

MATERIALES DE PÉRDIDA DE CIRCULACIÓN DE POLISACÁRIDOS PARA OPERACIONES DE POZO

CAMPO

[001] La presente divulgación se refiere a materiales de obturación y métodos para usar materiales de obturación en un pozo. La presente divulgación se refiere más particularmente a materiales de pérdida de circulación que incluyen polisacáridos reticulados que pueden usarse en operaciones de pozo.

ANTECEDENTES

[002] Durante las operaciones de perforación, se puede usar un fluido de perforación para enfriar la barrena de perforación, controlar la presión dentro del pozo y suspender y transportar los recortes de perforación desde el pozo hasta la superficie. El fluido de perforación puede circular hacia abajo a través del interior de una tubería de perforación y hacia arriba a través del anillo, que se encuentra entre el exterior de la tubería y la pared de la formación subterránea. Una vez que una sarta de revestimiento está en su lugar, se puede colocar lechada de cemento en el anillo para fijar la sarta de revestimiento a las paredes del pozo y sellar el anillo. Durante la perforación y la cementación, se pueden encontrar zonas permeables en la formación subterránea. Las zonas permeables pueden ser, por ejemplo, cavidades, huecos, fracturas que ocurren naturalmente o fracturas inducidas que ocurren cuando las zonas débiles tienen gradientes de fractura superados por la presión hidrostática del fluido de perforación o la lechada de cemento. Estas zonas permeables pueden provocar la pérdida de la circulación del fluido de perforación en el pozo durante la operación de perforación y pueden causar que la operación de perforación se retrase. Durante la operación de cementación, una parte de la lechada de cemento también puede perderse en las zonas permeables de la formación subterránea, lo que puede no permitir que la lechada de cemento llene el anillo por completo y puede provocar un aislamiento zonal inadecuado o la resistencia del cemento puede verse comprometida por la deshidratación del cemento, lo que provoca retrasos adicionales.

[003] Se pueden usar materiales de obturación para sellar las zonas permeables en la formación subterránea y para prevenir la pérdida de circulación de los fluidos de perforación y lechadas de cemento durante la creación del pozo. Las condiciones de temperatura y presión dentro del pozo pueden afectar la efectividad de los materiales de obturación. A temperaturas por encima de una temperatura estática de fondo de

pozo (BHST) de 230°F, es difícil sellar con éxito las zonas permeables dentro del pozo y evitar la pérdida de fluido sin obstaculizar otras propiedades del fluido dentro del pozo con materiales convencionales. Los materiales de obturación que puedan sellar con éxito las zonas permeables donde las temperaturas dentro de las zonas de pérdida exceden los 230°F BHST son convenientes y podrían abrir nuevos mercados dentro de las industrias del petróleo y el gas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[004] La Figura 1 es un esquema ilustrativo de la perforación de un pozo a través de una formación subterránea durante la cual se emplea un material de obturación para sellar la formación para evitar la pérdida de circulación del fluido de perforación de acuerdo con un ejemplo de la presente divulgación.

[005] La Figura 2 es un diagrama de bloques que muestra la mezcla de materiales de obturación de acuerdo con un ejemplo de la presente divulgación.

[006] La Figura 3 es un diagrama de bloques que muestra los materiales de obturación utilizados en pozos de acuerdo con un ejemplo de la presente divulgación.

[007] La Figura 4 es un diagrama de resistencia a la compresión con respecto a la temperatura y el tiempo de tránsito sónico de un material de obturación, de acuerdo con un ejemplo de la presente divulgación.

[008] La Figura 5 es un diagrama de resistencia a la compresión con respecto a la temperatura y el tiempo de tránsito sónico de un material de obturación comparativo.

[009] La Figura 6 es un diagrama de consistencia con respecto a la temperatura y la presión de un material de obturación de acuerdo con un ejemplo de la presente divulgación.

[0010] La Figura 7 es un diagrama de consistencia con respecto a la temperatura y la presión de un material de obturación comparativo.

[0011] La Figura 8 es un diagrama de resistencia de gel estática con respecto a la temperatura y la presión de un material de obturación, de acuerdo con un ejemplo de la presente divulgación.

[0012] La Figura 9 es un diagrama de resistencia de gel estática con respecto a la temperatura y la presión de un material de obturación comparativo.

[0013] La Figura 10 es un diagrama de resistencia a la compresión con respecto a la temperatura y el tiempo de tránsito sónico de un material de obturación, de acuerdo con un ejemplo de la presente divulgación.

[0014] La Figura 11 es un diagrama de resistencia a la compresión con respecto a la temperatura y el tiempo de tránsito sónico de un material de obturación, de acuerdo

con un ejemplo de la presente divulgación.

[0015] La Figura 12 es un diagrama de consistencia con respecto a la temperatura y la presión de un material de obturación de acuerdo con un ejemplo de la presente divulgación.

[0016] La Figura 13 es un diagrama de consistencia con respecto a la temperatura y la presión de un material de obturación de acuerdo con un ejemplo de la presente divulgación.

[0017] La Figura 14 es un diagrama de resistencia de gel estática con respecto a la temperatura y la presión de un material de obturación, de acuerdo con un ejemplo de la presente divulgación.

[0018] La Figura 15 es un diagrama de la resistencia de gel estática con respecto a la temperatura y la presión de un material de obturación, de acuerdo con un ejemplo de la presente divulgación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0019] Ciertos aspectos y características de la presente divulgación se refieren a materiales de obturación y métodos para usar materiales de obturación en un pozo. En algunos ejemplos, el material de obturación puede incluir un material de pérdida de circulación (LCM) que se puede usar en operaciones de pozo. En algunos ejemplos, el LCM puede incluir un polisacárido reticulado.

[0020] Los materiales de obturación pueden incluir lechadas y otros fluidos tixotrópicos. El comportamiento tixotrópico se puede utilizar en operaciones de perforación para reducir o eliminar pérdidas no deseadas, especialmente en una formación subterránea débil. Los materiales de obturación, como un material de pérdida de circulación (LCM), se pueden inyectar en un pozo para adherirse a una formación subterránea, sellar las zonas permeables en el pozo y evitar la pérdida de circulación de los fluidos de perforación y las lechadas de cemento a través de las zonas permeables dentro de la formación.

[0021] La Figura 1 ilustra un pozo **44** que perforado a través de una formación subterránea **42**, durante la cual se puede usar un material de obturación para sellar la formación subterránea **42**. Se puede utilizar un equipo de perforación **40** para perforar el pozo **44**. Se puede montar una barrena de perforación **50** en el extremo de una sarta de perforación **52** que incluye múltiples secciones de tubería de perforación. El pozo **44** se puede perforar mediante el uso de un accionamiento giratorio en la superficie para hacer girar la sarta de perforación **52** y aplicar torsión y fuerza para hacer que la barrena de perforación **50** se extienda a través del pozo **44**. El fluido de

perforación se puede desplazar a través de la sarta de perforación **52** mediante el uso de una o más bombas **54**. El fluido de perforación puede circular más allá de la barrena de perforación **50** y devolverse a la superficie a través del anillo del pozo **44**, como lo indican las flechas **46**, lo que elimina así los recortes de perforación (por ejemplo, material tal como roca generada por la perforación) del pozo **44**. Aunque no se muestra, también pueden disponerse conductos adicionales además de la sarta de perforación **52** dentro del pozo **44**.

[0022] La formación subterránea **42** puede contener zonas permeables a través de las cuales el fluido de perforación puede migrar desde el pozo **44** hacia la formación subterránea **42**. Estas zonas permeables pueden ser, por ejemplo, fracturas, fisuras, rayas, huecos, cavidades y similares. La presencia de tales zonas permeables en la formación subterránea **42** puede hacer que se pierda la circulación del fluido de perforación en el pozo **44**, de modo que el fluido no fluya de regreso a la superficie de la tierra. Para mantener una buena circulación del fluido de perforación en el pozo **44**, se puede hacer pasar un material de obturación al pozo **44** y dejar que se fragüe en el fondo de pozo. La resistencia del material de obturación puede aumentar con el tiempo después de la colocación en el fondo de pozo.

[0023] Mientras se mezcle o cumpla con las condiciones favorables en el fondo de pozo, el material de obturación que fluye libremente puede endurecerse irreversiblemente en zonas permeables. Las condiciones favorables pueden incluir, por ejemplo, pH, salinidad, agua, temperatura y velocidad de cizallamiento. Y el material de obturación puede desarrollar rápidamente resistencia a la compresión. El material de obturación puede asentarse rápidamente en una masa de sellado rígida que es sustancialmente impermeable al fluido (es decir, ningún fluido o solo una pequeña cantidad de fluido puede pasar a través de la masa). Después del fraguado, es posible que el material de obturación no pueda eliminarse por lavado de las zonas permeables, y la circulación del fluido de perforación a través del pozo **44** puede reanudarse sin preocuparse de que el fluido de perforación pueda escapar del pozo hacia la formación subterránea.

[0024] Una vez completada la perforación del pozo **44**, la sarta de perforación **52** y la barrena de perforación **50** pueden retirarse del pozo **44**. Y se puede colocar una sarta de revestimiento en el pozo **44**. Luego se puede llevar a cabo la cementación primaria al bombear una lechada de cemento por la sarta de revestimiento y dentro del anillo entre la sarta de revestimiento y la pared del pozo **44**. El material de obturación fraguado puede bloquear las zonas permeables y evitar que la lechada de cemento

fluya hacia la formación subterránea. Como resultado, la presión hidrostática de la lechada de cemento se puede mantener de modo que la lechada regrese a la superficie y forme una columna de cemento relativamente fuerte en el anillo del pozo.

[0025] La resistencia del LCM puede afectar la capacidad del material en particular para sellar las zonas permeables dentro de un pozo y evitar la pérdida de fluido. La selección de un LCM puede depender de la composición geológica de la formación subterránea. Al seleccionar un material de obturación con rendimiento mejorado para obturar eficazmente las zonas permeables dentro del pozo a alta temperatura, las operaciones del pozo pueden expandirse a regiones geográficas y tipos de formaciones subterráneas que de otra manera serían inoperables.

[0026] En algunos ejemplos, el LCM para sellar una formación subterránea puede incluir, por ejemplo, cementos hidráulicos, mezclas de lodo de bentonita de aceite diésel (DOB), mezclas de lodo de bentonita de aceite diésel con cemento agregado para aumentar la resistencia (DOBC), cemento de acedera mezclado con aceite viscoso (arcilla y viscosificador), resinas, y lechadas tixotrópicas. En algunos ejemplos, la arcilla puede incluir una nanoarcilla a base de magnesio.

[0027] En algunos ejemplos, un LCM puede incluir cemento hidráulico, sílice amorfa, polisacáridos, un retardador, arcilla y una base acuosa. En ciertos ejemplos, los polisacáridos pueden estar presentes en una cantidad de alrededor de 1 por ciento en peso de cemento (% de bwoc) a alrededor de 10% de bwoc. Por ejemplo, el LCM puede incluir alrededor de 3% de polisacáridos % de bwoc.

[0028] En algunos ejemplos, los polisacáridos se pueden reticular. En ciertos ejemplos, los polisacáridos se pueden reticular con borato. En ciertas condiciones, los enlaces que reticulan los polisacáridos con el borato pueden romperse, lo que libera al borato y al polisacárido para que reaccionen. Las temperaturas dentro de un pozo pueden exceder los 200°F, y a menudo alcanzan una temperatura estática de fondo de pozo (BHST) de 230°F o más. La reticulación del polisacárido y el borato del LCM descrito en la presente puede romperse alrededor de 160°F-170°F. El borato liberado puede aumentar deseablemente el tiempo de espesamiento del sistema de cemento, mientras que el polisacárido puede reaccionar para mejorar la acumulación de resistencia de gel sin impactos negativos en la mezcla de la superficie. La ruptura de los enlaces de reticulación puede permitir que el material descrito en la presente sea eficaz a temperaturas mayores de una BHST de 230°F. En algunos casos, el material descrito en la presente se puede utilizar a una BHST de 340°F o más.

[0029] Se pueden utilizar varios tipos de cemento y retardadores en el LCM descrito

en la presente. En algunos ejemplos, el retardador puede incluir al menos uno de un ácido organofosfórico, un polímero de estireno-anhídrido maleico sulfonado modificado, lignosulfonato o un ácido poliacrílico. En ciertos ejemplos, el retardador puede estar presente en una cantidad de alrededor de 2 bwoc a alrededor de 15% de bwoc (por ejemplo, 5% de bwoc, 7% de bwoc o 12% de bwoc). Por ejemplo, el LCM puede incluir alrededor de 0,5% de galones de retardador por saco de cemento (gal/sk). En otros ejemplos, el LCM puede incluir alrededor de 0,9% de galones de retardador por saco de cemento (gal/sk). En algunos ejemplos, el cemento hidráulico puede incluir al menos uno de cemento Portland, un cemento de puzolana, un cemento de yeso, un cemento con alto contenido de alúmina, un cemento de escoria, cemento con alto contenido de magnesia, cemento de pizarra, cemento ácido o base, cemento de cenizas volantes, un sistema de cemento de zeolita, un sistema de cemento de polvo de horno, cemento microfino, metacaolín o piedra pómez.

[0030] El LCM también puede incluir otros aditivos. Por ejemplo, el LCM puede incluir al menos uno de resinas, látex, estabilizadores, puzolanas, microesferas, superabsorbentes acuosos, agentes viscosificantes, agentes de suspensión, agentes dispersantes, extensores, sales, aceleradores, tensioactivos, agentes estimulantes, removedores de espuma, agentes de prevención de fraguado, materiales de ponderación, elastómeros, pizarra vitrificada, aditivos de expansión, aditivos de control de migración de gas, agentes acondicionadores de formación, ácidos o bases.

[0031] La base acuosa puede incluir al menos una de agua dulce, agua salobre o agua salada. En algunos casos, se puede ajustar el pH de la base acuosa para mejorar el rendimiento. Por ejemplo, se puede agregar hidróxido de sodio a la base acuosa para ajustar el pH. En algunos ejemplos, el LCM puede tener una densidad de menos de 12 libras por galón (lb/gal), por ejemplo, el material puede tener una densidad de alrededor de 10,5 lb/gal.

[0032] Algunos factores considerados al seleccionar un LCM incluyen la resistencia a la compresión, el tiempo de espesamiento y la resistencia de gel. La resistencia a la compresión de un material se puede determinar con el tiempo a medida que el material se cura en condiciones de temperatura y presión de fondo de pozo mediante el uso de analizadores de cemento ultrasónicos (UCA). El tiempo de espesamiento es una medida del tiempo que una lechada de cemento permanece en estado fluido y es capaz de ser bombeada. El tiempo de espesamiento generalmente se evalúa en condiciones de fondo de pozo en función de la consistencia o capacidad de bombeo. La resistencia de gel es una medida de la tensión de cizallamiento a velocidad de

cizallamiento baja después de que un material se haya estabilizado en reposo durante un período de tiempo establecido. Dos mediciones de tiempo comunes para la determinación de la resistencia de gel son diez minutos/diez segundos a 180°F a presión atmosférica y otra es la medición de la resistencia del gel en una condición de fondo de pozo mediante el uso de MACS-II.

[0033] En algunos ejemplos, el material descrito en la presente puede tener una resistencia a la compresión máxima superior a 100 psi en condiciones de 340°F. El material puede pasar de 100 lbf/100 ft² a 500 lbf/100 ft² en 30 minutos o menos, a 320°F y 5000 psi. En algunos casos, el material puede tener un tiempo de espesamiento de 70 Bc a 320°F y 5000 psi de al menos dos horas. Por ejemplo, el tiempo de espesamiento puede ser de dos horas, tres horas, cuatro horas o más. En ciertos ejemplos, el material puede tener una resistencia de gel estática de 10 segundos de al menos 6 lbf/100 ft² a 180°F. En otros ejemplos, el material puede tener una resistencia de gel estática de 10 segundos de al menos 15 lbf/100 ft² a 180°F. En algunos ejemplos, el material puede tener una resistencia de gel estática de 10 minutos de al menos 14 lbf/100 ft² a 180°F. En ciertos ejemplos, el material puede tener una resistencia de gel estática de 10 minutos de al menos 45 lbf/100 ft² a 180°F.

[0034] El material puede colocarse en el pozo para sellar sustancialmente una o más zonas permeables o de fractura en el pozo y evitar una pérdida de circulación de los fluidos de perforación y lechadas de cemento a través de las zonas permeables. En ciertos ejemplos, el material puede colocarse en una zona de pérdida de circulación de un pozo. En algunos ejemplos, los métodos para usar un material de obturación pueden incluir proporcionar un material que comprende cemento hidráulico, sílice amorfa, polisacáridos, un retardador, arcilla y una base acuosa; poner en contacto una zona de pérdida de circulación en un pozo con el material; y permitir que el material se fragüe en la zona de pérdida de circulación. El retardador puede incluir al menos uno de un ácido organofosfórico, un polímero de estireno-anhídrido maleico sulfonado modificado, lignosulfonato o un ácido poliacrílico.

[0035] En algunos ejemplos, el material descrito en la presente se puede preparar mediante el uso de un proceso de mezcla por lotes. En otros ejemplos, el material se puede preparar de manera continua o “sobre la marcha” en el pozo. La Figura 2 distingue la mezcla por lotes de la mezcla para una operación continua “sobre la marcha” en el pozo. El método puede incluir poner en contacto una base acuosa con pH ajustado y una arcilla para formar una mezcla; agregar un removedor de espuma; agregar un polisacárido reticulado con borato; agregar un acelerador; agregar un

retardador; agregar una mezcla seca que comprenda cemento hidráulico y sílice amorfa; y agitar la mezcla con una mezcladora de alto cizallamiento. Opcionalmente, el método puede incluir agregar un extensor después del retardador. Opcionalmente, la mezcla seca puede incluir además un agente estabilizador. El retardador puede incluir al menos uno de un ácido organofosfórico, un polímero de estireno-anhídrido maleico sulfonado modificado, lignosulfonato o un ácido poliacrílico. Opcionalmente, el método puede incluir agitar la mezcla durante cada adición.

[0036] En algunos casos, se pueden configurar sistemas para tratar un pozo con una obturación. Como se muestra en la Figura 3, un sistema puede incluir una bomba de inyección **403** para inyectar el material de obturación en un pozo **405**. Un sistema puede incluir una bomba de circulación **407** para hacer circular un material de obturación dentro de un pozo. Opcionalmente, un sistema puede incluir una mezcladora **401** que ponga en contacto al menos una mezcla de cemento, retardador, polisacáridos, arcilla, con una base acuosa para formar un material de obturación.

Ejemplo 1

[0037] Se prepararon dos lotes de lechada de LCM. Los componentes enumerados en la Tabla 1 se mezclaron mediante el uso de una mezcladora Waring a 4000 rpm para formar las respectivas lechadas de ejemplo. La Lechada 1 incluyó Suspend HT™, un aditivo con polisacáridos reticulados con borato.

Tabla 1

Componente	Unidad	Lechada 1	Lechada 2
Cemento clase G	% de bwoc	100	100
Silicalite™ (sílice amorfa)	% de bwoc	32	32
Suspend HT™ (aditivo de polisacárido)	% de bwoc	3	-
Retardador de cemento Mirco Matrix®	gal/sk	0,9	0,9
Líquido Econolite™ (acelerador)	gal/sk	0,3	0,3
FDP-984 (arcilla)	% de bwow	1,5	1,5
Agua	gal/sk	34	34
D-Air 3000L™ (removedor de espuma)	gal/sk	0,1	0,1
NaOH	% de bwow	0,3	0,3

Las lechadas se evaluaron para determinar el comportamiento reológico y la resistencia de gel mediante el uso de un reómetro FANN® con un adaptador de límite elástico Fann (FYSA). Todas las pruebas se realizaron mediante el uso de API RP 10B-2. Los resultados de la prueba se resumen en la Tabla 2.

Tabla 2

Reología en FYSA	Lechada 1 80°F	Lechada 1 180°F	Lechada 2 80°F	Lechada 2 180°F
300	10	18	10	13
200	6	14	6	10
100	4	12	4	9
6	4	11	4	8
3	4	11	4	8
Resistencia de gel de 10 s (lbf/100 ft ²)	10	15	10	10
Resistencia de gel de 10 min (lbf/100 ft ²)	30	45	34	15

La resistencia de gel en 10 segundos de la Lechada 1 a 80°F fue similar a la de la Lechada 2, mientras que la de la Lechada 1 fue mayor que la de la Lechada 2 a 180°F. Sin embargo, la resistencia de gel de 10 minutos de la Lechada 1 a 180°F fue tres veces mayor que la de la Lechada 2.

[0038] Las lechadas también se evaluaron para determinar las propiedades indicativas del rendimiento en el campo. El resultado de la resistencia a la compresión (a 340°F) determinado mediante un analizador de cemento ultrasónico de acuerdo con el método API RP 10B-2 para la Lechada 1 se proporciona en la Figura 4. El resultado de la resistencia a la compresión para la Lechada 2 se proporciona en la Figura 5. La Lechada 1, con polisacáridos reticulados, alcanzó 50 psi varias horas antes que la Lechada 2. La Lechada 1 progresó hasta una resistencia de 100 psi y finalmente alcanzó una resistencia de 132 psi a las veinticuatro horas. La Lechada 2 no alcanzó los 100 psi, incluso después de veinticuatro horas.

[0039] Los resultados para el tiempo de espesamiento (a 320°F y 5000 psi) de acuerdo con el método API RP 10B-2 para la Lechada 1 se proporcionan en la Figura 6. El tiempo de espesamiento de la Lechada 2 se proporciona en la Figura 7. Se consideró que el criterio de valoración para el tiempo de espesamiento fue de 70 Bc (unidades de consistencia Bearden). La Lechada 1, con polisacáridos reticulados, fue más lenta que la Lechada 2 para alcanzar una consistencia de 70 Bc en condiciones de fondo de pozo de 320°F y 5000 psi.

[0040] Los resultados de la resistencia de gel estática (a 320°F y 5000 psi) según lo determinado por el tiempo requerido para la transición de 100 lbf/100 ft² a 500 lbf/100 ft² para la Lechada 1 se proporcionan en la Figura 8. La resistencia de gel estática de la Lechada 2 se proporciona en la Figura 9. La Lechada 1, con polisacáridos reticulados, desarrolló la resistencia de gel más rápido que la Lechada 2. La Lechada 1 progresó de 100 a 500 lbf/100 ft² diez minutos más rápido que la Lechada 2, aunque

el tiempo de espesamiento para la Lechada 2 fue menor que el de la Lechada 1. La Tabla 3 resume las pruebas de rendimiento de las Lechadas 1 y 2.

Tabla 3

Lechada	Tiempo de espesamiento	Resistencia a la compresión UCA			Tiempo de transición
	(h:min)	50 psi (h:min)	100 psi (h:min)	24 h (psi)	
1	04:37	04:44	06:41	132	30
2	03:23	11:07	--	90	40

Ejemplo 2

[0041] Se prepararon dos lotes de lechada de LCM, cada uno con un retardador diferente. Los componentes enumerados en la Tabla 4 se mezclaron mediante el uso del método sobre la marcha descrito en la Figura 2, donde la mezcla seca incluyó los primeros 3 componentes. Todas las lechadas incluyeron Suspend HT™, un aditivo con polisacáridos reticulados con borato.

Tabla 4

Componente	Unidad	Lechada 3	Lechada 4
Cemento clase G	% de bwoc	100	100
SSA-1™ (agente estabilizador)	% de bwoc	35	35
Silicalite™ (sílice amorfa)	% de bwoc	5	5
Líquido Silicalite™ (extensor)	gal/sk	2	2
Suspend HT™ (aditivo de polisacárido)	% de bwoc	3	3
Retardador de cemento SCR-724L™	gal/sk	0,5	-
Retardador de cemento HR®-14LM	gal/sk	-	0,5
Líquido Econolite™ (acelerador)	gal/sk	0,13	0,13
FDP-984 (arcilla)	% de bwow	1	1
Agua	gal/sk	34	34
D-Air 3000L™ (removedor de espuma)	gal/sk	0,1	0,1
NaOH	% de bwow	0,3	0,3

Las lechadas se evaluaron para determinar el comportamiento reológico y la resistencia de gel mediante el uso de un reómetro FANN® con un adaptador de límite elástico Fann (FYSA). Todas las pruebas se realizaron mediante el uso de API RP 10B-2. Los resultados de la prueba se resumen en la Tabla 5.

Tabla 5

Reología en FYSA	Lechada 3 80°F	Lechada 3 180°F	Lechada 4 80°F	Lechada 4 180°F
300	12	10	15	17
200	9	6	14	14
100	8	4	13	12
6	7	2	12	9
3	7	2	12	10
Resistencia de gel de 10 s (lbf/100 ft ²)	11	6	14	13
Resistencia de gel de 10 min (lbf/100 ft ²)	35	14	27	27

La resistencia de gel de 10 minutos de la Lechada 3 y la Lechada 4 a 80°F fueron similares entre sí.

[0042] Las lechadas también se evaluaron para determinar las propiedades indicativas del rendimiento en el campo. Los resultados de la resistencia a la compresión (a 340°F) según lo determinado mediante un analizador de cemento ultrasónico para la Lechada 3 se proporcionan en la Figura 10 y la resistencia a la compresión para la Lechada 4 se proporciona en la Figura 11. La Lechada 3 y la Lechada 4 desarrollaron, cada una, una resistencia a la compresión temprana, y ambas alcanzaron 100 psi en menos de ocho horas.

[0043] Los resultados para el tiempo de espesamiento (a 320°F y 5000 psi) para la Lechada 3 se proporcionan en la Figura 12. El tiempo de espesamiento de la Lechada 4 se proporciona en la Figura 13. Se consideró que el criterio de valoración para el tiempo de espesamiento fue de 70 Bc (unidades de consistencia Bearden) después de que las condiciones de cizallamiento fueran intermitentes. La Lechada 3 y la Lechada 4 mostraron un tiempo de espesamiento mayor de seis horas en condiciones de fondo de pozo de 320°F y 5000 psi.

[0044] Los resultados de la resistencia de gel estática (a 320°F y 5000 psi) según lo determinado por el tiempo requerido para la transición de 100 lbf/100 ft² a 500 lbf/100 ft² para la Lechada 3 se proporcionan en la Figura 14. La resistencia de gel estática de la Lechada 4 se proporciona en la Figura 15. La Lechada 3 y la Lechada 4 proporcionaron una resistencia de gel rápida. La Lechada 4 desarrolló resistencia de gel más rápido que la Lechada 3. La Lechada 4 progresó de 100 a 500 lbf/100 ft² tres minutos más rápido que la Lechada 3, la Tabla 6 resume las pruebas de rendimiento de las Lechadas 3 y 4.

Tabla 6

Lechada	Tiempo de espesamiento (h:min)	Resistencia a la compresión UCA		Tiempo de transición	
		50 psi (h:min)	100 psi (h:min)	Tiempo para 0 a 100 lbf/100 ft ² (min)	Tiempo para 100 a 500 lbf/100 ft ² (min)
3	>6	05:27	06:21	7	14
4	>6	06:19	07:24	4	11

Formas de realización ilustrativas de materiales y métodos adecuados.

[0045] Como se usa más adelante, cualquier referencia a métodos, materiales o sistemas debe entenderse como una referencia a cada uno de esos métodos, materiales o sistemas de manera disyuntiva (por ejemplo, “forma de realización ilustrativa 1-4” debe entenderse como “forma de realización ilustrativa 1, 2, 3 o 4”).

[0046] La forma de realización ilustrativa 1 es un material de obturación que comprende cemento hidráulico, sílice amorfa, polisacáridos, un retardador, arcilla y una base acuosa, en donde el material es inyectable en un pozo.

[0047] La forma de realización ilustrativa 2 es el material de acuerdo con cualquier forma de realización ilustrativa anterior o posterior, en donde los polisacáridos se reticularan.

[0048] La forma de realización ilustrativa 3 es el material de acuerdo con cualquier forma de realización ilustrativa anterior o posterior, en donde el retardador comprende al menos uno de un ácido organofosfórico, un polímero de estireno-anhídrido maleico sulfonado modificado, lignosulfonato o un ácido poliacrílico.

[0049] La forma de realización ilustrativa 4 es el material de acuerdo con cualquier forma de realización ilustrativa anterior o posterior, que comprende además al menos uno de una resina, un látex, un estabilizador, una puzolana, una microesfera, un superabsorbente acuoso, un agente viscosificante, un agente de suspensión, un agente dispersante, un extensor, una sal, un acelerador, un tensioactivo, un agente estimulante, un removedor de espuma, un agente de prevención de fraguado, un material densificante, un elastómero, una pizarra vitrificada, un aditivo de expansión, aditivos de control de migración de gas, un agente acondicionador de formación, un ácido o una base.

[0050] La forma de realización ilustrativa 5 es el material de acuerdo con cualquier forma de realización ilustrativa anterior o posterior, en donde el cemento hidráulico comprende al menos uno de cemento Portland, un cemento de puzolana, un cemento

de yeso, un cemento con alto contenido de alúmina, un cemento de escoria, un cemento con alto contenido de magnesia, un cemento de pizarra, un cemento ácido o base, un cemento de cenizas volantes, un sistema de cemento de zeolita, un sistema de cemento de polvo de horno, un cemento microfino, un metacaolín o una piedra pómez.

[0051] La forma de realización ilustrativa 6 es el material de acuerdo con cualquier forma de realización ilustrativa anterior o posterior, en donde la base acuosa comprende al menos una de agua dulce, agua salobre o agua salada.

[0052] La forma de realización ilustrativa 7 es el material de acuerdo con cualquier forma de realización ilustrativa anterior o posterior, en donde el pH de la base acuosa se ajusta con hidróxido de sodio.

[0053] La forma de realización ilustrativa 8 es el material de acuerdo con cualquier forma de realización ilustrativa anterior o posterior, en donde el material tiene una densidad de menos de alrededor de 12 libras por galón.

[0054] La forma de realización ilustrativa 9 es el material de acuerdo con cualquier forma de realización ilustrativa anterior o posterior, en donde el material tiene un tiempo de espesamiento de 70 Bc a 320°F y 5000 psi de al menos dos horas.

[0055] La forma de realización ilustrativa 10 es el material de acuerdo con cualquier forma de realización ilustrativa anterior o posterior, en donde el material tiene una resistencia de gel estática de 10 segundos de al menos 6 lbf/100 ft² a 180°F, y una resistencia de gel estática de 10 minutos de al menos 14 lbf/100 ft² a 180°F.

[0056] La forma de realización ilustrativa 11 es el material de acuerdo con cualquier forma de realización ilustrativa anterior o posterior, en donde el material tiene una resistencia de gel estática de 10 segundos de al menos 15 lbf/100 ft² a 180°F, y una resistencia de gel estática de 10 minutos de al menos 45 lbf/100 ft² a 180°F.

[0057] La forma de realización ilustrativa 12 es el material de acuerdo con cualquier forma de realización ilustrativa anterior o posterior, en donde el material tiene una resistencia a la compresión final superior a 100 psi a 340°F.

[0058] La forma de realización ilustrativa 13 es el material de acuerdo con cualquier forma de realización ilustrativa anterior o posterior, en donde el material el material pasa de 100 lbf/100 ft² a 500 lbf/100 ft² en 30 minutos o menos, a 320°F y 5000 psi.

[0059] La forma de realización ilustrativa 14 es el material de acuerdo con cualquier forma de realización ilustrativa anterior o posterior, en donde los polisacáridos están presentes en una cantidad de alrededor de 1 por ciento en peso de concreto a alrededor de 10 por ciento en peso de concreto.

[0060] La forma de realización ilustrativa 15 es el material de acuerdo con cualquier forma de realización ilustrativa anterior o posterior, en donde el retardador está presente en una cantidad de alrededor de 2 por ciento en peso de concreto a alrededor de 15 por ciento en peso de concreto.

[0061] La forma de realización ilustrativa 16 es el material de acuerdo con cualquier forma de realización ilustrativa anterior o posterior, en donde el material se puede colocar en el pozo para sellar sustancialmente una o más zonas permeables en el pozo y evitar una pérdida de circulación de los fluidos de perforación y lechadas de cemento a través de las zonas permeables.

[0062] La forma de realización ilustrativa 17 es un método que comprende proporcionar un material que comprende proporcionar un material que comprende cemento hidráulico, sílice amorfa, polisacáridos, un retardador, arcilla y una base acuosa; poner en contacto una zona de pérdida de circulación en un pozo con el material; y permitir que el material se fragüe en la zona de pérdida de circulación.

[0063] La forma de realización ilustrativa 18 es el método de acuerdo con cualquier forma de realización ilustrativa anterior o posterior, en donde el retardador comprende al menos uno de un ácido organofosfórico, un polímero de estireno-anhídrido maleico sulfonado modificado, lignosulfonato o un ácido poliacrílico.

[0064] La forma de realización ilustrativa 19 es el método de acuerdo con cualquier forma de realización ilustrativa anterior o posterior, en donde el material tiene un tiempo de espesamiento de 70 Bc a 320°F y 5000 psi de al menos dos horas.

[0065] La forma de realización ilustrativa 20 es el método de acuerdo con cualquier forma de realización ilustrativa anterior o posterior, en donde el material tiene una resistencia de gel estática de 10 segundos de al menos 6 lbf/100 ft² a 180°F, y una resistencia de gel estática de 10 minutos de al menos 14 lbf/100 ft² a 180°F.

Definiciones y descripciones

[0066] Las expresiones “divulgación”, “la divulgación”, “la presente divulgación”, “forma de realización”, “cierta forma de realización” y similares que se utilizan en la presente están destinadas a referirse ampliamente a todo el objeto de esta solicitud de patente y las reivindicaciones más adelante. Debe entenderse que las declaraciones que contienen estos términos no limitan el objeto que se describe en la presente o limitan el significado o alcance de las reivindicaciones de la patente más adelante. Las expresiones “que comprende”, “que tiene”, “que incluye” y “que contiene” deben interpretarse como expresiones abiertas (es decir, con el significado de “que incluye, entre otros”) a menos que se indique lo contrario. Se observa además que, como se

usa en esta memoria descriptiva, las formas singulares “un/una” y “el/la” incluyen referentes plurales a menos que se limiten expresa e inequívocamente a un referente.

[0067] A pesar de que los rangos numéricos y los parámetros que establecen el amplio alcance de la presente divulgación son aproximaciones, los valores numéricos establecidos en los ejemplos específicos se informan con la mayor precisión posible. Sin embargo, cualquier valor numérico contiene inherentemente ciertos errores que resultan necesariamente de la desviación estándar encontrada en sus respectivas mediciones de prueba. Además, debe entenderse que todos los intervalos divulgados en la presente abarcan todos y cada uno de los subintervalos incluidos en la presente. Por ejemplo, debe considerarse que un rango establecido de “1 a 10” incluye cualquiera y todos los subrangos entre (e incluso) el valor mínimo de 1 y el valor máximo de 10; es decir, todos los subrangos que comienzan con un valor mínimo de 1 o más, por ejemplo, de 1 a 6,1, y finaliza con un valor máximo de 10 o menos, por ejemplo, de 5,5 a 10. Además, cualquier referencia a la que se haga referencia como “incorporada en la presente” debe entenderse como incorporada en su totalidad.

[0068] En la presente divulgación se han descrito diversas formas de realización de la presente divulgación. Debe reconocerse que estas formas de realización son meramente ilustrativas de la presente divulgación. Las variaciones de esas formas de realización preferidas pueden ser evidentes para las personas del oficio de nivel medio tras leer la descripción anterior. Los inventores esperan que las personas del oficio de nivel medio empleen tales variaciones según sea apropiado, y los inventores pretenden que la presente divulgación se lleve a la práctica de manera diferente a como se describe específicamente en la presente. En consecuencia, esta divulgación incluye todas las modificaciones y equivalentes del objeto mencionado en las reivindicaciones adjuntas a esta según lo permita la ley aplicable. Además, cualquier combinación de los elementos descritos anteriormente en todas las posibles variaciones de estos está incluida en la presente divulgación a menos que se indique lo contrario o que el contexto lo contradiga claramente.

[0069] Debe entenderse que la presente descripción ilustra aspectos de la divulgación relevantes para una comprensión clara de la presente divulgación. Ciertos aspectos de la divulgación que serían evidentes para las personas del oficio de nivel medio y que, por lo tanto, no facilitarían una mejor comprensión de la divulgación, no se han presentado para simplificar la presente descripción. Si bien la presente divulgación se ha descrito en relación con determinadas formas de realización, la presente divulgación no se limita a las formas de realización particulares divulgadas, sino que

pretende cubrir modificaciones que están dentro del espíritu y alcance de la divulgación.