,7 kg/L (14 ppg) de barita. La muestra I contenía agua, 5,7 kg (12,5 lb) de nanoarcilla Laponite, y 2,8 kg (6,25 lb) de óxido de magnesio. La muestra J contenía agua y 5,7 kg (12,5 lb) de nanoarcilla Laponite. La viscosidad de las Muestras H-J en el tiempo a diferentes temperaturas se midió usando un consistómetro Chandler. Se muestran los resultados en la FIG. 3.

[0046] Los resultados indican que el sistema de 5,7 kg (12,5 lb) (Muestra J) sin óxido de magnesio calcinado o barita demuestra una baja viscosidad a temperaturas más bajas, luego a sobre 121°C (250 °F) la viscosidad aumenta y se mantiene hasta la conclusión de la prueba. La Muestra I también mostró un perfil de viscosidad similar como la muestra J.

[0047] A continuación, se establecen varias modalidades de la descripción.

[0048] Modalidad 1. Un método para la cementación de un pozo, el método que comprende inyectar en el pozo una suspensión de cemento que comprende un portador acuoso, una nanoarcilla expandible, y una sal inorgánica divalente de liberación demorada sólida que comprende óxido de magnesio calcinado, óxido de calcio calcinado, un vidrio de polifosfato de magnesio y calcio, un borato, un nitrato, un silicato, un agente que tiene un catión de Ba^{2+} , Sr^{2+} , Fe^{2+} , Ni^{2+} , o una combinación que comprende al menos uno de los anteriores; y permitir que la suspensión de cemento se fragüe.

[0049] Modalidad 2. El método de la Modalidad 1, donde la nanoarcilla expansible en agua es un silicato en capas sintético.

[0050] Modalidad 3. El método de la Modalidad 2, donde el silicato en capas sintético es un silicato de litio, magnesio y hectorita en capas sintético.

[0051] Modalidad 4. El método de cualquiera de las Modalidades 1 a 3, donde la nanoarcilla expandible en agua está presente en una cantidad de alrededor de 0,1 % en peso a alrededor de 25 % en peso en función del peso del portador acuoso.

[0052] Modalidad 5. El método de cualquiera de las Modalidades 1 a 4, donde la sal inorgánica divalente de liberación demorada sólida es tratada con calor a una temperatura de alrededor de 1500 °C a 2000 °C (2700 °F a alrededor de 3600 °F) antes de incorporarse en la suspensión de cemento.

[0053] Modalidad 6. El método de cualquiera de las Modalidades 1 a 4, donde la sal inorgánica divalente de liberación demorada sólida es tratada con calor a una temperatura de alrededor de 1000 °C a 1500 °C (1800 °F a alrededor de 2700 °F) antes de incorporarse en la suspensión de cemento.

[0054] Modalidad 7. El método de cualquiera de las Modalidades 1 a 6, donde la sal inorgánica divalente de liberación demorada sólida está presente en una cantidad de alrededor de 0,1 % en peso a alrededor de 5 % en peso en función del peso del portador acuoso.

[0055] Modalidad 8. El método de cualquiera de las Modalidades 1 a 7, donde el pozo tiene

una temperatura de pozo mayor que alrededor de 149°C (300 °F).

[0056] Modalidad 9. El método de cualquiera de las Modalidades 1 a 8, donde la suspensión de cemento comprende alrededor de 0,1 % en peso a alrededor de 20 % en peso de un silicato de litio, magnesio y hectorita en capas sintético, y alrededor de 0,1 % en peso a alrededor de 5 % en peso de óxido de magnesio calcinado.

[0057] Modalidad 10. Un método para desplazar un primer fluido de un pozo, el método que comprende inyectar el primer fluido en el pozo; y desplazar el primer fluido con un fluido espaciador que comprende un portador acuoso, una nanoarcilla expandible, y una sal inorgánica divalente de liberación demorada sólida que comprende óxido de magnesio calcinado, óxido de calcio calcinado, un vidrio de polifosfato de magnesio y calcio, un borato, un nitrato, un silicato, un agente que tiene un catión de Ba²⁺, Sr²⁺, Fe²⁺, Ni²⁺, o una combinación que comprende al menos uno de los anteriores.

[0058] Modalidad 11. El método de la Modalidad 10, donde el primer fluido comprende un fluido de perforación.

[0059] Modalidad 12. El método de la Modalidad 10 o la Modalidad 11, que comprende además desplazar el fluido espaciador con un segundo fluido.

[0060] Modalidad 13. El método de la Modalidad 12, donde el segundo fluido es una suspensión de cemento.

[0061] Modalidad 14. El método de la Modalidad 13, donde la suspensión de cemento comprende un portador acuoso, una nanoarcilla expansible, y una sal inorgánica divalente de liberación demorada sólida que comprende óxido de magnesio calcinado, óxido de calcio calcinado, un vidrio de polifosfato de magnesio y calcio, un borato, un nitrato, un silicato, un agente que tiene un catión de Ba²⁺, Sr²⁺, Fe²⁺, Ni²⁺, o una combinación que comprende al menos uno de los anteriores.

[0062] Modalidad 15. El método de cualquiera de las Modalidades 10 a 14, donde la nanoarcilla expansible en agua es un silicato en capas sintético.

[0063] Modalidad 16. El método de cualquiera de las Modalidades 10 a 15, donde el silicato en capas sintético es un silicato de litio, magnesio y hectorita en capas sintético.

[0064] Modalidad 17. El método de cualquiera de las Modalidades 10 a 16, donde la nanoarcilla expandible en agua está presente en el fluido espaciador en una cantidad de alrededor de 1 % en peso a alrededor de 25 % en peso en función del peso del portador acuoso.

[0065] Modalidad 18. El método de cualquiera de las Modalidades 10 a 17, donde la sal inorgánica divalente de liberación demorada sólida es tratada con calor a una temperatura de alrededor de 1000 °C a alrededor de 1500 °C antes de incorporarse en el fluido espaciador.

[0066] Modalidad 19. El método de cualquiera de las Modalidades 10 a 17, donde la sal

inorgánica divalente de liberación demorada sólida es tratada con calor a una temperatura de alrededor de 1500 °C a alrededor de 2000 °C antes de incorporarse en el fluido espaciador.

5 [0067] Modalidad 20. El método de cualquiera de las Modalidades 10 a 19, donde la sal inorgánica divalente de liberación demorada sólida está presente en el fluido espaciador en una cantidad de alrededor de 1 % en peso a alrededor de 25 % en peso en función del peso del portador acuoso.

[0068] Modalidad 21. El método de cualquiera de las Modalidades 10 a 20, donde el fluido espaciador comprende alrededor de 0,1 % en peso a alrededor de 20 % en peso de un silicato de litio, magnesio y hectorita en capas sintético, y alrededor de 0,1 % en peso a alrededor de 5 % en peso de óxido de magnesio calcinado.

10 [0069] Modalidad 22. El método de cualquiera de las Modalidades 10 a 21, donde el pozo tiene una temperatura de pozo mayor que alrededor de 300 °F.

[0070] Todos los intervalos descritos en la presente incluyen los extremos y estos son combinables de manera independiente entre sí. Tal como se usa en la presente, «combinación» incluye combinaciones, mezclas, aleaciones, productos de reacción, y similares. Todas las referencias se
15 incorporan en su totalidad a la presente mediante referencia. El pozo puede ser vertical, desviado u horizontal.

[0071] El uso de los términos “uno”, “una”, “el/la” y referentes similares en el contexto de la descripción de la invención (especialmente en el contexto de las siguientes reivindicaciones) abarca tanto el singular como el plural, a menos que se indique lo contrario en la presente o lo contradiga
20 claramente el contexto. “O” significa “y/o”. El modificador “alrededor de” usado con relación a una cantidad, incluye el valor indicado y tiene el significado determinado por el contexto (por ejemplo, incluye el grado de error asociado a la medición de la cantidad particular).