

HUMBERTO RUBIO & CIA.

ABOGADOS

Cra. 7 # 74 – 64 Oficina 506
Tel: (571) 3132408 – 3132423 - 3132410 - 3131759
Fax: (571) 3131647 - 3132367
E-mail: mail@rubiolawyers.com
Apartado Aéreo 21848
Bogota, D.C. -Colombia

Doctor

Jefe División de Nuevas Creaciones

José Luis SALAZAR LOPEZ

Superintendencia de Industria y Comercio

E. S. D.

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 10-035912- -00006-0000

Fecha: 2012-11-19 14:17:23 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 523 RESPUESTA Folios: 47

REF: Expediente No. 10-035912

Patente de Invención: "METODO PARA CEMENTAR UN POZO
MEDIANTE EL USO DE UNA
ESTRUCTURA ANULAR HINCHABLE"

PCT: PCT/GB2008/003536

Titular: HALLIBURTON ENERGY SERVICES INC.

RESPUESTA A REQUERIMIENTO

OFICIO No.15193 NOTIFICADO POR ESTADO DE 28 DE AGOSTO DE 2012

HUMBERTO RUBIO CAMACHO, mayor de edad, domiciliado en Bogotá, D.C., identificado con la cédula de ciudadanía número 17'192.062 de Bogotá, abogado graduado portador de la Tarjeta Profesional No. 50.007 expedida por el Consejo Superior de la Judicatura, actuando en carácter de Apoderado de HALLIBURTON ENERGY SERVICES INC., domiciliado en P.O. Box. 1431, Duncan, Oklahoma, Estados Unidos de America; encontrándome dentro de la debida oportunidad procesal para dar respuesta al auto proferido por su Despacho, mediante Oficio No.15193, notificado por fijación en lista 28 de agosto de 2012, me permito:

Manifiestar:

I. En el informe oficial emitido sobre la presente solicitud, se han formulado las objeciones que a continuación se resumen:

1. Reivindicaciones (Art 30 D 486, Art 22 PCT)

- Las Reivindicaciones 1 y 20 no están claras debido a que los resultados presentes a ser obtenidos "componente capaz de responder a una grieta formada

dentro del mismo después de a fracturación, para detener la fuga de fluido a través de dicha grieta”; lo cual no está permitido ya que dichas reivindicaciones podrían incluir no solamente la solución propuesta por el solicitante, sino todas las alternativas presentes o futuras para llegar a ese resultado.

- Las reivindicaciones 1, 5, 6, 7, 8,, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19 y 20 no están claras debido a que el efecto es el de un “elastómero dilatante en el cual se define una corona entre dicha sarta de tubería y una pared del orificio de pozo”, “componentes que pueden responder a la grieta”, “elastómero dilatante que se hincha por contacto con un fluido aceitoso”, “elastómero dilatante que se hincha por contacto con un fluido acuoso”, “elemento expansible”, “material expansible”, “material dilatante”, “material difusible”, “material/elastómero dilatante que se hincha por contacto con un fluido aceitoso”, el cual no está permitido. Las reivindicaciones deben ilustrar el método por medio de una secuencia de etapas técnicas y sus condiciones (materias primas, equipo, temperaturas, flujos, presiones, etc., mediante los cuales se transforma a un material en un producto o se obtiene un resultado. Las reivindicaciones que indican resultados, usos, ventajas o efectos son inaceptables.

- Las reivindicaciones 2 y 16 no están claras debido a que contienen términos vagos o sea “por lo menos”, “parcialmente”, empleados para definir la serie de varias características del método, los cuales deben ser eliminados. Estos términos no permiten que se establezca un intervalo fijo para cada una de las características técnicas, por lo cual no son precisos y por lo tanto no están claros, de modo que no pueden ser empleados para hacer una comparación con el Estado del Arte.

- Los términos “estructura anular”, “difusible”, un “componente que puede responder a una grieta” en las reivindicaciones 1, 5 a 14 y 20 son vagos y no están claros y dejan al lector dudoso acerca del significado de las características técnicas a las cuales se refieren, dando lugar a que no quede clara la definición del propósito de dichas reivindicaciones.

- Las reivindicaciones 1, 16 y 20 han sido redactadas como independientes. Sin embargo, reclaman la misma materia, por lo tanto, el capítulo reivindicatorio no es conciso.

- Se le sugiere al solicitante escribir las reivindicaciones de tal forma que deje en claro lo que es conocido en el estado de la técnica y las características que hacen que su invención sea nueva e inventiva.

- Las reivindicaciones dependientes de la reivindicación 1 que corresponde a un método, hacen relación a una composición de cemento como parte del método.

- Las reivindicaciones deben definir el objeto cuya protección se solicita; ser claras y concisas y sustentarse enteramente en la descripción.

- Se sugiere al solicitante que las reivindicaciones sean redactadas de tal manera que aclaren lo que se conoce como estado del arte y las características que hacen de su invención nueva e inventiva, precedidas por las palabras "caracterizado por", en tal forma que aclaren la contribución de sus invención al Estado del Arte.

2. Descripción (Art 28 D 486)

Durante la evaluación de claridad y suficiencia de la descripción, se sugiere hace la conversión de unidades "pulgadas", "pies" al Sistema Internacional de Unidades.

3. Determinación del Estado de Técnica

El Estado de la Técnica se determino con base en la fecha de presentación de la solicitud de prioridad: noviembre 9 de 2001 y se encontraron los siguientes documentos que anticipan el objeto de esta solicitud:

Ítem	Documento	Titulo	Fecha de Publicación
D1	US2005/0199401	System and Method to Seal Using a Swellable Material	15/Septiembre/2005
D2	US2004/0083058	Method for Selection of Cementing Composition	29/Abril/2004

Examen de Patentabilidad (Art 14 D486)

Nivel Inventivo

- La Reivindicación 1 consiste en un método de cementación que comprende: introducir una sarta de tubería en un orificio de pozo que define una corona entre dicha sarta de perforación y la pared del orificio de pozo, en el cual la estructura anular está acoplada a la sarta de tubería y en el cual dicha estructura anular comprende material dilatable; y bombear una composición de cemento hacia la corona; dicha composición de cemento comprende cemento, agua y un componente que puede responder a una grieta formada en su interior después de la fracturación, para interrumpir la fuga de fluido a través de dicha grieta.
- Se considera a los Documentos D1 y D2 similares al estado del arte de la invención definida en la reivindicación 1, debido a que describen métodos y composiciones para cementación subterránea.
- La diferencia entre la invención definida en la reivindicación 1 y el método de D1 consiste en el hecho de que la composición de cemento contiene cemento, agua y un componente que puede responder a una grieta formada en su interior después de la fracturación, para inhibir la fuga de fluido a través de dicha grieta.
- La diferencia entre la invención definida en la reivindicación 1 consiste en introducir una sarta de tubería en un orificio de pozo que define una corona entre dicha sarta y la pared del orificio de pozo, en la cual la estructura anular está acoplada a la sarta de tubería y en la cual dicha estructura anular comprende material dilatable; y bombear una composición de cemento hacia la corona.
- El efecto logrado al incluir la composición de cemento que contiene cemento, agua y un componente capaz de responder a una grieta formada en su interior después de la fracturación, es que sella a la zona subterránea, mantiene intacto al entubado de cemento y la separación por zonas bajo condiciones que pueden presentarse mientras dure un pozo.
- Por lo tanto, el problema técnico objetivo que está tratando de resolver esta invención puede ser planteado así: cómo se puede modificar al método D1 para

sellar una zona subterránea, al mismo tiempo que se mantiene intactos al entubado de cemento y la separación por zonas para hacerlos más eficientes?

- Sin embargo, se ha descrito en el documento D2 el uso de una composición de cemento que contiene cemento, agua y un componente capaz de responder a una grieta formada en su interior después de la fracturación, a fin de inhibir la fuga de fluido a través de dicha grieta para conservar la integridad y la separación por zonas, el cual se refiere a un método para seleccionar una composición de cemento destinada a sellar una zona subterránea. La composición de cemento contiene cemento, agua y un componente capaz de responder a una grieta formada en dicha composición, después del ajuste para inhibir el paso de fluido a través de dicha grieta (figuras 9-10, página 3, párrafo 44; página 4, párrafo 52; página 4, párrafos 56, 60 y 61). Se debe observar que la composición de cemento proporciona integridad y separación por zonas, en respuesta a una grieta formada en una composición de cemento después del ajuste para inhibir la fuga de fluido a través de la grieta.
- Como una consecuencia, un experto en el arte podría incluir a la composición de cemento que contiene cemento, agua y un componente capaz de responder a una grieta formada en su interior después de la fracturación de D2 en el método D1 para lograr el propósito de la reivindicación 1 de la solicitud, lo cual podría parecer evidente.

Conclusión:

La reivindicación 1 de Patentabilidad de la presente solicitud están afectados así:

Item	Documento	Reivindicaciones afectadas	Requisito que afecta
D1	US2005/0199401	1-15	Nivel Inventivo
D2	US2004/0083058	1-15	Nivel Inventivo

2.- EN CONTESTACIÓN A LAS OBJECIONES ANTERIORES, MANIFESTAMOS LO SIGUIENTE:

a.- De las reivindicaciones

- Acompañamos a esta respuesta un nuevo juego de reivindicaciones (1-20), todas sustentadas en el contenido de la solicitud originalmente presentada, el cual no ha sido ampliado en modo alguno.

- Se ha enmendado las Reivindicaciones 1 y 18 a fin de remplazar la frase objetada por un "componente auto-sellador destinado a sellar una grieta formada en la composición [cemento/cemento efectivo seleccionado] una vez ha endurecido esa composición [cemento/cemento efectivo seleccionado]", tal como se indica en el grupo anexo de reivindicaciones enmendadas. Creemos que esta enmienda superará las objeciones del Examinador".

- Se ha enmendado las reivindicaciones 1 a 18 para que lean: un "componente auto-sellador destinado a sellar una grieta formada en la composición [cemento/cemento efectivo seleccionado] una vez que la misma ha endurecido", tal como se ilustra en el grupo anexo de reivindicaciones. Además, se ha enmendado las reivindicaciones 1 a 18 para que lean: la "estructura anular está adaptada para sellar un espacio formado entre la [composición de cemento/envoltura de cemento] y la sarta de tubería". Estas enmiendas son compatibles con las reivindicaciones permitidas en el caso correspondiente de los Estados Unidos (Patente de los Estados Unidos No. 8.240.377) y creemos que estas enmiendas contradicen el rechazo del Examinador, describiendo la forma en que el componente "auto-sellador" puede sellar a la grieta y la forma en que la "estructura anular" (y así los componentes que puede comprender dicha estructura anular) puede sellar al espacio entre la composición de cemento/envoltura de cemento y la sarta de tubería.

- En cuanto a los términos "por lo menos", "parcialmente" se han eliminado del capítulo reivindicatorio.

- Con respecto a los términos "estructura anular", "difusible", un "componente que puede responder a una grieta", se han enmendado las reivindicaciones para que lean: la estructura anular tiene "una forma sólida antes de ser introducida en el orificio de pozo" y que la estructura anular "está adaptada para sellar un espacio

entre la composición de [cemento/envoltura de cemento] y la sarta de tubería", tal como se indica en el grupo anexo de reivindicaciones enmendadas. Con respecto al término "estructura anular" el Solicitante respetuosamente considera que este término es suficientemente claro.

- Se han anulado los términos "capaz de responder a la grieta", así como frases similares, en las reivindicaciones respectivas. Igualmente, el solicitante respetuosamente considera que el término "difusible" es suficientemente claro. Por tanto enmendados los términos se consideran que no se requieren enmiendas adicionales.

- El examinador indica que las reivindicación 1, 16 y 20 han sido redactadas en forma independiente. Se han modificado según sugiere el examinador, es decir, las reivindicaciones se han redactado de forma que se deje claro lo que es conocido en estado de la técnica y las características que hacen que la invención sea nueva e inventiva, redactándose de manera independientes y dependientes según sea el caso, cumpliéndose así con el requisito de claridad de acuerdo con el artículo 30 de la D486.

b- Descripción

Teniendo en cuenta las observaciones del examinador se han convertido las "pulgadas", "pies" a unidades del Sistema Internacional de Unidades., por tanto se han remplazado las páginas 25, 27 y 28.

c.- Nivel Inventivo:

Con las limitaciones introducidas en las nuevas reivindicaciones aquí presentadas, respetuosamente consideramos que la invención ha quedado claramente distinguida a partir del documento del estado de la técnica citado D1 y D2. Al respecto debemos comentar que con el nuevo capítulo reivindicatorio en especial con la nueva reivindicación independiente 1 la presente invención no se ve afectada por D1 y D2

Particularmente, observamos la ausencia, que D1 falla al describir la "composición de cemento que contiene cemento, agua y un componente capaz de responder a una grieta formada en dicha composición después de su fraguación,

para inhibir el paso de fluido a través de la grieta". Si bien la Acción Oficial asevera que D2 describe esta característica, una lectura minuciosa de dicho documento revela que no se describe una composición de cemento que contenga un componente auto-sellador. En su lugar, el citado documento D2 describe simplemente composiciones convencionales de cemento carentes de componentes auto-selladores. En consecuencia, D2 tampoco describe esta característica. Por lo tanto, la combinación de D1 y D2 no puede establecer que cada limitación de la reivindicación independiente 1 enmendada era conocida en el arte anterior. Por lo tanto, los Solicitantes aseveran respetuosamente que la reivindicación independiente 1 y sus reivindicaciones subordinadas no se hacen evidentes mediante la combinación de D1 y D2.

Como se indicó anteriormente, la combinación de D1 y D2 no puede establecer que cada limitación de la reivindicación 1 independiente enmendada era conocida en el arte anterior. Por lo tanto, los Solicitantes aseveran respetuosamente que la reivindicación independiente 1 y sus reivindicaciones subordinadas no quedan evidentes mediante la combinación de D1 y D2. Se debe observar que las reivindicaciones 2, 8, 10 y 14 han sido anuladas aquí.

Aún más, la invención proporciona un método que no era conocido, y los documentos previos no anticipan o sugieren las nuevas reivindicaciones modificadas.

Por todo lo anteriormente argumentado solicito que, sobre la base de las nuevas reivindicaciones que aquí se adjuntan, se proceda a la concesión de la patente correspondiente.

Teniendo en cuenta lo expuesto consideramos que la presente solicitud es novedosa tiene nivel inventivo, las nuevas reivindicaciones definen la materia que se desea proteger siendo claras, concisas y debidamente sustentadas en la descripción y no está comprendida en el estado de la técnica, conforme lo establece el Art. 14, 16 y 30 de la Decisión 486.

ANEXO:

- (i) Capitulo reivindicatorio.
- (ii) Nuevo Capitulo Descriptivo, por medio del cual se han remplazado las paginas 25, 27 y 28.

PETICIÓN:

Conforme a lo anterior, una vez atendidos los requerimientos y exigencias del examinador y al tener en cuenta el nuevo capítulo de reivindicaciones que se presenta, así como los argumentos expuesto, solicito muy respetuosamente a su Despacho, continuar el trámite de rigor y de ser el caso se hagan las correspondientes observaciones con al ánimo de hacer lo pertinente dentro del presente trámite, teniendo en cuenta que la presente solicitud cumple con las exigencias establecidas en la D486

Atentamente,



HUMBERTO RUBIO CAMACHO

C.C. 17'192.062 de Bogotá

**T.P. 50.007 Consejo Superior
de la Judicatura**

COD. 4134

REIVINDICACIONES

1. Un método de cementación que comprende:

5

seleccionar una composición de cemento tomando como base un análisis de los incidentes del pozo;

determinar las características del pozo;

10

determinar los eventos del pozo;

determinar los datos del cemento para cada composición de cemento de un grupo de las mismas;

determinar el riesgo de la falla del cemento de las composiciones efectivas de cemento;

15

determinar las diferencias totales máximas de esfuerzo para cada composición de cemento del grupo de tales composiciones, utilizando los datos del cemento;

20

determinar las composiciones efectivas de cemento a partir del grupo de las mismas, caracterizado porque la determinación comprende comparar las características del pozo y las diferencias totales máximas de esfuerzo para los datos del cemento, a partir de cada composición de cemento del grupo de

25

composiciones de cemento;

seleccionar una de las composiciones efectivas de cemento, caracterizado porque la composición efectiva de cemento seleccionado contiene cemento, agua y un componente auto-sellador para sellar una grieta formada en la composición efectiva de cemento seleccionada una vez que la misma ha endurecido;

30

introducir una sarta de tubería y una estructura anular en un orificio de pozo a fin de definir una corona entre la sarta de tubería y una pared del orificio de pozo, caracterizado porque la estructura anular que tiene una forma sólida antes de

35

ser introducida en el orificio de pozo se acopla a la sarta de tubería y comprende un material expansible; e

introducir la composición de cemento en la corona; dicha
5 composición de cemento contiene cemento, agua y un componente auto-sellador para sellar una grieta formada en la composición de cemento una vez que se ha endurecido y caracterizado porque la estructura anular está adaptada para sellar un espacio formado entre la composición de cemento y la sarta de tubería.

10 dejar que endurezca la composición efectiva de cemento seleccionada en la corona a fin de formar una envoltura de cemento

caracterizado porque la estructura anular está adaptada
15 para sellar un espacio formado entre la envoltura de cemento y la sarta de tubería

caracterizado porque una estructura anular es un elemento obturador dilatable.

20 2. El método, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la selección de la composición de cemento comprende la determinación a una diferencia máxima total de esfuerzo para la misma, empleando datos de dicha composición de cemento.

25 3. El método, de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque la selección de la composición de cemento comprende la comparación de las características del pozo y la diferencia total máxima de esfuerzo.

30 4. El método, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el componente auto-sellador comprende un componente seleccionado a partir del grupo que consiste de: un elastómero dilatable, una partícula de cemento encapsulado y
35 cualquier combinación de los mismos.

5. El método, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el componente **auto-sellador** comprende un

elastómero dilatante seleccionado a partir de un grupo que comprende: goma natural, acrilato butadieno, goma poliacrilato, goma isopreno, goma cloropreno, goma butilo, goma butilo bromurada, goma butilo clorurada, polietileno clorurado, goma neopreno, goma estireno butadieno, polietileno sulfonato, goma etileno acrilato, goma etileno-propileno de copolímero óxido de etileno-epiclorhidreno, goma de terpolímero etileno-propileno-dieno, copolímero de acetato vinílico-acrilato, goma de flúor silicona, goma de silicona, polinorborneno, alquil estireno, un vinil acrilato reticulado, copolímero sustituido; goma nitrilo hidrogenada, gomas de flúor, goma perfluorurada, tetraflúor etileno/propileno; copolímero de injerto de almidón-ácido poliacrilato, copolímero de injerto de alcohol polivinílico-anhidrido de ácido cíclico; polímeros del tipo de óxido de polietileno; vinil acetato; polímeros de óxido de polietileno; polímeros del tipo de carboxi metil celulosa; copolímeros de injerto almidón-poliacrilonitrilo; polimetacrilato; poli-acrilamida; polímero acrílico insoluble y cualquier combinación de los mismos

20

6. El método, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el componente auto-sellador comprende un elastómero dilatante que se hincha por contacto con un fluido seleccionado a partir del grupo que consiste en: un fluido oleaginoso, un fluido acuoso y cualquier combinación de los mismos.

25

7. El método, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el componente auto-sellador comprende un elastómero dilatante presente en una escala entre 0,5 hasta 50% en peso del cemento presente en la composición de cemento.

30

8. El método, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la estructura anular está unida a una superficie externa de la sarta de tubería.

35

9. El método, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la estructura anular comprende un par de

anillos y un elemento expansible de forma anular situado entre el par de anillos; caracterizado porque el elemento expansible de forma anular comprende el material expansible.

5 10. El método, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el material expansible comprende un material seleccionado a partir de un grupo que consiste en: un material dilatable, un material difusible y cualquier combinación de los mismos.

10

11. El método, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque una o más estructuras anulares adicionales que forman el material expansible se encuentran espaciados a lo largo de la sarta de tubería.

15

12. Un método de cementación que comprende:

seleccionar una composición de cemento tomando como base un análisis de incidentes de un pozo; dicha composición de
20 cemento contiene cemento, agua y un elastómero dilatable;

introducir una sarta de tubería en un orificio de pozo a fin de definir una corona entre la sarta de tubería y la pared del orificio de pozo, caracterizado porque varias estructuras anulares están espaciadas a lo largo de la sarta de tubería; y
25 caracterizado porque cada una de las estructuras anulares tienen una forma sólida y comprende un material dilatable que es un componente auto-sellador destinado a sellar una grieta formada en la composición de cemento una vez que la misma ha endurecido, y se hincha por contacto con un fluido oleaginoso;

30

introducir una composición de cemento en la corona; y
dejar que endurezca la composición de cemento en la corona; y

caracterizado porque la estructura anular está adaptada
35 para sellar un espacio formado entre la composición de cemento y la sarta de tubería.

13. El método, de acuerdo con la reivindicación 12, caracterizado porque la selección de la composición de cemento comprende: determinar una diferencia total máxima de esfuerzo para dicha composición, utilizando los datos procedentes de la misma; y comparar las características de pozo y la diferencia total máxima de esfuerzo.

14. El método, de acuerdo con la reivindicación 12, caracterizado porque el elastómero dilatante se hincha por contacto con un fluido oleaginoso.

15. El método, de acuerdo con la reivindicación 12, caracterizado porque la estructura anular comprende un par de anillos y un elemento expansible de forma anular situado entre dicho par de anillos; caracterizado porque el elemento expansible de forma anular comprende al material expansible.

16. El método, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el componente auto-sellador comprende un componente seleccionado a partir del grupo de componentes que consisten en: un elastómero dilatante, una partícula de cemento encapsulado y cualquier combinación de los mismos.

17. El método, de acuerdo con la reivindicación 1, comprendiendo además dejar que la composición de cemento forme una envoltura de cemento;

caracterizado porque el componente auto-sellador puede inhibir el paso de fluido a través de una estructura de falla en la envoltura de cemento; caracterizado porque la estructura de falla comprende una estructura seleccionada a partir de un grupo que consiste en: una fractura, una grieta, una micro-corona y cualquier combinación de las mismas.

18. El método, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el componente auto-sellador puede inhibir el paso de fluido a través de una estructura de falla en la envoltura de cemento; caracterizado porque la estructura de

falla comprende una estructura seleccionada a partir de un grupo que consiste en: una fractura, una grieta, una micro-corona y cualquier combinación de las mismas.

**MÉTODO PARA CEMENTAR UN POZO MEDIANTE EL USO DE UNA ES-
TRUCTURA ANULAR HINCHABLE**

ANTECEDENTES

La presente invención se refiere a cementación subte-
rránea y, más específicamente, en una o más formas, a la
integración de elementos de análisis, auto-sellado y obtu-
rador expansible para mejorar la confiabilidad del sello
anular.

Se puede utilizar composiciones de cemento en una va-
riedad de aplicaciones subterráneas. Por ejemplo, en la
construcción de pozos, se puede introducir una carta de
tubería (por ejemplo, entubado, forros, elementos tubula-
res expansibles, etc.) en un orificio de pozo y se los ce-
menta en su sitio. El proceso de cementación de la sarta
de tubería en su sitio es referido comúnmente como "ce-
mentación primaria". En un método típico de cementación
primaria, se puede bombear una composición de cemento ha-
cia una corona entre las paredes del orificio de pozo y la
superficie externa de la sarta de tubería allí dispuesta.
La composición de cemento debe fraguar en el espacio anu-
lar, formando así una envoltura anular de cemento endure-
cido esencialmente impermeable (o sea, una cubierta de ce-
mento) que puede sostener y situar a la sarta de tubería
en el orificio de pozo y puede unir la superficie externa
de la sarta de tubería a la formación subterránea. Entre
otras cosas, la cubierta de cemento que rodea a la sarta

de tubería funciona para formar un sello anular para evitar la migración de los fluidos en la corona, así como también para proteger a la sarta de tubería contra la corrosión.

5 Una vez fraguada, la cubierta de cemento puede ser sometida a una variedad de esfuerzos cíclicos de corte, tensión, impacto, flexión y/o compresión que pueden conducir a la falla de la misma. Tal falla puede ser el resultado de fracturas, grietas y/o separación de la cubierta
10 de cemento desde la sarta de tubería y/o desde la formación. En forma indeseable, la falla de la cubierta de cemento puede conducir a la pérdida de aislamiento de la zona dando como resultado, por ejemplo, la migración indeseable de los fluidos entre las zonas de la formación. Esto
15 puede conducir a consecuencias indeseables tales como pérdida de la producción, operaciones costosas de solución, contaminación ambiental, operaciones peligrosas de la torre de perforación como consecuencia de paso de fluido inesperado desde la formación, causado por la pérdida
20 del aislamiento zonal y/u operaciones peligrosas de producción. Además, la falla de la cubierta de cemento puede ser causada también por fuerzas ejercidas por desplazamientos en las formaciones subterráneas que rodean al orificio de pozo, erosión del cemento e impactos repetidos
25 desde la barrena de perforación y el tubo de perforación.

RESUMEN

La presente invención se refiere a cementación subterránea y, más específicamente, en una o más formas, a la integración de elementos de análisis, auto-sellado y obturador dilatable para mejorar la confiabilidad de un sello anular.

En una forma, la presente invención proporciona un método de cementación que comprende: introducir una sarta de tubería en un orificio de pozo a fin de definir un espacio anular entre la sarta de tubería y la pared de dicho orificio de pozo, en el cual se acopla una estructura anular a la sarta de tubería y en el cual tal estructura anular comprende un material expansible; y la introducción de una composición de cemento en el espacio anular; la composición de cemento contiene cemento, agua y un componente capaz de responder a una grieta formada en la composición de cemento después del fraguado, para inhibir el paso de fluido a través de la grieta.

En una forma, la presente invención proporciona un método de cementación que comprende: seleccionar una composición de cemento, tomando como base por lo menos parcialmente un análisis de los incidentes del pozo, en el cual la composición de cemento contiene cemento, agua y un elastómero dilatable; introducir una sarta de tubería en un orificio de pozo de modo que se defina un espacio anular entre la sarta de tubería y la pared del orificio de pozo, en el cual existen varias estructuras anulares espaciadas a lo largo de la sarta de tubería y en el cual

19

cada una de las estructuras anulares comprende un material dilatable que se expande por contacto con un fluido oleaginoso; introducir a la composición de cemento en el espacio anular; y dejar que endurezca la composición de cemento en el espacio anular.

En una forma, la presente invención proporciona un método de cementación que comprende: determinar las características del pozo; determinar los eventos del pozo; determinar datos del cemento para cada composición de cemento de un grupo de composiciones de cemento; determinar las diferencias máximas totales de esfuerzo para cada composición de cemento del grupo de composiciones de cemento, utilizando los datos de este último; determinar las composiciones efectivas de cemento a partir del grupo de las mismas, donde la determinación comprende comparar las características del pozo y las diferencias máximas totales de esfuerzo con los datos del cemento de cada composición perteneciente al grupo de composiciones de cemento; determinar el riesgo de falla del cemento para cada una de las composiciones efectivas de cemento; y seleccionar una de las composiciones efectivas de cemento, donde la composición efectiva de cemento seleccionada contiene cemento, agua y un componente capaz de responder a una grieta formada en la composición efectiva de cemento después de su fraguado, a fin de inhibir el paso de fluido a través de dicha grieta; introducir una sarta de tubería en un orificio de pozo a fin de definir un espacio anular entre dicha sarta de tubería y una pared del orificio de pozo, en

19

el cual la estructura anular está acoplada a la sarta de tubería; y en el cual la estructura anular comprende un material expansible; introducir en el espacio anular a la composición efectiva de cemento seleccionada; y permitir
5 que la composición efectiva de cemento seleccionada endurezca en el espacio anular.

Las características y ventajas de la presente invención serán fácilmente evidentes para los expertos en el arte; si bien estos últimos pueden realizar numerosos cambios, los mismos caen dentro del espíritu de la invención.
10

BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

Estos dibujos ilustran ciertos aspectos de las formas de la presente invención y no deben ser utilizados para limitar o definir a la misma.

15 La figura 1 es un flujograma que ilustra un método para elegir una composición de cemento, tomando como base por lo menos un análisis de los incidentes del pozo sobre el sello anular, de acuerdo con formas de la presente invención.

20 Las figuras 2 y 3 ilustran elementos de obturador dilatatable dispuestos sobre una sarta de tubería, de acuerdo con formas de la presente invención.

La figura 4 ilustra una sarta de tubería que está dispuesta en un orificio de pozo e incluye un elemento obturador dilatatable colocada en dicha sarta, de acuerdo con
25 formas de la presente invención.

Las figuras 5 y 6 ilustran la expansión de un elemento obturador dilatable para sellar una corona entre una sarta de tubería y una cubierta de cemento.

DESCRIPCION DE LAS FORMAS PREFERIDAS

5 La presente invención se refiere a cementación subterránea y, más específicamente, en una o más formas, a la integración de elementos de análisis, auto-sellado y obturador dilatable para mejorar la confiabilidad de un sello anular. Una de las muchas ventajas de la presente invención consiste en que la integración de los elementos de análisis, auto-sellado y obturador dilatable debe dar como resultado un sello anular más confiable que el obtenido previamente. En realidad, se cree que los efectos sinérgicos obtenidos a partir de la integración de los elementos de análisis, auto-sellado y obturador dilatable deben dar como resultado un sello anular mejorado, en comparación al uso separador de cualesquiera de tales elementos. Además, se puede obtener los efectos sinérgicos anulares mediante la integración de dos o más de estos elementos, tal como mediante la integración de los elementos de auto-sellado y obturador dilatable.

De acuerdo con formas de la presente invención, un elemento para mejorar la confiabilidad de un sello anular comprende seleccionar una composición de cemento tomando como base por lo menos un análisis de los incidentes del pozo, tales como operaciones del mismo, sobre el sello anular. Mediante el análisis de estos incidentes del pozo, se puede elegir una composición de cemento que debe

tener mayor capacidad para soportar estos incidentes del pozo y, así, mantener un sello anular. De acuerdo con formas de la presente invención, otro elemento para mejorar la confiabilidad de un sello anular comprende incluir un componente auto-sellable en la composición de cemento. Entre otras cosas, el componente auto-sellable debe ser capaz de responder a un grieta en el revestimiento de cemento para inhibir el paso de fluido a través de la grieta. Por lo tanto, el componente auto-sellable puede prevenir la pérdida del aislamiento zonal a pesar de la formación de grietas en el revestimiento de cemento y/o micro-corona entre dicha envoltura y la sarta de tubería o formación. De acuerdo con las formas de la presente invención, otro elemento para mejorar la confiabilidad de un sello anular comprende disponer un elemento obturador dilatatable sobre la sarta de tubería. Entre otras cosas, el elemento obturador dilatatable puede prevenir la pérdida de aislamiento zonal mediante expansión para sellar una corona entre el elemento obturador dilatatable y el revestimiento de cemento cuando entra en contacto con el fluido en ese espacio.

Como se indicó anteriormente, un elemento para mejorar la confiabilidad de un sello anular comprende elegir una composición de cemento basada en por lo menos un análisis de los incidentes del pozo, tales como operaciones del pozo, que pueden ocurrir durante la vida del mismo sobre el sello anular. Mediante el análisis de estos incidentes del pozo, se puede elegir una composición de cemen-

to que puede presentar propiedades mecánicas suficientes para soportar los incidentes del pozo, manteniendo así potencialmente el aislamiento zonal mientras dure el pozo. Las consideraciones adicionales al elegir la composición de cemento incluyen, por ejemplo, la preocupación de que la composición de cemento sea estable bajo las condiciones del fondo de pozo y resista a las sustancias químicas que se encuentran en el mismo. En la Patente Norteamericana No. 6.697.738 se describe una técnica ejemplar para elegir una composición de cemento; la descripción de tal patente se incorpora aquí a modo de referencia.

Refiriéndonos ahora a la figura 1, se ilustra un flujoograma que ilustra una forma de un método para elegir una composición de cemento, basado en por lo menos un análisis de los incidentes del pozo referidos generalmente con el número 10. En una forma, el método 10 puede comprender la determinación de las características del pozo para un pozo particular, ilustrado en el bloque 12; determinación de los incidentes del pozo aplicables al pozo, ilustrado en el bloque 14; determinación de las composiciones efectivas de cemento, ilustradas en el bloque 16; determinación de los parámetros de riesgo para cada una de las composiciones efectivas de cemento, ilustradas en el bloque 18; y elección de las composiciones efectivas de cemento, ilustradas en el bloque 20.

En el bloque 12, se puede determinar las características para un pozo particular, de acuerdo con las formas de la presente invención. Las características del pozo in-

cluyen parámetros de un pozo rutinariamente mensurables o calculables incluyendo, pero sin limitarse a, profundidad vertical del pozo, gradiente de la capa de recubrimiento, presión de poro, esfuerzos horizontales máximo y mínimo, tamaño del orificio, diámetro externo del entubado, diámetro interno del entubado, densidad del fluido de perforación, densidad deseada de la lechada de cemento para bombeo, densidad de fluido de terminación y tope de cemento. Como se verá detalladamente con referencia al bloque 14, el pozo puede ser modelado por computadora. En el modelado, el estado de esfuerzo en el pozo al final de la perforación y antes de que la lechada de cemento sea bombeada hacia el espacio anular, afecta al estado de esfuerzo para el límite de interconexión entre la roca y la composición de cemento. Así, se evalúa el estado de esfuerzo en la roca con el fluido de perforación y se utiliza las propiedades de la roca tales como el módulo de Young, relación de Poisson y parámetros de rendimiento para analizar el estado de esfuerzo de la roca. Los expertos en el arte conocen estos términos y sus métodos de determinación. Se comprenderá que variarán los datos de entrada del pozo entre pozos individuales.

En el bloque 14, se puede determinar los incidentes para un pozo particular, de acuerdo con las formas de la presente invención. Ejemplos de incidentes de pozo incluyen pero no están limitados a hidratación del cemento, prueba de presión, terminaciones del pozo, fracturación hidráulica, producción de hidrocarburo, inyección de flui-

do, perforación, taladrado subsiguiente, movimiento de la formación como resultado de la producción de hidrocarburos a altos regimenes a partir de la formación no consolidada y movimiento tectónico una vez que la composición de cemento ha sido bombeada hacia el sitio. Los eventos del pozo incluyen aquellos eventos que con seguridad ocurren durante la vida del pozo, tal como hidratación del cemento, y aquellos eventos cuya ocurrencia se pronostica fácilmente durante la vida del pozo, de acuerdo con un sitio particular del pozo, tipo de roca y otros factores bien conocidos en el arte.

Los expertos en el arte, con la ayuda de esta descripción, apreciarán que cada incidente de pozo está asociada con cierto tipo de esfuerzo, por ejemplo: la hidratación de cemento está asociada con encogimiento; la prueba de presión está asociada con presión; las terminaciones de pozo, fracturación hidráulica y producción de hidrocarburo están asociadas con presión y temperatura; la inyección de fluido está asociada con temperatura; el movimiento de la formación está asociado con carga; y la perforación y taladrado subsiguiente están asociados con carga dinámica. Por lo tanto, cada tipo de esfuerzo puede ser caracterizado mediante una ecuación para el estado de esfuerzo, referido aquí como "estados de esfuerzo del evento de pozo".

En general, el estado de esfuerzo de una composición de cemento tanto antes como después de la hidratación, puede tener impacto sobre la integridad a largo plazo de

el revestimiento de cemento. Entre otras cosas, la integridad de el revestimiento de cemento puede depender el encogimiento y del módulo de Young de la composición de cemento. Se puede determinar el estado de esfuerzo de la composición de cemento tanto antes como después de la hidratación. Ya que se desarrolla la rigidez elástica de la composición de cemento en paralelo con el proceso de encogimiento, se puede calcular la diferencia máxima total del esfuerzo de una composición de cemento, utilizando la siguiente fórmula:

$$\Delta\sigma_{sh} = k \int_{\epsilon_{sh0}}^{\epsilon_{shmax}} E_{(t,\epsilon_{sh})} \cdot d\epsilon_{sh}$$

en la cual $\Delta\sigma_{sh}$ es la diferencia de esfuerzo máximo debido al encogimiento; k es un factor que depende de la relación de Poisson y las condiciones límite; $E_{(t,\epsilon_{sh})}$ es el módulo de Young del cemento dependiendo del avance del proceso de encogimiento; y ϵ_{sh} es el encogimiento en un tiempo (t) durante el fraguado o endurecimiento.

Los expertos en el arte, con la ayuda de esta descripción, apreciarán que la integridad de el revestimiento de cemento durante los subsiguientes incidentes de pozo, está asociada con el estado de esfuerzo inicial de la composición de cemento. Se puede utilizar experimentos de resistencia a la tensión, pruebas experimentales triaxiales no confinadas y confinadas, pruebas hidrostáticas y con odómetro para definir el comportamiento de las diferentes composiciones de cemento y, por lo tanto, las pro-

propiedades de el revestimiento resultante de cemento. Tales mediciones experimentales son complementarias a las pruebas convencionales tales como resistencia a la compresión, porosidad y permeabilidad. A partir de las mediciones experimentales, se conocen o se determinan fácilmente (colectivamente "los datos del cemento") el módulo de Young, Relación de Poisson y parámetros de deformación tales como los parámetros plásticos de Mohr-Coulomb (o sea, ángulo de fricción interna, " θ ", y cohesividad, " c "). Los parámetros de deformación pueden ser calculados a partir de otros modelos apropiados de material tales como Drucker Prager, Modified Cap y Egg-Clam-Clay. Por supuesto, la presente forma puede ser aplicada a cualquier composición de cemento, ya que se puede medir las propiedades físicas, y se determinan los datos del cemento.

En el bloque 16, se puede determinar las composiciones efectivas de cemento a partir de un grupo de composiciones de cemento, de acuerdo con las formas de la presente invención. En ciertas formas, se puede comparar las características del pozo y los estados de esfuerzo de evento del pozo, con los datos del cemento para cada una de las composiciones de cemento a fin de determinar el efecto de los incidentes del pozo sobre la integridad de el revestimiento de cemento durante la vida del pozo, para cada una de las composiciones de cemento. En esta forma, se puede determinar las composiciones de cementado que podrían ser efectivas para sellar a la zona subterránea y su capacidad a partir de su límite elástico. En una forma,

se puede utilizar el Análisis de Elemento Finito para evaluar la integridad de el revestimiento de cemento durante la vida del pozo. Un ejemplo de un programa de software que puede lograr esto es el programa WELLLIFE, disponible en Halliburton Energy Services, Duncan, Oklahoma. El programa de software WELLLIFE está incorporado en el programa de Análisis de Elemento Finito DIANA, disponible en TNO Building and Construction Research, Delft, Holanda. Para la comparación, se supone que todas las composiciones de cemento se comportan linealmente siempre y cuando no se exceda su resistencia a la compresión o resistencia al corte por compresión. El modelado de material adoptado para el cemento no dañado es un modelo Hookean delimitado por grietas de fricción en tensión y Mohr-Coulomb en el corte por compresión. En el modelo de material se incluyen el encogimiento y expansión (cambio de volumen) de las composiciones de cemento. La etapa 16 puede concluir mediante la determinación de cuáles composiciones de cemento podrían ser efectivas para mantener la integridad de el revestimiento de cemento resultante mientras dure el pozo.

En el bloque 18, se puede determinar los parámetros de riesgo para cada una de las composiciones efectivas de cemento, de acuerdo con las formas de la presente invención. Por ejemplo, aún cuando se considere efectiva a una composición de cemento, una composición de cemento puede ser más efectiva que otra. En una forma, se puede calcular los parámetros de riesgo como porcentajes de la compe-

tencia del cemento durante la determinación de la efectividad en el bloque 16.

En el bloque 20, se puede elegir una de las composiciones efectivas de cemento para uso en la cementación del pozo. En ciertas formas, los parámetros de riesgo determinados en el bloque 28 permiten la realización de un análisis de costo-beneficio. Como se apreciará, cada una de las composiciones efectivas de cemento tiene un costo monetario fácilmente calculable. En ciertas formas, las composiciones de cemento pueden ser igualmente eficaces, pero sin embargo una de ellas puede ser menos costosa. En estos casos, se puede elegir a la composición de cemento menos costosa. En ciertas formas, una composición de cemento puede ser más eficaz y también más costosa. En estos casos, se puede utilizar un análisis de costo-beneficio para elegir una de las composiciones efectivas de cemento. Por ejemplo, se puede elegir una composición de cemento menos costosa y que tiene un riesgo aceptable.

Por lo tanto, se puede elegir una composición de cemento tomando como base por lo menos un análisis de incidentes del pozo, tales como operaciones del pozo, que pueden ocurrir durante la vida del pozo, sobre el sello anular. Sin embargo, en algunos casos, el revestimiento de cemento puede ser sometida a operaciones y/o eventos inesperados del pozo. Por ejemplo, es posible que no se hayan definido bien las operaciones esperadas del pozo, las operaciones reales del pozo pueden ser diferentes a las operaciones esperadas del pozo cuando se realiza este análisis.

sis o las condiciones pueden cambiar lo suficiente como para requerir operaciones fuera del diseño original. Por lo tanto, a pesar del análisis descrito anteriormente, pueden ocurrir grietas en el revestimiento de cemento y/o micro-corona entre el revestimiento de cemento y la sarta de tubería o la formación. Los expertos en el arte, con la ayuda de esta descripción, apreciarán que las grietas y/o micro-coronas pueden dar como resultado una pérdida indeseable del aislamiento zonal.

10 Para contrarrestar esta pérdida potencial de aislamiento zonal debido a la formación de grietas y/o micro-coronas, se puede incluir un componente auto-sellador en la composición de cemento, de acuerdo con las formas de la presente invención. Como se describió anteriormente, el
15 componente auto-sellador debe ser capaz de responder a una grieta en el revestimiento de cemento para inhibir el paso de fluido a través de dicha grieta. Por ejemplo, el componente auto-sellador puede responder al paso del fluido (por ejemplo, dilatación) en la grieta para inhibir al
20 mismo a través de esta última. Por lo tanto, el componente auto-sellador puede prevenir la pérdida del aislamiento zonal a pesar de la formación de grietas y/o micro-coronas. Se cree que los efectos sinérgicos de la integración del componente auto-sellador con el análisis des-
25 crito anteriormente debe dar como resultado un sello anular mejorado, en comparación al uso separado de cualquiera de estos elementos.

Se puede utilizar cualesquiera de una variedad de componentes auto-selladores, de acuerdo con las formas de la presente invención. Un ejemplo de un componente auto-sellador apropiado incluye un elastómero dilatatable. Tal como se emplea aquí, un elastómero se caracteriza como dilatatable cuando se hincha después del contacto con un fluido oleaginoso (por ejemplo, gas natural, aceite, etc.) y/o un fluido acuoso (por ejemplo agua). Entre otras cosas, la incorporación de un elastómero dilatatable puede ayudar a mantener el aislamiento zonal, por ejemplo, mediante dilatación cuando entra en contacto con fluidos oleaginosos o acuosos para sellar cualquier grieta en el revestimiento de cemento y/o micro-corona entre esta última y la sarta de tubería o formación que puede ser creada.

Los elastómeros dilatatables apropiados para uso en las formas de la presente invención pueden dilatarse generalmente hasta más o menos 500% de su tamaño original en la superficie. Bajo condiciones de fondo de pozo, esta dilatación puede ser mayor o menor, dependiendo de las condiciones presentadas. Por ejemplo, la dilatación puede ser por lo menos 10% a las condiciones del fondo de pozo. En algunas formas, la dilatación puede ser hasta más o menos 200% bajo las condiciones del fondo del pozo. Sin embargo, como lo apreciarán los expertos en el arte con la ayuda de esta descripción, la dilatación real cuando el elastómero dilatatable está incluido en una composición de cemento, puede depender por ejemplo de la concentración de dicho elastómero incluido en la composición de cemento.

Algunos ejemplos específicos de elastómeros dilatables apropiados incluyen pero no están limitados a goma natural, goma de acrilato butadieno, goma poliacrilato, goma isopreno, goma cloropreno, goma butílica (IIR), goma butílica bromurada (BIIR), goma butílica clorurada (CIIR), polietileno clorurado (CM/CPE), goma neopreno (CR), goma de copolímero estireno butadieno (SBR), polietileno sulfonado (CSM), goma etileno acrilato (EAM/AEM), copolímero de epiclorohidrina y óxido de etileno (CO, ECO), goma de etileno-propileno (EPM y EDPM), goma terpolímero etileno-propileno-dieno (EPT), copolímero de acetato etileno vinílico, gomas flúor silicona (FVMQ), gomas de silicona (VMQ), poli 2,2,1-biciclo hepteno (polinorborneano), alquil estireno y copolímeros de vinil acrilato degradados y sustituidos. Ejemplos de elastómeros apropiados que se dilatan cuando entran en contacto con un fluido acuoso incluyen pero no están limitados a goma nitrilo (NBR), goma nitrilo hidrogenada (HNBR, HNS), gomas flúor (FKM), gomas perflúor (FFKM), tetraflúor etileno/propileno (TFE/P), copolímero de injerto almidón-ácido poliacrilato, copolímero de injerto de alcohol polivinílico y anhídrido de ácido cíclico, anhídrido isobutileno maleico, polímeros del tipo de ácido acrílico, copolímero de acetato vinílico-acrilato, polímeros de óxido de polietileno, polímeros del tipo de carboximetil celulosa, copolímeros de injerto almidón-poli acrilonitrilo, etc., polimetacrilato, poliacrilamida y polímeros acrílicos no solubles. Se puede utilizar también combinaciones de elastómeros dilatables

apropiados. Un ejemplo de un elastómero dilatable apropiado incluye el aditivo WELLLIFE 665 disponible en Halliburton Energy Services, Inc., Duncan, Oklahoma. También pueden ser apropiados otros elastómeros dilatables que se
5 comportan en una forma similar con respecto a los fluidos oleaginosos o fluidos acuosos. Los expertos en el arte, con la ayuda de esta descripción, podrán seleccionar un elastómero dilatable apropiado para uso en las composiciones de la presente invención, basándose en varios factores
10 e incluyendo la aplicación en la cual la composición será utilizada y las características de dilatación deseadas.

Cuando se utiliza, el elastómero dilatable puede ser incluido en las composiciones de cemento en una cantidad suficiente para ofrecer las propiedades mecánicas deseadas.
15 En algunas formas, el elastómero dilatable puede estar presente en las composiciones de cemento en una escala de más o menos 0,5% a más o menos 50% en peso del cemento; de otro modo en la escala de más o menos 4% a 15% en peso del cemento.

20 Además, el elastómero dilatable que se utiliza puede tener una amplia variedad de formas y tamaños de partículas individuales apropiadas para uso de acuerdo con las formas de la presente invención. A modo de ejemplo, el elastómero dilatable puede tener una forma física bien
25 definida así como también una geometría irregular, incluyendo la forma física de plaquetas, virutas, fibras, hojuelas, cintas, varillas, tiras, esferoides, esferas huecas, toroide, gránulos, tabletas o cualquier otra forma

34

física. En algunas formas, el elastómero dilatante puede tener un tamaño de partícula en la escala de más o menos 5 micras a más o menos 1.500 micras. En algunas formas, el elastómero dilatante puede tener un tamaño de partícula en la escala de más o menos 20 micras a más o menos 500 micras. Sin embargo, los tamaños de partícula fuera de estas escalas definidas pueden ser apropiados también para aplicaciones particulares.

Otro ejemplo de un componente auto-sellable apropiado incluye partículas de cemento encapsuladas. Debido a que las partículas de cemento están encapsuladas, generalmente no deben hidratarse hasta después de un período de demora. Entre otras cosas, la incorporación de las partículas de cemento encapsuladas puede ayudar a mantener el aislamiento zonal, por ejemplo, mediante hidratación cuando hacen contacto con fluidos acuosos para sellar cualquier grieta y/o micro-coronas que puedan ser creadas en el revestimiento de cemento. Ejemplos de partículas de cemento que pueden ser encapsuladas incluyen pero no están limitadas a cementos hidráulicos que fraguan y endurecen mediante reacción con agua, tales como cementos Portland, cementos puzolánicos, cementos de yeso, cementos de fosfato de calcio, cementos con alto contenido de alúmina, cementos de sílice, cementos de alta alcalinidad y sus mezclas. En ciertas formas, las partículas de cemento pueden ser encapsuladas con un material degradable que no libera a las mismas hacia la composición de cemento hasta después de un período de demora. Por ejemplo, la encapsulación puede

34

permitir que las partículas de cemento permanezcan secas de modo que no se hidraten hasta que entren en contacto con agua después de ser liberadas de la encapsulación. En ciertas formas, el material de encapsulación no puede degradarse para liberar a las partículas de cemento hacia la composición, durante por lo menos seis horas en un ambiente de pH alto. Ejemplos de materiales de encapsulación apropiados incluyen polímeros degradables. En la Patente Norteamericana No. 7.036.586, cuya descripción se incorpora aquí a modo de referencia, se ofrece ejemplos de partículas de cemento encapsuladas.

Por lo tanto, el componente auto-sellador puede ser utilizado para mantener el sello anular, por ejemplo, mediante el sellado de las grietas que pueden formarse en el revestimiento de cemento y/o micro-corona anular entre dicha envoltura y la sarta de tubería o formación. Sin embargo, en algunos casos, puede desarrollarse un sello anular deficiente entre el revestimiento de cemento y la sarta de tubería. Por ejemplo, el componente auto-sellador no puede ser capaz de sellar a las grietas y/o a la corona que se forman entre la sarta de tubería y el revestimiento de cemento. De otro modo, en ciertas formas, puede presentarse la separación de el revestimiento de cemento desde la sarta de tubería, dando como resultado la pérdida del sello anular. Además, la composición de cemento no puede formar inicialmente un sello anular apropiado, en ciertas formas. Si bien esto no es deseable, la composición de cemento no puede llenar completamente a la

36

corona entre la formación y la sarta de tubería debido, por ejemplo, al fluido de perforación presente en la corona. Si el fluido de perforación permanece en la corona durante el fraguado de la composición de cemento, se puede

5 cementar en su sitio un canal que contiene al fluido de perforación, dando como resultado potencialmente un sello anular indeseable. Los expertos en el arte, con la ayuda de esta descripción, apreciarán que esta falta de sello anular entre el revestimiento de cemento y la sarta de tu-

10 bería puede dar como resultado una pérdida indeseable del aislamiento zonal.

Por lo tanto, se puede incluir un elemento obturador dilatante en la sarta de tubería, por ejemplo, para mejorar la confiabilidad del sello anular y contrarrestar así

15 esta pérdida potencial de aislamiento zonal. Como se describió anteriormente, el elemento obturador dilatante debe ser capaz de dilatarse para sellar una corona entre dicho elemento obturador y el revestimiento de cemento, cuando entra en contacto con el fluido que pasa a través de la

20 corona. Ejemplos de elementos obturadores dilatantes apropiados incluyen CEMENT ASSURANCE TOOL HE TOOL y CEMENT ASSURANCE TOOL MC TOOL, disponibles en Halliburton Energy Services, Inc. En general, el elemento obturador dilatante debe permanecer generalmente inactivo cuando es-

25 tá encajado en el revestimiento de cemento. Sin embargo, una vez que se abre la corona entre el revestimiento de cemento y la sarta de tubería, tal como después de la separación de dicha envoltura, el elemento obturador dilatante

36

debe dilatarse para sellar a la corona. Además, el elemento obturador dilatatable puede dilatarse también para sellar una corona entre el revestimiento de cemento y la sarta de tubería que puede ser cementada en el sitio, tal como debido al fluido de perforación que permanece en el orificio de pozo.

Por lo tanto, el elemento obturador dilatatable puede ser capaz de mantener el aislamiento zonal, lo cual no podría lograrse cuando se utiliza el análisis y elementos auto-selladores descritos anteriormente. En realidad, se cree que los efectos sinérgicos obtenidos a partir de la integración de los elementos de análisis, auto-sellado y obturador dilatatable deben dar como resultado un sello anular mejorada, en comparación al uso separado de cualesquiera de estos elementos. Por ejemplo, si los elementos obturadores sellables fuesen utilizados por si mismos, no pueden tener un valor de re-sellado cuando la falla del sello se debe a grietas internas en el revestimiento de cemento. Por el contrario, los componentes auto-sellables no pueden reconstruir una corona formada cuando el tubo se separa del revestimiento de cemento algo más de unas cuantas micras, pero el elemento obturador dilatatable podría proporcionar ese grado de expansión.

Refiriéndonos ahora a la figura 2, se ilustra una sección de una sarta de tubería que incluye un elemento obturador dilatatable, de acuerdo con una forma de la presente invención. En la forma ilustrada, la estructura anular 22 está acoplada a la sección 24 de la sarta de tu-

bería. De acuerdo con ciertas formas, la sarta de tubería puede ser un entubado convencional que se utiliza típicamente en la construcción de pozos.

5 Tal como se ilustra, el elemento obturador dilatante incluye a la estructura anular 22 que está acoplada a la superficie externa 26 de la sección 24 de la sarta de tubería. En ciertas formas, la estructura anular 22 puede estar unida a la superficie externa 26. A modo de ejemplo, la estructura anular 22 puede ser vulcanizada directamente a la superficie externa 26. En la forma ilustrada, la estructura anular 22 comprende generalmente un material expansible que debe expandirse después de su colocación en un orificio de pozo. En ciertas formas, el material expansible puede comprender un material dilatante que se expandirá debido a la dilatación después del contacto con un fluido tal como agua, aceite, gas u otros fluidos apropiados. En ciertas formas, el material expansible puede comprender un material difusible que puede expandirse debido a la difusión del fluido hacia las aberturas situadas en el material dilatante. Por lo tanto, la estructura anular 22 que comprende al material expansible debe ser capaz de expandirse para sellar una corona entre si mismo y el revestimiento de cemento, cuando hace contacto con un fluido que pasa a través de dicha corona.

25 En ciertas formas, el material expansible puede incluir un material dilatante que puede hincharse después del contacto con un fluido tal como agua, aceite, gas u otros fluidos apropiados. Ejemplos de materiales dilata-

bles apropiados que pueden dilatarse por contacto con un fluido incluyen pero no están limitados a polímeros elásticos, tal como goma EPDM, estireno/butadieno, goma natural, goma de monómero etileno/propileno, goma de monómero 5 estireno/propileno/ dieno, goma de etileno/acetato etílico, goma hidrogenada de acrilonitrilo/butadieno, goma de acrilonitrilo/ butadieno, goma isopreno, goma cloropreno, polinorborneno y sus combinaciones. En ciertas formas, el material dilatable puede comprender además materiales adicionales disueltos o mezclados, tal como fibra de celulosa. 10 En ciertas formas, el material dilatable puede comprender una mezcla de una goma con otro material, tal como cloruro polivinílico, metil metacrilato, acrilonitrilo, acetato etílico u otros polímeros que se expandirán por 15 contacto con aceite.

Tal como se describió anteriormente, el material expansible puede incluir un material difusible que se expande debido a la difusión de un fluido hacia las aberturas situadas en los materiales. A modo de ejemplo, el material difusible puede incluir un material similar a espuma 20 que es comprimido antes de ser colocado en el orificio de pozo. El material en forma de espuma puede incluir cierto número de cavidades cerradas. Con el paso del tiempo, el fluido puede difundirse a través del material que llena 25 las cavidades y expandir al mismo. Por lo tanto, el material expansible puede dilatarse para sellar una corona que se encuentra presente entre el revestimiento de cemento y la sarta de tubería. Ejemplos de materiales difusibles

apropiados incluyen pero no están limitados a goma nitrilo.

Además del material expansible, la estructura anular 24 puede comprender también un material de refuerzo para, por ejemplo, mejorar las propiedades mecánicas de la estructura anular 24. Ejemplos de materiales de refuerzo apropiados incluyen pero no están limitados a tela de fibra.

La estructura anular 22 debe tener suficiente espesor para proporcionar las propiedades deseadas de expansión. En ciertas formas, la estructura anular 22 puede tener un espesor en la escala de 0.15875cm hasta más o menos 12.70 centímetros. En ciertas formas, la estructura anular 22 puede tener un espesor hasta de más o menos 12.70 centímetros. Los expertos en el arte, con la ayuda de esta descripción, comprenderán que el espesor apropiado de la estructura anular 22 dependerá de cierto número de factores, incluyendo el diámetro de la sarta de tubería y la composición del material expansible.

En la forma ilustrada, la estructura anular 22 está dispuesta a lo largo de una longitud de sección 24 de la sarta de tubería. A modo de ejemplo, la estructura anular 22 puede tener una longitud en la escala de más o menos 0.30480 metros hasta más o menos 3.0480m y, de otro modo, en la escala de más o menos 0.30480 metros hasta más o menos 1.2192m. En una forma, la estructura anular 22 puede tener una longitud de más o menos 0.91440m. Sin embargo, se comprenderá que las estructuras anulares (tal como

la estructura anular 22) que tiene longitudes fuera de estas escalas, pueden ser abarcadas por la presente invención. Los expertos en el arte, con la ayuda de esta descripción, comprenderán que la longitud apropiada de la sarta de tubería para cubrir con la estructura anular 22, dependerá de cierto número de factores que incluyen costo del material expansible, características de la formación, etc.

Refiriéndonos ahora a la figura 3, se ilustra una sarta de tubería que incluye un elemento obturador dilatable, de acuerdo con otra forma de la presente invención. En la forma ilustrada, la estructura anular alternativa 28 está acoplada a la sección 24 de la sarta de tubería. De acuerdo con ciertas formas, la sarta de tubería puede ser un entubado convencional que se utiliza típicamente en construcción de pozos.

Tal como se ilustra, el elemento obturador dilatante incluye una estructura anular alternativa 28 que está acoplada a la superficie externa 26 de la sección 24 de la sarta de tubería. La estructura anular alternativa 28 puede ser acoplada a la superficie externa 26 mediante el uso de cualquier técnica apropiada. A modo de ejemplo, la estructura anular alternativa 28 puede ser acoplada a la sección 24 de la sarta de tubería utilizando tornillos de ajuste (no ilustrados). En la forma ilustrada, la estructura anular alternativa 28 comprende generalmente un par de anillos 30 y elemento expansible 32 de forma anular situado entre dicho par de anillos. En ciertas formas, el

42

elemento expansible 32 de forma anular comprende un material expansible que debe expandirse después de su colocación en un orificio de pozo. En ciertas formas, el material expansible puede comprender un material expansible que puede dilatarse como consecuencia de la dilatación debido al contacto con un fluido tal como agua, aceite, gas u otros fluidos apropiados. En ciertas formas, el material expansible puede comprender un material difusible que puede expandirse debido a la difusión del fluido hacia las aberturas situadas en el material dilatado. Por lo tanto, la estructura anular alternativa 28 que comprende al material expansible debe ser capaz de expandirse para sellar una corona entre si mismo y el revestimiento de cemento, cuando entra en contacto con un fluido que pasa a través de la corona. Ejemplos de materiales expansibles apropiados se describieron anteriormente en forma más detallada con respecto a la figura 2.

El elemento expansible 32 de forma anular debe tener suficiente espesor para proporcionar las propiedades de expansión deseadas. En ciertas formas, el elemento expansible 32 de forma anular puede tener un espesor en la escala de 0,0625 pulgadas a más o menos 12.700 centímetros. En ciertas formas, el elemento expansible 32 de forma anular puede tener un espesor hasta de más o menos 1.270 centímetros. Los expertos en el arte, con la ayuda de esta descripción, comprenderán que el espesor apropiado del elemento expansible 32 de forma anular dependerá de cierto

42

número de factores, incluyendo el diámetro de la sarta de tubería y la composición del material expansible.

En la forma ilustrada, la estructura anular alternativa 28 está dispuesta a lo largo de una sección 24 de la sarta de tubería. A modo de ejemplo, la estructura anular alternativa 28 puede tener una longitud en la escala de más o menos 0.30480 metros a más o menos 3.0480 metros y, de otro modo, en la escala de más o menos 030480 metros a más o menos 1.2192 metros. En una forma, la estructura anular alternativa 28 puede tener una longitud de más o menos 0.91440 metros. Sin embargo, se comprenderá que las estructuras anulares (tal como la estructura anular alternativa 28) que tiene longitudes fuera de estas escalas, pueden ser abarcadas por la presente invención. Los expertos en el arte, con la ayuda de esta descripción, comprenderán que la longitud apropiada de la sarta de tubería para cubrir a la estructura anular alternativa 28 dependerá de cierto número de factores que incluyen costo del material expansible, características de la formación, etc.

Refiriéndonos ahora a la figura 4, se ilustra una vista en corte transversal parcial de una sarta de tubería que está dispuesta en un orificio de pozo e incluye elementos de obturador dilatable dispuestos en la misma, de acuerdo con formas de la presente invención. En la forma ilustrada, el orificio de pozo está indicado generalmente por el número 34. Tal como se ilustra, el orificio de pozo 34 penetra la formación subterránea 36. Si bien se

44

ilustra al orificio de pozo 34 como un orificio de pozo generalmente vertical, se puede realizar los métodos de la presente invención en porciones generalmente horizontales, inclinadas o de otra forma de los orificios de pozo. Además, el orificio de pozo 34 puede incluir multilaterales, por ejemplo, en los cuales dicho orificio de pozo 34 puede ser un orificio de pozo primario que tiene uno o más orificios de pozo ramificados a partir del mismo o el orificio de pozo 34 puede ser un orificio de pozo ramificado que se extiende lateralmente desde un orificio de pozo primario.

Tal como se ilustra, la sarta de tubería 38 puede ser introducida en el orificio de pozo 34 y cementada en su sitio. Para cementar en su sitio a la sarta de tubería 38, se puede bombear una composición de cemento que contiene agua y cemento, hacia una corona entre la formación subterránea 36 y la sarta de tubería 38. La composición de cemento debe fraguar en la corona, formando así al revestimiento de cemento 40. Entre otras cosas, el revestimiento de cemento 40 puede sostener y situar a la sarta de tubería 38 en el orificio de pozo 34 y unir a la sarta de tubería 38 a la formación subterránea 36. Como se vio previamente, la composición de cemento debe comprender generalmente un componente auto-sellador que debe ser capaz de responder al paso de fluido a través de una grieta en el revestimiento de cemento 40 para inhibir la corriente de fluido a través de la grieta, en ciertas formas. Por lo tanto, el componente auto-sellador puede prevenir la

44

pérdida de aislamiento zonal debido a la formación de grietas en el revestimiento de cemento 40 y/o micro-corona entre este último y la sarta de tubería 38 o formación subterránea 36. Además, como se vio previamente, se puede elegir a la composición de cemento tomando como base por lo menos un análisis de los incidentes del pozo, tales como operaciones del pozo, sobre el sello anular en ciertas formas. Mediante el análisis de los incidentes del pozo, se puede elegir una composición de cemento que debe ser capaz de resistir tales incidentes y mantener así un sello anular.

En la forma ilustrada, los elementos obturadores dilatables 42, 44, y 46 (tales como la estructura anular 22 y la estructura anular alternativa 28) pueden estar dispuestos en la sarta de tubería 38. Tal como se ilustra, los elementos obturadores dilatables 42, 44 y 46 están espaciados a lo largo de la sarta de tubería 38. Los elementos obturadores dilatables 42, 44 y 46 pueden ser colocados en cualquier número de posiciones en el orificio de pozo 34. Por ejemplo, los elementos obturadores dilatables 42, 44 y 46 pueden ser colocados cerca uniones multilaterales, perforaciones, fallas, en o por encima de la parte superior del revestimiento de cemento 40, entre las zonas de la formación (tal como entre una zona productora de petróleo y una zona productora de agua) y otras porciones del orificio de pozo 34, donde se puede desear el aislamiento zonal a largo plazo. Tal como se ilustra, el elemento obturador dilatado 42 puede ser colocado sobre

una porción de la sarta de tubería 38 que no está encajada dentro del revestimiento de cemento 40, tal como por encima de la parte superior de dicho revestimiento.

Entre otras cosas, los elementos obturadores dilatables 42, 44 y 46 pueden evitar la pérdida de aislamiento zonal, por ejemplo, mediante la dilatación para sellar una corona entre tales elementos obturadores 42, 44 y 46 y el revestimiento de cemento 40, cuando entran en contacto con el fluido que pasa a través del espacio. A modo de ejemplo, la figura 5 ilustra al revestimiento de cemento 40 que ha quedado separado del elemento obturador dilatable 44 para formar entre ellos a la corona 48. Entre otras cosas, esta corona 44 puede dar como resultado una pérdida indeseable de aislamiento zonal. Tal como se ilustra en la figura 6, un elemento obturador dilatable 44, cuando entra en contacto con el fluido en la corona 48, debe expandirse para llenar a esta última y sellar a la misma al paso de fluido.

Por lo tanto, la presente invención está bien adaptada para lograr los fines y ventajas mencionados, así como también aquellos que son inherentes a la invención. Las formas particulares descritas anteriormente son ilustrativas solamente, ya que la presente invención puede ser modificada y ejecutada en formas diferentes pero equivalentes evidentes para los expertos en el arte que aprovechan lo descrito aquí. Además, no se pretender limitarse a los detalles de construcción o diseño ilustrados aquí, que no sean los descritos en las reivindicaciones finales. Por

lo tanto, es evidente que las formas ilustrativas particulares descritas anteriormente pueden ser alteradas o modificadas y todas esas variaciones serán consideradas dentro de los alcances y espíritu de la presente invención. En particular, se comprenderá que cada escala de valores (de la forma, "desde más o menos a hasta más o menos b" o, en forma equivalente, "desde aproximadamente a hasta b" o, en forma equivalente, "desde aproximadamente a-b") descrita aquí, se refiere al grupo de potencia (el grupo de todos los subgrupos) de la escala respectiva de valores e indicada cada escala abarcada dentro de la escala más amplia de valores. Además, los artículos indefinidos "uno" o "un", tal como se emplean en las reivindicaciones, significan aquí uno o más de un elemento que se introduce. Del mismo modo, los términos en las reivindicaciones tienen su significado simple y ordinario, a menos que el propietario de la patente lo defina de otro modo en forma explícita o clara.