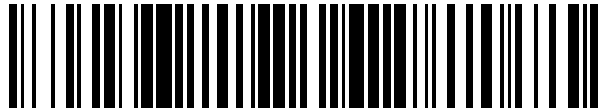


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 948 325**

21 Número de solicitud: 202390093

51 Int. Cl.:

E21B 33/124 (2006.01)

E21B 33/127 (2006.01)

E21B 34/10 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

03.02.2021

30 Prioridad:

29.01.2021 US 17/161,902

43 Fecha de publicación de la solicitud:

08.09.2023

71 Solicitantes:

**HALLIBURTON ENERGY SERVICES, INC.
(100.0%)**

**3000 N. Sam Houston Parkway E.
77032-3219 Houston TX Texas US**

72 Inventor/es:

LEAST, Brandon T.;
FRIPP, Michael L. y
GLAESMAN, Chad W.

74 Agente/Representante:

FÚSTER OLAGUIBEL, Gustavo Nicolás

54 Título: **TERMOPLÁSTICO CON METAL HINCHABLE PARA SELLO MEJORADO**

57 Resumen:

Termoplástico con metal hinchable para sello mejorado.

Ensamblajes de metal hinchable que tienen un metal reactivo y un polímero, y están ubicados alrededor o dentro de un tubo de campo petrolero. El tubo de campo petrolero y el ensamble de metal hinchable pueden proporcionarse en un pozo para formar un sello en el mismo.

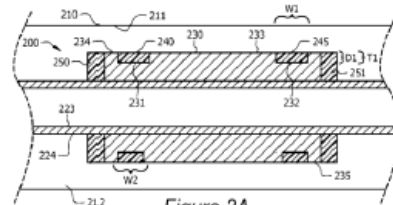


Figura 2A

DESCRIPCIÓN

TERMOPLÁSTICO CON METAL HINCHABLE PARA SELLO MEJORADO

5 Campo técnico

La presente descripción se refiere generalmente a los sellos formados por un metal hinchable en un pozo que se forma en una formación subterránea.

10 Antecedentes

Cuando se perfora un pozo en una formación subterránea con el fin de recuperar hidrocarburos u otros fluidos de una formación subterránea, pueden proporcionarse sellos en el espacio anular entre un tubo de campo petrolero y el pozo o el revestimiento para varios propósitos. También pueden proporcionarse sellos dentro de un tubo de campo petrolero para varios propósitos.

La corrosión de los ambientes de alta salinidad y/o alta temperatura es un desafío continuo con la integridad del sello. Además, las operaciones del pozo pueden afectarse hasta que se forme el sello; por lo tanto, los tiempos de sellado más rápidos pueden mejorar las operaciones del pozo.

Breve descripción de las figuras

25 Para una comprensión más completa de esta descripción, se hace referencia ahora a la siguiente breve descripción, tomada en relación con los dibujos acompañantes y la descripción detallada, en donde los números de referencia similares representan partes similares.

30 La Figura 1 es una vista en sección transversal de un pozo en un entorno de pozo en tierra.

Las Figuras 2A a 2D ilustran vistas en sección transversal de ensamblajes de metal hinchable en una primera configuración.

Las Figuras 3A y 3B ilustran vistas laterales de ensambles de metal hinchable en una primera configuración.

Las Figuras 4A a 4C ilustran vistas en perspectiva de ensambles de metal hinchable en una primera configuración.

5 Las Figuras 5A y 5B ilustran vistas en sección transversal de ensambles de metal hinchable en una segunda configuración

La Figura 6 ilustra un diagrama de flujo de un método de acuerdo con la descripción.

10 La Figura 7 ilustra una vista en sección transversal del sistema y el ensamble de metal hinchable que se obtuvo en el Ejemplo 1.

Descripción detallada

15 Debe entenderse desde el principio que, aunque más abajo se proporciona una implementación ilustrativa de una o más modalidades, los sistemas y/o los métodos descritos pueden implementarse mediante el uso de cualquier número de técnicas, ya sean actualmente conocidas o existentes. La descripción no debe limitarse de ninguna manera a las implementaciones ilustrativas, los dibujos y las técnicas que se ilustran más abajo, que incluye los diseños y las implementaciones ilustrativos ilustrados y descritos en la presente descripción, pero puede modificarse dentro del alcance de las reivindicaciones anexas junto con su alcance completo de equivalentes.

25 En la presente descripción se describen métodos, ensambles y sistemas que usan polímeros y metales reactivos, donde el metal reactivo se hidrata en los fluidos del pozo, es decir, in situ en un pozo, para formar un sello con el producto de reacción y el polímero resultantes. Los métodos, los ensambles y los sistemas descritos en la presente descripción son particularmente útiles para usar en el espacio anular formado entre un tubo de campo petrolero y la pared interior del pozo o un revestimiento, así como también dentro del tubo de campo petrolero.

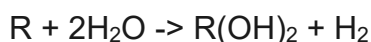
30 Se cree que los ensambles de metal hinchable y los sistemas y los métodos que usan un polímero en combinación con el metal reactivo, como se describe en la presente descripción, pueden proporcionar integridad estructural al sello que se forma en el pozo, así como también al producto de reacción durante la formación

del sello en el pozo. Es decir, la incorporación de un polímero en las configuraciones descritas en la presente descripción da como resultado un empacador o tapón funcional más rápido que los ensambles de metal reactivo que no incorporan el polímero descrito.

5

En presencia de fluidos del pozo que contienen agua, los átomos del metal reactivo reaccionan con las moléculas de agua para producir un producto que tiene un volumen mayor que el volumen del metal reactivo mismo. La reacción general es:

10



donde R es el átomo de metal reactivo, H₂O es una molécula de agua, H₂ es hidrógeno, y R(OH)₂ es un compuesto de hidróxido que contiene el metal reactivo R. La reacción, que puede denominarse reacción de hidratación, produce el hidróxido metálico; y una partícula de hidróxido metálico tiene un volumen mayor que la partícula de metal reactivo a partir de la cual se genera. Los metales reactivos descritos en la presente descripción pueden usarse en ensambles de metal hinchable que se colocan alrededor (para configuraciones de empacador) o dentro (para configuraciones de tapón) de un tubo de campo petrolero que se proporciona en el pozo. El metal reactivo puede tener cualquier forma o figura, como un manguito anular (para un empacador), un cuerpo cilíndrico sólido (para un tapón) o un cuerpo esférico sólido (para un tapón). El polímero puede usarse en ensambles de metal hinchable en contacto con al menos una porción del metal reactivo. El polímero puede tener cualquier forma o figura, tales como un anillo de polímero, una cinta de polímero, un manguito que tiene agujeros formados en él o tapas de extremo para la pieza de metal reactivo. En estos contextos, el metal reactivo puede usarse en presencia de un fluido del pozo que contiene agua para generar partículas de hidróxido metálico que hacen que el metal reactivo se convierta en un producto de reacción que proporciona un sello i) en el espacio anular entre el tubo de campo petrolero y la superficie interna del pozo o el revestimiento o ii) dentro de un tubo de campo petrolero.

25
30

La Figura 1 ilustra un entorno del pozo 100 en el que se usan ensambles de metal hinchable de acuerdo con las modalidades descritas. Con fines explicativos, el entorno del pozo 100 se ilustra junto con una plataforma de gas y petróleo en tierra 10 en la superficie 102 de la Tierra; sin embargo, debe entenderse que el entorno de pozo 100 puede usarse junto con plataformas costa afuera. La

5 plataforma de gas y petróleo 10 puede incluir un elevador 11, una torre de perforación 12, un bloque de desplazamiento 13, un gancho 14, una pieza giratoria 15 para subir y bajar tubos de campos petroleros al interior del pozo 110 y otros equipos de superficie 16 para bombear fluido al interior del pozo 110 (por

10 ejemplo, a través de una sarta tubular 120, discutido con más detalle más abajo). El entorno del pozo 100 generalmente incluye un pozo 110 que se forma en una formación subterránea 101, y tanto el pozo 110 como la formación subterránea 101 se ilustran en una vista en sección transversal en la Figura 1. El pozo 100 tiene una pared interior 111 que puede estar descubierta (agujero abierto), puede

15 tener un revestimiento cementado encima, o el pozo 100 puede contener una o más porciones en las que la pared interior 111 es un agujero abierto y una o más porciones en la que la pared interior 111 tiene un revestimiento cementado. Mientras que el pozo 110 se muestra con una porción que se extiende generalmente verticalmente hacia la formación subterránea 101 (por ejemplo,

20 orientada verticalmente) y otra porción que se extiende generalmente horizontalmente hacia la formación subterránea 101 (por ejemplo, orientada horizontalmente), la descripción también es aplicable a pozos que tienen una sección que se extiende en ángulo a través de la formación subterránea 101, tal como una sección inclinada del pozo 110. El término “orientado verticalmente”, tal

25 como se usa en la presente descripción, puede referirse a una sección del pozo 110 que tiene un eje longitudinal que puede ser exactamente vertical o puede extenderse en un ángulo con respecto a la vertical de +/- 89°, y de manera similar, el término “orientado horizontalmente” como se usa en la presente descripción puede referirse a una sección del pozo 110 que tiene un eje longitudinal que

30 puede ser exactamente horizontal o puede extenderse en un ángulo con respecto a la horizontal de +/- 89°.

En la Figura 1, puede verse una sarta de tubería 120 que se extiende desde la plataforma 10 y hacia el interior del pozo 110. La sarta de tubería 120 puede

incluir cualquier número de tubos de campos petroleros conectados de extremo a extremo en serie. Como se usa en la presente descripción, el término “tubo de campo petrolero” se refiere a cualquier estructura usada para hacer fluir un fluido en el mismo (por ejemplo, un fluido de perforación, un fluido de fracturación, un fluido de producción), ya sea en un pozo principal (por ejemplo, un pozo orientado verticalmente o una sección del pozo) o en una rama inclinada o lateral (una sección de un pozo orientada horizontalmente). Los segmentos tubulares pueden variar con respecto al material, grosor, diámetro interior, diámetro exterior, grado y/o conectores finales, y en la industria se conocen varios tipos de segmentos tubulares. Los segmentos tubulares a menudo se unen o se acoplan para formar una “sarta” (por ejemplo, la sarta de tubería 120) que realiza una función en el pozo 110. Mientras que algunas sartsas pueden colgarse de la superficie terrestre 102 o de una superficie en la plataforma 10, otras sartsas pueden colgarse de otra sarta tubular o tubo dentro de las profundidades del pozo 110. Se forma un espacio anular 112 entre la pared interior 111 (o revestimiento) del pozo 110 y una superficie exterior 122 de cada tubo de campo petrolero 121.

La Figura 1 ilustra, para fines ilustrativos, ensambles de metal hinchable 130 y 140. El ensamble de metal hinchable 130 puede tener una configuración de empaque (por ejemplo, un empacador hinchable) como se describe en la presente descripción y puede colocarse alrededor de al menos una porción de un tubo de campo petrolero 123 de la sarta de tubería 120. El ensamble de metal hinchable 140 puede tener una configuración de tapón (por ejemplo, un tapón hinchable) como se describe en la presente descripción y puede colocarse en el interior del tubo de campo petrolero 123. El ensamble de metal hinchable 130 y el ensamble de metal hinchable 140 se muestran en combinación con el mismo tubo de campo petrolero 123 solo con fines ilustrativos, y la descripción no se limita a los ensambles de metal hinchable 130 y 140 que se usan en el mismo tubo de campo petrolero 123 y no se limita a los ensambles de metal hinchable 130 y 140 se usan juntos.

Se contempla que los ensambles de metal hinchable 130 y 140 descritos pueden usarse en una variedad de aplicaciones, tales como cementar un revestimiento en una porción del pozo 110, fracturar una porción de la formación subterránea 101

adyacente a una porción del pozo 110, y producir fluidos de formación (por ejemplo, petróleo y gas) a partir de la formación subterránea 101. La introducción de fluidos y la extracción de fluidos del pozo 110 (por ejemplo, la introducción de fluidos en la sarta de tubería 120 o en el espacio anular; la extracción de fluido de la sarta de tubería 120 o el espacio anular 112) puede lograrse de acuerdo con cualquier técnica conocida en la técnica, tales como bombear fluidos por el interior de los tubos de campos petroleros en la sarta de tubería 120 y luego hacia arriba a través del espacio anular 112, bombear fluidos por el espacio anular 112 y luego hacia arriba a través del interior de los tubos de campos petroleros (por ejemplo, técnicas de circulación inversa), recibir fluidos en uno o más tubos de campos petroleros desde la formación subterránea (por ejemplo, a través de agujeros, pantallas o perforaciones en el tubo o los tubos de campo petrolero), o bombear uno o más fluidos hacia abajo a través de los tubos de campos petroleros y en la formación subterránea 101 (por ejemplo, fractura).

15

Puede permitirse que el ensamble de metal hinchable 130 o 140 se hinche y forme un sello adecuado en el espacio anular 112 o dentro de un tubo de campo petrolero (por ejemplo, el tubo 123) de la sarta tubular 120 antes de algunas aplicaciones y después de otras aplicaciones. Por ejemplo, puede permitirse que el ensamble de metal hinchable 130 que tiene una configuración de empacador se hinche y selle el espacio anular 112 entre un tubo de campo petrolero (por ejemplo, el tubo de campo petrolero 123) y la pared interior 111 o el revestimiento del pozo 110 antes de introducir un fluido de fracturación en la formación subterránea 101 a través de la sarta de tubería 120, de modo que el fluido de fracturación no fluya hacia arriba a través del pozo 110 a través del espacio anular 112. El ensamble de metal hinchable 130 puede funcionar adicionalmente para aislar la zona de producción donde se forma la fractura de otra zona productora o una zona no productora. En otro ejemplo, puede permitirse que el ensamble de metal hinchable 140 que tiene una configuración de tapón se hinche y selle el interior de un tubo de campo petrolero 123 cerca del extremo 124 de la sarta de tubería 120 antes de bombear cemento en el espacio anular 112, de modo que el cemento no fluya dentro del interior de la sarta de tubería 120. El ensamble de metal hinchable 140 puede luego extraerse al bombear un fluido bajo una presión adecuada hacia el interior de los tubos de campos petroleros de la sarta de

30

tubería 120 para aplicar una fuerza de extracción al ensamble de metal hinchable 140.

Las Figuras 2A-2D, 3A-3B, 4A-4C y 5A-5B ilustran modalidades de los ensambles
5 de metal hinchable descritos en la presente descripción. Los ensambles de metal
hinchable descritos en la presente descripción están ubicados alrededor
(configuración de empacador) o dentro (configuración de tapón) de un tubo de
campo petrolero y tienen un metal reactivo y un polímero que está en contacto
con al menos una porción del metal reactivo. Los ensambles de metal hinchable
10 en combinación con el tubo de campo petrolero se denominan en la presente
descripción sistemas de metal hinchable.

El metal reactivo usado en los ensambles de metal hinchable descritos en la
presente descripción se configura para reaccionar con un fluido del pozo para
15 formar un hidróxido metálico in situ en un pozo. El metal o los metales reactivos
para usar en cualquiera de las modalidades descritas pueden ser cualquier metal
o aleación metálica que pueda sufrir una reacción de hidratación para formar un
hidróxido metálico de mayor volumen que el metal base o la aleación metálica
reaccionante. Los ejemplos de un metal reactivo incluyen magnesio, una aleación
20 de magnesio, calcio, una aleación de calcio, aluminio, una aleación de aluminio,
estaño, una aleación de estaño, zinc, una aleación de zinc, berilio, una aleación
de berilio, bario, una aleación de bario, manganeso, una aleación de manganeso
o cualquier combinación de los mismos. Los metales reactivos preferidos incluyen
magnesio, una aleación de magnesio, calcio, una aleación de calcio, aluminio,
25 una aleación de aluminio o cualquier combinación de los mismos. Las aleaciones
de metales reactivos específicos incluyen magnesio-zinc, magnesio-aluminio,
calcio-magnesio y aluminio-cobre. En una aplicación, el metal reactivo es una
aleación de magnesio que incluye aleaciones de magnesio que están aleadas con
Al, Zn, Mn, Zr, Y, Nd, Gd, Ag, Ca, Sn, RE o las combinaciones de los mismos. En
30 algunas aplicaciones, la aleación se alea además con un dopante que promueve
la reacción galvánica, tales como Ni, Fe, Cu, Co, Ir, Au, Pd o las combinaciones
de los mismos.

En modalidades en las que el metal o los metales reactivos son o incluyen una aleación metálica, la aleación metálica puede producirse a partir de un proceso de solución sólida o un proceso metalúrgico de polvos. La aleación metálica puede formarse a partir del proceso de producción de aleación metálica o mediante el procesamiento posterior de la aleación metálica.

Como se usa en la presente descripción, el término “solución sólida” se refiere a una aleación que se forma a partir de una sola fusión en la que todos los componentes de la aleación (por ejemplo, una aleación de magnesio) se funden juntos en una pieza fundida. La pieza fundida puede extruirse, forjarse, moldearse o trabajarse subsecuentemente para obtener la forma deseada para los metales reactivos. Preferentemente, los componentes de la aleación se distribuyen uniformemente por toda la aleación metálica, aunque pueden estar presentes inclusiones intragranulares, sin apartarse del alcance de la presente descripción.

Debe entenderse que pueden ocurrir algunas variaciones menores en la distribución de las partículas de aleación, pero se prefiere que la distribución sea de manera que se produzca una solución sólida homogénea de la aleación metálica. Una solución sólida es una solución en estado sólido de uno o más solutos en un solvente. Tal mezcla se considera una solución en lugar de un compuesto cuando la estructura cristalina del solvente permanece sin cambios por la adición de los solutos y cuando la mezcla permanece en una sola fase homogénea.

Un proceso de metalurgia de polvos generalmente obtiene o produce una matriz de aleación fusible en forma de polvo. La matriz de aleación fusible en polvo se coloca luego en un molde o se mezcla con al menos otro tipo de partícula y luego se coloca en un molde. Se aplica presión al molde para compactar las partículas de polvo juntas, fusionándolas para formar un material sólido que puede usarse como partículas de metal reactivo o capa sólida de metal reactivo.

En algunas modalidades, el metal o los metales reactivos son o incluyen un óxido metálico. Los ejemplos de óxidos metálicos incluyen óxidos de cualquier metal descrito en la presente descripción, que incluyen, entre otros, magnesio, calcio, aluminio, hierro, níquel, cobre, cromo, estaño, zinc, plomo, berilio, bario, galio,

indio, bismuto, titanio, manganeso, cobalto o cualquier combinación de los mismos. Los óxidos metálicos también pueden reaccionar con agua para formar un hidróxido metálico que tiene un volumen mayor que el volumen del óxido metálico. Como ejemplo, el óxido de calcio reacciona con el agua en una reacción energética para producir hidróxido de calcio. 1 mol de óxido de calcio ocupa 9,5 cm³; mientras que 1 mol de hidróxido de calcio ocupa 34,4 cm³, que es una expansión volumétrica del 260 %.

En modalidades, el metal o los metales reactivos no se degradan (por ejemplo, es insoluble en agua) en un fluido del pozo que es o incluye una salmuera. Por ejemplo, el hidróxido de magnesio y el hidróxido de calcio tienen baja solubilidad en agua.

Como se discutió anteriormente, el metal o los metales reactivos descritos en la presente descripción reaccionan experimentando reacciones de hidratación de metales en presencia de agua contenida en un fluido del pozo (por ejemplo, salmueras) para formar hidróxidos metálicos. Estas reacciones son exotérmicas (generan calor), y el calor generado por la reacción del metal reactivo con agua en un fluido del pozo se denomina en la presente descripción calor de reacción. Una partícula de hidróxido metálico ocupa más espacio que la partícula de metal reactivo base. Este cambio de volumen permite que las partículas de hidróxido metálico reactivas llenen grietas, huecos y microanulares que pueden formar i) en una composición de cemento descrita colocada en un espacio anular 112 entre la pared interior 111 del pozo 110 y una superficie exterior 109 del tubo de campo petrolero 108, ii) en la formación subterránea 106 y se extiende hasta la pared interior 111 del pozo 110, o iii) en el tubo de campo petrolero 108. Por ejemplo, un mol de magnesio tiene una masa molar de 24 g/mol y una densidad de 1,74 g/cm³ lo que da como resultado un volumen de 13,8 cm³/mol. El hidróxido de magnesio tiene una masa molar de 60 g/mol y una densidad de 2,34 g/cm³ lo que da como resultado un volumen de 25,6 cm³/mol. 25,6 cm³/mol es 85 % más volumen que 13,8 cm³/mol. Como otro ejemplo, un mol de calcio tiene una masa molar de 40 g/mol y una densidad de 1,54 g/cm³ lo que da como resultado un volumen de 26,0 cm³/mol. El hidróxido de calcio tiene una masa molar de 76 g/mol y una densidad de 2,21 g/cm³ lo que da como resultado un volumen de 34,4 cm³/mol. 34,4

cm³/mol es 32 % más volumen que 26,0 cm³/mol. Como otro ejemplo más, un mol de aluminio tiene una masa molar de 27 g/mol y una densidad de 2,7 g/cm³ lo que da como resultado un volumen de 10,0 cm³/mol. El hidróxido de aluminio tiene una masa molar de 63 g/mol y una densidad de 2,42 g/cm³ lo que da como resultado un volumen de 26 cm³/mol. 26 cm³/mol es 160 % más volumen que 10 cm³/mol.

En las modalidades, el volumen del espacio anular 112 en el que se disponen el metal o los metales reactivos es menor que el volumen de las partículas de hidróxido metálico que podrían formarse potencialmente por reacción de los átomos o partículas de metales reactivos con un fluido del pozo. En algunos ejemplos, el volumen del espacio anular 112 es menos del 50 % del volumen de partículas de hidróxido metálico. Adicionalmente o alternativamente, el volumen del espacio anular 112 en el que se disponen los átomos/partículas de metal reactivo puede ser inferior al 90 %, inferior al 80 %, inferior al 70 % o inferior al 60 % del volumen de partículas de hidróxido metálico.

En las modalidades, el volumen del interior del tubo de campo petrolero 123 en el que se dispone el metal o los metales reactivos es menor que el volumen de las partículas de hidróxido metálico que podrían formarse potencialmente por la reacción de los átomos o partículas de metales reactivos con un fluido del pozo. En algunos ejemplos, el volumen del interior es menos del 50 % del volumen de partículas de hidróxido metálico. Adicionalmente o alternativamente, el volumen del interior en el que se disponen los átomos/partículas metálicas reactivas puede ser inferior al 90 %, inferior al 80 %, inferior al 70 % o inferior al 60 % del volumen de partículas de hidróxido metálico.

En algunas modalidades, el hidróxido metálico formado a partir del metal o los metales reactivos puede deshidratarse bajo suficiente presión. Por ejemplo, si el hidróxido metálico resiste el movimiento debido a la formación adicional de hidróxido, puede generarse una presión elevada que puede deshidratar algunas de las partículas de hidróxido metálico para formar un óxido metálico reactivo o el metal reactivo. Como ejemplo, el hidróxido de magnesio puede deshidratarse bajo presión suficiente para formar óxido de magnesio y agua. Como otro ejemplo, el

hidróxido de calcio puede deshidratarse bajo presión suficiente para formar óxido de calcio y agua. Como otro ejemplo más, el hidróxido de aluminio puede deshidratarse bajo presión suficiente para formar óxido de aluminio y agua. En algunas modalidades, la deshidratación del hidróxido metálico al metal reactivo
5 puede permitir que el metal reactivo reaccione de nuevo para formar un hidróxido metálico (es decir, la deshidratación es reversible una vez que se alivia la presión y en presencia de agua).

En algunos aspectos, el polímero tiene una temperatura de cambio de fase de
10 manera que el polímero se configura para cambiar de fase tras la exposición al calor de reacción del metal reactivo con un fluido del pozo, o tras la interrupción del calor de reacción. El “cambio de fase” como se describe en la presente descripción puede incluir un cambio en la fase o el estado del polímero, un cambio en un atributo físico del polímero, o tanto un cambio en la fase o el estado
15 como un atributo físico. El cambio de fase puede incluir cambiar de un polímero sólido a un polímero ablandado, de un polímero ablandado a un polímero líquido, de un polímero líquido a un polímero ablandado, de un polímero ablandado a un polímero sólido, o cualquier combinación de los mismos. Los atributos físicos pueden incluir vulcanización y cristalización. En aspectos, uno o más de los
20 atributos físicos pueden ocurrir antes, durante o después de un cambio de fase, tales como la vulcanización del polímero, la cristalización del polímero, o ambos.

La temperatura de cambio de fase puede incluir una temperatura de ablandamiento, una temperatura de fusión, o tanto la temperatura de
25 ablandamiento como la temperatura de fusión.

En algunos aspectos, el polímero tiene una temperatura de ablandamiento de manera que el polímero se configura para ablandarse tras la exposición al calor de reacción del metal reactivo con un fluido del pozo. En algunos aspectos, el
30 polímero puede ablandarse, pero no fundirse, tras la exposición al calor de reacción, por ejemplo, cambio de fase de un polímero sólido a un polímero ablandado. En otros aspectos, el polímero puede ablandarse y luego fundirse al exponerse al calor de la reacción, por ejemplo, cambio de fase de un polímero sólido a un polímero ablandado, y luego del polímero ablandado a un polímero

líquido. En aspectos en los que el polímero se funde, tras la interrupción del calor de reacción, el polímero puede cambiar de fase de un polímero líquido a un polímero ablandado y, a medida que el polímero continúa enfriándose, del polímero ablandado puede cambiar de fase a un polímero sólido. En aspectos en los que el polímero no se funde, tras la interrupción del calor de reacción, el polímero puede cambiar de fase de un polímero ablandado a un polímero sólido. En algunos aspectos, el polímero puede ser un polímero ablandado en condiciones de fondo de pozo y cambio de fase entre el polímero ablandado y el polímero líquido únicamente.

10

La temperatura de ablandamiento del polímero puede ser mayor que la temperatura del fondo de pozo. El término “temperatura de ablandamiento”, como se usa en la presente descripción, se refiere a una temperatura o un intervalo de temperaturas en el que el polímero de un ensamble de metal hinchable descrito en la presente descripción forma un polímero ablandado. La temperatura de ablandamiento puede incluir cualquier temperatura o intervalo de temperaturas entre la primera temperatura a la que el polímero empieza a ablandarse y una segunda temperatura a la que el polímero empieza a fundirse. La temperatura de ablandamiento también puede incluir cualquier temperatura o intervalo de temperaturas en la temperatura de transición vítrea, T_g. Los valores de temperatura asociados con la temperatura de ablandamiento pueden medirse de acuerdo con ASTM D1525-17e1 o ISO 306 (para temperaturas de ablandamiento), ASTM E1545-11 o ISO 11359-2 (para temperaturas de transición vítrea por análisis termomecánico), ASTM E1356-08 o ISO 11357-2 (para temperaturas de transición vítrea por calorimetría diferencial de barrido), o una combinación de las mismas.

15

20

25

Los valores de temperatura asociados con la temperatura de fusión pueden medirse de acuerdo con ASTM D3418-15 o ISO 11357-3.

30

La cantidad de polímero con relación a la cantidad de metal reactivo en el ensamble de metal hinchable es de manera que el calor de reacción suministrado al polímero lo ablanda, pero no lo funde. Para lograr el equilibrio en el calor de reacción con el ablandamiento del polímero, se cree que el ensamble de metal

hinchable puede incluir 1-49 % en volumen de polímero y 51-99 % en volumen de metal reactivo.

En algunos aspectos, el polímero puede incluir un poliuretano termoplástico, un
5 vulcanizado termoplástico o una de sus combinaciones. En aspectos adicionales
o alternativos, el polímero puede incluir acrílico, ABS, nailon, PLA,
polibencimidazol, policarbonato, poliéter sulfona, polioximetileno, poliéter éter
cetona, polieterimida, polietileno, óxido de polifenileno, sulfuro de polifenileno,
10 polipropileno, poliestireno, cloruro de polivinilo, fluoruro de polividnilideno,
politetrafluoroetileno, o una de sus combinaciones. En aspectos adicionales o
alternativos, el polímero puede incluir un elastómero sin curar.

En algunos aspectos, el polímero no es poroso. En aspectos adicionales o
alternativos, el polímero es inerte y no reactivo con el metal reactivo y el fluido del
15 pozo.

El fluido del pozo descrito en la presente descripción generalmente incluye agua
como parte de la composición del fluido. En algunas modalidades, el fluido del
pozo puede ser un cemento bombeable, un fluido de perforación, un fluido de
20 fracturación o un fluido de producción. En algunas modalidades, el fluido del pozo
incluye una salmuera. La salmuera puede incluir agua salada (por ejemplo, agua
que contiene una o más sales disueltas), agua salada saturada (por ejemplo,
agua salada producida a partir de una formación subterránea), agua de mar, agua
dulce o cualquier combinación de las mismas. Generalmente, la salmuera puede
25 ser de cualquier fuente. La salmuera puede ser una salmuera monovalente o una
salmuera divalente. Las salmueras monovalentes adecuadas pueden incluir, por
ejemplo, salmueras de cloruro de sodio, salmueras de bromuro de sodio,
salmueras de cloruro de potasio, salmueras de bromuro de potasio y similares.
Las salmueras divalentes adecuadas pueden incluir, por ejemplo, salmueras de
30 cloruro de magnesio, salmueras de cloruro de calcio, salmueras de bromuro de
calcio y similares. En algunos ejemplos, la salinidad de la salmuera puede superar
el 10 %. En dichos ejemplos, el uso de materiales aglutinantes elastoméricos
puede afectarse. Ventajosamente, el metal o los metales reactivos de la presente
descripción no se afectan por el contacto con salmueras de alta salinidad.

Las Figuras 2A a 2D ilustran vistas en sección transversal de ensambles de metal hinchable 200, 201, 202 y 203 en una primera configuración que es antes del inflado o expansión del metal reactivo debido al contacto con un fluido del pozo en el pozo o el revestimiento 210. Los ensambles 200, 201, 202 y 203 tienen cada uno una configuración de empacador. Cada uno de los ensambles 200, 201, 202 y 203 tiene un metal reactivo en forma de manguito anular 230. El manguito anular 230 se ajusta alrededor y contacta con la superficie exterior 224 del tubo de campo petrolero 223, y el metal reactivo es una pieza sólida del metal reactivo que se forma en forma de estructura tubular. La pieza sólida del metal reactivo puede ser una o una combinación de las especies de metal reactivo descritas en la presente descripción. El polímero de cada ensamble 200, 201, 202 y 203 está incorporado como uno o más anillos de polímero, que se describe con más detalle para cada una de las Figuras 2A a 2D más abajo. El polímero en cada ensamble 200, 201, 202 y 203 puede ser una o una combinación de especies del polímero descritas en la presente descripción.

El ensamble de metal hinchable 200 de la Figura 2A tiene ranuras 231 y 232 formadas en una superficie exterior 233 del manguito anular 230. Las ranuras 231 y 232 se extienden alrededor de la circunferencia del manguito anular 230 y pueden tener cualquier dimensión (por ejemplo, profundidad, ancho y forma) para contener el polímero en su interior. Por ejemplo, la profundidad D1 de cada ranura 231 y 232 puede ser de 0,25, 0,5, 0,75 o 1 pulgada (6,35, 12,7, 19,05, o 25,4 mm), y el ancho W1 de cada ranura 231 y 232 puede ser de aproximadamente 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5, 4, 4,5 o 5 pulgadas (aproximadamente 2,54, 3,81, 5,08, 6,35, 7,62, 8,89, 10,16, 11,43, 12,7 cm). El polímero en el ensamble de metal hinchable 200 puede incorporarse como anillos 240 y 245. El anillo de polímero 240 puede colocarse en la ranura 231 y el anillo de polímero 245 puede colocarse en la ranura 232. El grosor T1 de cada anillo de polímero 240 y 245 puede ser de 0,25, 0,5, 0,75 o 1 pulgada (6,35, 12,7, 19,05 o 25,4 mm), y en el ensamble de metal hinchable 200 de la Figura 2A, la profundidad D1 de las ranuras 231 y 232 es igual al grosor T1 de los anillos de polímero 240 y 245. El ancho W2 de los anillos de polímero 240 y 245 puede ser igual o menor que el ancho W1 de las ranuras 231 y 232. Por ejemplo, el ancho W2 de cada anillo de polímero 240 y 241 puede

ser de aproximadamente 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5, 4, 4,5 o 5 pulgadas (aproximadamente 2,54, 3,81, 5,08, 6,35, 7,62, 8,89, 10,16, 11,43, 12,7 cm).

5 Mientras que dos ranuras 231 y 232 y dos anillos de polímero 240 y 245 se ilustran en la Figura 2A, se contempla que el ensamble de metal hinchable 200 de la Figura 2A puede tener una ranura 231 o 232 y un anillo de polímero 240 o 245, o más de dos ranuras 231 y 232 y más de dos anillos de polímero 240 y 245.

10 La Figura 2A también muestra el ensamble de metal hinchable 200 con tapas de extremos 250 y 251. 234 235 Las tapas de extremos 250 y 251 pueden proteger el metal reactivo en los extremos 234 y 235 del manguito anular 230 del contacto con materiales corrosivos durante la instalación y mientras se encuentran en el pozo o el revestimiento 210. Adicionalmente, las tapas de extremos 250 y 251 pueden impulsar la expansión del manguito anular 230 radialmente hacia afuera desde el tubo de campo petrolero 223. Las tapas de extremos 250 y 251 también pueden generar una barrera que evita que cualquier presión aplicada en el espacio anular 212 del pozo o el revestimiento 210 contra el ensamble de metal hinchable 200 comprometa el sello formado por el ensamble de metal hinchable 200 (después de la expansión y el sellado) en la dirección de la presión aplicada. 20 Las tapas de extremos 250 y 251 pueden estar formadas por polímero, por ejemplo, la misma especie de polímero que los anillos de polímero 240 y 245 o una especie diferente.

25 Debe entenderse que las tapas de extremos 250 y 251 pueden usarse con cualquier ensamble de metal hinchable descrito en la presente descripción, y la ilustración de las tapas de extremos 250 y 251 en combinación con el ensamble de metal hinchable 200 tiene fines descriptivos. También debe entenderse que las tapas de extremos 250 y 251 son componentes opcionales en todos los ejemplos descritos en la presente descripción.

30

El ensamble de metal hinchable 201 de la Figura 2B tiene ranuras 231 y 232 formadas en una superficie exterior 233 del manguito anular 230. Las ranuras 231 y 232 se extienden alrededor de la circunferencia del manguito anular 230 y pueden tener cualquier dimensión (por ejemplo, profundidad, ancho y forma) para

contener el polímero en su interior. Por ejemplo, la profundidad D2 de cada ranura 231 y 232 puede ser de 0,25, 0,5, 0,75 o 1 pulgada (6,35, 12,7, 19,05 o 25,4 mm), y el ancho W3 de cada ranura 231 y 232 puede ser de aproximadamente 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5, 4, 4,5 o 5 pulgadas (aproximadamente 2,54, 3,81, 5,08, 6,35, 7,62, 8,89, 10,16, 11,43, 12,7 cm). El polímero en el ensamble de metal hinchable 201 puede incorporarse como anillos 241 y 246. El anillo de polímero 241 puede colocarse en la ranura 231 y el anillo de polímero 246 puede colocarse en la ranura 232. El grosor T2 de cada anillo de polímero 241 y 246 puede ser de 0,25, 0,5, 0,75 o 1 pulgada (6,35, 12,7, 19,05 o 25,4 mm), y en el ensamble de metal hinchable 201 de la Figura 2B, la profundidad D2 de las ranuras 231 y 232 es menor que el grosor T2 de los anillos de polímero 241 y 246. Así, los anillos de polímero 241 y 246 se extienden radialmente hacia fuera más allá de la superficie exterior 233 del manguito anular 230 de metal reactivo en el ensamble 201 de la Figura 2B. El ancho W4 de los anillos de polímero 241 y 246 puede ser igual o menor que el ancho W3 de las ranuras 231 y 232. Por ejemplo, el ancho W4 de cada anillo de polímero 241 y 246 puede ser de aproximadamente 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5, 4, 4,5 o 5 pulgadas (aproximadamente 2,54, 3,81, 5,08, 6,35, 7,62, 8,89, 10,16, 11,43, 12,7 cm).

Mientras que dos ranuras 231 y 232 y dos anillos de polímero 241 y 246 se ilustran en la Figura 2B, se contempla que el ensamble de metal hinchable 201 de la Figura 2B puede tener una ranura 231 o 232 y un anillo de polímero 241 o 246, o más de dos ranuras 231 y 232 y más de dos anillos de polímero 241 y 246. En aspectos, el ensamble de metal hinchable 201 de la Figura 2B puede incluir opcionalmente las tapas de extremos 250 y 251 de la Figura 2A.

El ensamble de metal hinchable 202 de la Figura 2C tiene ranuras 231 y 232 formadas en una superficie exterior 233 del manguito anular 230. Las ranuras 231 y 232 se extienden alrededor de la circunferencia del manguito anular 230 y pueden tener cualquier dimensión (por ejemplo, profundidad, ancho y forma) para contener el polímero en su interior. Por ejemplo, la profundidad D3 de cada ranura 231 y 232 puede ser de 0,25, 0,5, 0,75 o 1 pulgada (6,35, 12,7, 19,05 o 25,4 mm), y el ancho W5 de cada ranura 231 y 232 puede ser de aproximadamente 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5, 4, 4,5 o 5 pulgadas (aproximadamente 2,54, 3,81, 5,08, 6,35, 7,62,

8,89, 10,16, 11,43, 12,7 cm). El polímero en el ensamble de metal hinchable 202 puede incorporarse como anillos 242 y 247. El anillo de polímero 242 puede colocarse en la ranura 231 y el anillo de polímero 247 puede colocarse en la ranura 232. El grosor T3 de cada anillo de polímero 242 y 247 puede ser de 0,25, 0,5, 0,75 o 1 pulgada (6,35, 12,7, 19,05 o 25,4 mm), y en el ensamble de metal hinchable 202 de la Figura 2C, la profundidad D3 de las ranuras 231 y 232 es mayor que el grosor T3 de los anillos de polímero 241 y 246. Así, los anillos de polímero 242 y 247 se extienden radialmente hacia fuera pero no sobresalen en dirección radial más allá de la superficie exterior 233 del manguito anular 230 de metal reactivo en el ensamble 202 de la Figura 2C. El ancho W6 de los anillos de polímero 242 y 247 puede ser igual o menor que el ancho W5 de las ranuras 231 y 232. Por ejemplo, el ancho W6 de cada anillo de polímero 242 y 247 puede ser de aproximadamente 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5, 4, 4,5 o 5 pulgadas (aproximadamente 2,54, 3,81, 5,08, 6,35, 7,62, 8,89, 10,16, 11,43, 12,7 cm).

15

Mientras que dos ranuras 231 y 232 y dos anillos de polímero 242 y 247 se ilustran en la Figura 2C, se contempla que el ensamble de metal hinchable 202 de la Figura 2C puede tener una ranura 231 o 232 y un anillo de polímero 242 o 247, o más de dos ranuras 231 y 232 y más de dos anillos de polímero 242 y 247. En aspectos, el ensamble de metal hinchable 202 de la Figura 2C puede incluir opcionalmente las tapas de extremos 250 y 251 de la Figura 2A.

20

El ensamble de metal hinchable 203 de la Figura 2D no tiene ranuras. El polímero en el ensamble de metal hinchable 203 puede incorporarse como anillos 243 y 248. Los anillos de polímero 243 y 248 pueden colocarse alrededor de la circunferencia de la superficie exterior 233 del manguito anular 230. El grosor T4 de cada anillo de polímero 243 y 248 puede ser de 0,25, 0,5, 0,75 o 1 pulgada (6,35, 12,7, 19,05 o 25,4 mm). El ancho W7 de cada anillo de polímero 243 y 248 puede ser de aproximadamente 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5, 4, 4,5 o 5 pulgadas (aproximadamente 2,54, 3,81, 5,08, 6,35, 7,62, 8,89, 10,16, 11,43, 12,7 cm).

30

Mientras que dos anillos de polímero 243 y 248 se ilustran en la Figura 2D, se contempla que el ensamble de metal hinchable 203 de la Figura 2D puede tener un anillo de polímero 243 o 248, o más anillos de polímero 243 y 248. En

aspectos, el ensamble de metal hinchable 203 de la Figura 2D puede incluir opcionalmente las tapas de extremos 250 y 251 de la Figura 2A.

5 Mientras que la sección transversal de cada uno de los anillos de polímero 240-248 en las Figuras 2A a 2D se muestra con una forma rectangular, la sección transversal de los anillos de polímero 240-248 puede tener cualquier forma, tales como cuadrada, circular, triangular o cualquier otra sección transversal poligonal. Igualmente, mientras que la sección transversal de las ranuras 231 y 232 en el manguito anular 230 de las Figuras 2A a 2D se muestra con forma rectangular, la
10 sección transversal de las ranuras 231 y 232 puede tener cualquier forma, tales como cuadrada, circular, triangular o cualquier otra sección transversal poligonal.

Cuando un fluido del pozo entra en contacto con el manguito anular 230 en las Figuras 2A a 2D, el volumen del manguito anular 230 aumenta. El calor de
15 reacción del metal reactivo con el fluido del pozo hace que los anillos de polímero 240-248 cambien de fase (por ejemplo, se ablanden sin fundirse, o se ablanden y luego se fundan), y el polímero de los anillos 240-248 disminuye en grosor y ancho, lo que aumenta el diámetro del anillo, a medida que se expande el manguito anular 230. El manguito anular 230 puede expandirse hasta que los
20 anillos de polímero 240-248 estén en acoplamiento de sellado con la pared interior 211 del pozo o el revestimiento 210.

Las Figuras 3A a 3B ilustran vistas laterales de ensambles de metal hinchable 301 y 302 en una primera configuración que es antes del inflado o la expansión del
25 metal reactivo debido al contacto con un fluido del pozo en el pozo o el revestimiento 310. Los ensambles 301 y 302 tienen cada uno una configuración de empacador. Cada uno de los ensambles 301 y 302 tiene un metal reactivo en forma de manguito anular 330. El manguito anular 330 se ajusta alrededor y hace contacto con la superficie exterior 324 del tubo de campo petrolero 323, y el metal
30 reactivo es una pieza sólida del metal reactivo que tiene la forma del manguito anular 330. La pieza sólida del metal reactivo puede ser una o una combinación de las especies de metal reactivo descritas en la presente descripción. El polímero del ensamble 301 se incorpora como un manguito 340 en la Figura 3A y como una cinta 350 en la Figura 3B. El polímero en cada ensamble 301 y 302

puede ser una o una combinación de especies del polímero descrito en la presente descripción.

El ensamble de metal hinchable 301 de la Figura 3A tiene un manguito de polímero 340 alrededor de la superficie exterior 333 del manguito anular 330. El manguito de polímero 340 tiene agujeros 341 formados en el mismo a través de los cuales un fluido del pozo puede entrar en contacto con el metal reactivo del manguito anular 330. Aunque los agujeros 341 se muestran con forma cuadrada, la forma de los agujeros 341 puede ser cualquier forma o una combinación de formas. Además, el tamaño de los agujeros 341 no se limita al tamaño que se muestra en la Figura 3A y puede ser mayor o menor. Además, los agujeros 341 pueden tener cualquier combinación de formas y cualquier combinación de tamaños. En algunas modalidades, los agujeros 341 en el manguito 340 tienen una configuración de red o malla configurada para permitir que el fluido del pozo entre en contacto con el metal reactivo a través de los agujeros 341 del manguito de polímero 340. El manguito de polímero 340 puede instalarse en la superficie exterior 333 del manguito anular 330 al deslizar el manguito 340 sobre el manguito anular 330. El grosor del manguito de polímero 340 puede ser de 0,25, 0,5, 0,75 o 1 pulgada (6,35, 12,7, 19,05 o 25,4 mm). En aspectos, el ensamble de metal hinchable 301 de la Figura 3A puede incluir opcionalmente las tapas de extremos 250 y 251 de la Figura 2A.

Cuando un fluido del pozo entra en contacto con el manguito anular 330 en la Figura 3A, el volumen del manguito anular 330 aumenta. El calor de reacción del metal reactivo con el fluido del pozo provoca que el manguito de polímero 340 cambie de fase (por ejemplo, se ablande sin fundirse, o se ablande y luego se funda), y el polímero del manguito 340 puede disminuir en grosor y los agujeros 341 pueden aumentar de tamaño, a medida que se expande el manguito anular 330. El manguito anular 330 puede expandirse hasta que el manguito de polímero 340 esté en acoplamiento de sellado con la pared interior 311 del pozo o el revestimiento 310.

El ensamble de metal hinchable 303 de la Figura 3B tiene una cinta de polímero 350 alrededor de la superficie exterior 333 del manguito anular 330. El grosor de

la cinta 350 puede ser de 0,25, 0,5, 0,75 o 1 pulgada (6,35, 12,7, 19,05 o 25,4 mm). La cinta de polímero 350 tiene adhesivo en un lado, y el adhesivo puede unir la cinta de polímero 350 a la superficie exterior 333 del manguito anular 3330. La cinta 350 puede envolverse alrededor del manguito anular 330 con cualquier patrón, tal como el patrón en espiral que se muestra en la Figura 3B. En algunos aspectos, la cinta de polímero 350 se envuelve de manera que el espacio 360 está entre las envolturas de la cinta 350. El espacio 360 expone la superficie exterior 333 del manguito anular 330 para que el metal reactivo pueda entrar en contacto con el fluido del pozo. La cinta de polímero 350 puede instalarse en la superficie exterior 333 del manguito anular 330 al envolver la cinta 350 alrededor de la superficie exterior 333 del manguito anular 330. En aspectos, el ensamble de metal hinchable 302 de la Figura 3B puede incluir opcionalmente las tapas de extremos 250 y 251 de la Figura 2A.

15 Cuando un fluido del pozo entra en contacto con el manguito anular 330 en la Figura 3B, el volumen del manguito anular 330 aumenta. El calor de reacción del metal reactivo con el fluido del pozo provoca que la cinta de polímero 350 cambie de fase (por ejemplo, se ablande sin fundirse o se ablande y luego se funda), y el polímero de la cinta 350 puede disminuir en grosor y ancho, y aumentar de diámetro, a medida que se expande el manguito anular 330. El manguito anular 20 330 puede expandirse hasta que la cinta de polímero 350 esté en acoplamiento de sellado con la pared interior 311 del pozo o el revestimiento 310.

Las Figuras 4A a 4C ilustran vistas en perspectiva de ensambles de metal hinchable 401, 402 y 403 en una primera configuración que es antes del inflado o la expansión del metal reactivo debido al contacto con un fluido del pozo dentro de un tubo de campo petrolero. Los ensambles 401, 402 y 403 tienen cada uno una configuración de tapón. Los diámetros exteriores OD1, OD2 y OD3 (el diámetro exterior total del metal reactivo y el polímero combinados) son menores que el diámetro interior de un tubo de campo petrolero, por ejemplo, el tubo de campo petrolero 123 de la sarta de tubería 120 ilustrada en la Figura 1, el tubo de campo petrolero 223 en las Figuras 2A a 2D, o tubo de campo petrolero 323 en las Figuras 3A a 3B.

El ensamble de metal hinchable 401 de la Figura 4A tiene un cuerpo cilíndrico sólido 430 del metal reactivo. El polímero se incorpora como anillos de polímero 421 y 422, que se colocan alrededor de la circunferencia de la superficie exterior 433 del cuerpo cilíndrico sólido 430 de forma similar a la colocación de los anillos de polímero 243 y 248 que se muestra y describe en la Figura 2D. Alternativamente, los anillos de polímero 421 y 422 pueden colocarse en ranuras formadas en el cuerpo cilíndrico 430, similares a las ranuras 231 y 232 mostradas y descritas en las Figuras 2A a 2C.

El grosor de cada anillo de polímero 421 y 422 puede ser de 0,25, 0,5, 0,75 o 1 pulgada (6,35, 12,7, 19,05 o 25,4 mm). El ancho de cada anillo de polímero 421 y 422 puede ser de aproximadamente 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5, 4, 4,5 o 5 pulgadas (aproximadamente 2,54, 3,81, 5,08, 6,35, 7,62, 8,89, 10,16, 11,43, 12,7 cm). La profundidad de cualquier ranura presente en el ensamble 401 puede ser de 0,25, 0,5, 0,75 o 1 pulgada (6,35, 12,7, 19,05 o 25,4 mm), y el ancho de cualquier ranura presente en el ensamble 401 puede ser de aproximadamente 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5, 4, 4,5 o 5 pulgadas (alrededor de 2,54, 3,81, 5,08, 6,35, 7,62, 8,89, 10,16, 11,43, 12,7 cm). En aspectos del ensamble 401 donde hay ranuras, la profundidad de las ranuras puede ser menor, igual o mayor que el grosor de los anillos de polímero 421 y 422, y el ancho de los anillos de polímero 421 y 422 puede ser igual a o menor que el ancho de las ranuras.

Cuando un fluido del pozo entra en contacto con el cuerpo cilíndrico sólido 430 en la Figura 4A, el volumen del cuerpo 430 aumenta. El calor de reacción del metal reactivo con el fluido del pozo provoca que los anillos de polímero 421 y 422 cambien de fase (por ejemplo, se ablanden sin fundirse, o se ablanden y luego se fundan), y el polímero de los anillos 421 y 422 disminuye en grosor y ancho, lo que aumenta el diámetro del anillo, a medida que se expande el cuerpo 430. El cuerpo 430 puede expandirse hasta que los anillos de polímero 421 y 422 estén en acoplamiento de sellado con la pared interior de un tubo de campo petrolero.

El ensamble de metal hinchable 402 de la Figura 4B tiene un cuerpo cilíndrico sólido 431 del metal reactivo. El polímero se incorpora como un manguito de polímero 423 que se coloca alrededor de la circunferencia de la superficie exterior

434 del cuerpo cilíndrico sólido 431. El manguito de polímero 423 tiene agujeros 424 formados en el mismo a través de los cuales un fluido del pozo puede entrar en contacto con el metal reactivo del cuerpo cilíndrico sólido 431. Aunque los agujeros 424 se muestran con forma cuadrada, la forma de los agujeros 424 puede ser cualquier forma o una combinación de formas. Además, el tamaño de los agujeros 424 no se limita al tamaño mostrado en la Figura 4B y puede ser mayor o menor. Además, los agujeros 424 pueden tener cualquier combinación de formas y cualquier combinación de tamaños. En algunas modalidades, los agujeros 424 en el manguito 423 tienen una configuración de red o malla configurada para permitir que el fluido del pozo entre en contacto con el metal reactivo a través de los agujeros 424 del manguito de polímero 423. El manguito de polímero 423 puede instalarse en la superficie exterior 434 del cuerpo 431 al deslizar el manguito 423 sobre el cuerpo 431. El grosor del manguito de polímero 423 puede ser de 0,25, 0,5, 0,75 o 1 pulgada (6,35, 12,7, 19,05 o 25,4 mm).

15

Cuando un fluido del pozo entra en contacto con el cuerpo cilíndrico sólido 431 en la Figura 4B, el volumen del cuerpo 431 aumenta. El calor de reacción del metal reactivo con el fluido del pozo provoca que el manguito de polímero 423 cambie de fase (por ejemplo, se ablande sin fundirse, o se ablande y luego se funde), y el polímero del manguito 423 disminuye en grosor y, lo que aumenta el diámetro del manguito 423, a medida que se expande el cuerpo 431. El cuerpo 431 puede expandirse hasta que el manguito de polímero 423 esté en acoplamiento de sellado con la pared interior de un tubo de campo petrolero.

25

El ensamble de metal hinchable 403 de la Figura 4C tiene un cuerpo esférico sólido 432 del metal reactivo. El polímero se incorpora como un manguito de polímero esférico 425 que se coloca alrededor de la superficie exterior 435 del cuerpo esférico sólido 432. El manguito de polímero 425 tiene agujeros 426 formados en el mismo a través de los cuales un fluido del pozo puede entrar en contacto con el metal reactivo del cuerpo esférico sólido 432. Aunque los agujeros 426 se muestran con forma cuadrada, la forma de los agujeros 426 puede ser cualquier forma o una combinación de formas. Además, el tamaño de los agujeros 426 no se limita al tamaño que se muestra en la Figura 4C y puede ser mayor o menor. Además, los agujeros 426 pueden tener cualquier combinación de formas

30

y cualquier combinación de tamaños. En algunas modalidades, los agujeros 426 en el manguito 425 tienen una configuración de red o malla configurada para permitir que el fluido del pozo entre en contacto con el metal reactivo a través de los agujeros 426 del manguito de polímero 425. El grosor del manguito de polímero 425 puede ser de 0,25, 0,5, 0,75 o 1 pulgada (6,35, 12,7, 19,05 o 25,4 mm). El manguito de polímero 425 puede instalarse en la superficie exterior 435 del cuerpo 432 al deslizar el manguito 425 sobre el cuerpo 432.

Cuando un fluido del pozo entra en contacto con el cuerpo esférico sólido 432 en la Figura 4C, el volumen del cuerpo 432 aumenta. El calor de reacción del metal reactivo con el fluido del pozo provoca que el manguito de polímero 425 cambie de fase (por ejemplo, se ablande sin fundirse, o se ablande y luego se funda), y el polímero del manguito 425 disminuye en grosor y, lo que aumenta el diámetro del manguito 425, a medida que el cuerpo 432 se expande. El cuerpo 432 puede expandirse hasta que una porción del manguito de polímero 425 esté en acoplamiento de sellado con la pared interior de un tubo de campo petrolero.

En aspectos de los ensambles 200-203, 301-302 y 401-403 ilustrados en las Figuras 2A-2D, 3A-3B y 4A-4C, el polímero (por ejemplo, incorporado como anillo, manguito o cinta) puede unirse al metal reactivo con un adhesivo.

La Figura 5A muestra una vista en sección transversal del ensamble de metal hinchable 200 de la Figura 2A en una segunda configuración que es después del inflado o la expansión del metal reactivo debido al contacto con un fluido del pozo en el pozo o el revestimiento 210. El metal reactivo del manguito anular 230 ha entrado en contacto con el fluido del pozo en el espacio anular entre la pared interior 211 del pozo o el revestimiento 310 y la superficie exterior 224 del tubo de campo petrolero 223, y ha reaccionado provocando que el volumen del manguito anular 230 aumente. El calor de reacción del metal reactivo con el fluido del pozo provocó que los anillos de polímero 240 y 245 cambiaran de fase (por ejemplo, se ablandaran sin fundirse, o se ablandaran y luego se fundieran), y el polímero de los anillos 240 y 245 aumentó en diámetro, hasta que los anillos 240 y 245 hicieron contacto con la pared interior 211 del pozo o el revestimiento 210. El metal reactivo en el manguito anular 230 continuó reaccionando con el fluido del

pozo hasta que los anillos de polímero 240 y 245, así como también el producto de reacción de las porciones del manguito anular 230 que no estaban cubiertas por los anillos de polímero 240 y 245, realizó un acoplamiento de sellado con la pared interior 211 del pozo o revestimiento 210. Después de que cesó la reacción, el polímero de los anillos 240 y 245 se enfrió por debajo de la temperatura de fase (por ejemplo, temperatura de fusión, temperatura de ablandamiento o ambas) y formó un sello de polímero contra la pared interior 211 del pozo o el revestimiento 210. El sello de polímero en combinación con el sello proporcionado por el producto de reacción del metal reactivo proporciona un sello mejorado de acuerdo con esta descripción. El inflado, la expansión y el sellado como se explica en la Figura 5A es aplicable a los ensambles de metal hinchable 201, 202 y 203 de las Figuras 2B a 2D y ensambles de metal hinchable 301 y 302 de las Figuras 3A y 3B.

La Figura 5B muestra una vista en sección transversal del ensamble de metal hinchable 401 configurado como un tapón y en una segunda configuración que es después del inflado o la expansión del metal reactivo debido al entrar en contacto con un fluido del pozo dentro de un tubo de campo petrolero 223. El metal reactivo del cuerpo cilíndrico sólido 430 ha entrado en contacto con fluido del pozo en el interior del tubo de campo petrolero 223, y ha reaccionado provocando de este modo que aumente el volumen del cuerpo 430. El calor de reacción del metal reactivo con el fluido del pozo hizo que los anillos de polímero 421 y 422 cambiaran de fase (por ejemplo, se ablandaran sin fundirse, o se ablandaran y luego se fundieran), y el polímero de los anillos 421 y 422 aumentó en diámetro, hasta que los anillos 421 y 422 entraron en contacto con la pared interior 225 del tubo de campo petrolero 223. El metal reactivo en el cuerpo 430 continuó reaccionando con el fluido del pozo hasta que los anillos de polímero 421 y 422, así como también el producto de reacción de las porciones del cuerpo 430 que no estaban cubiertas por los anillos de polímero 421 y 422, hicieron un acoplamiento de sellado con la pared interior 225 del tubo de campo petrolero 223. Después de que cesó la reacción, el polímero de los anillos 421 y 422 se enfrió por debajo de la temperatura de cambio de fase (por ejemplo, la temperatura de ablandamiento, la temperatura de fusión o ambas) y formó un sello de polímero contra la pared interior 225 del tubo de campo petrolero 223. El sello de polímero en combinación

con el sello proporcionado por el producto de reacción del metal reactivo proporciona un sello mejorado de acuerdo con esta descripción. El inflado, la expansión y el sellado como se explica en la Figura 5B es aplicable a los ensambles de metal hinchable 402 y 403 de las Figuras 4B a 4C.

5

Se describe un método en la Figura 6 con referencia continuada a las Figuras 2A a 2D, 3A a 3B y 4A a 4C. La Figura 6 ilustra un método 600 para formar un sello en un pozo.

10 En la etapa 605, el método 600 puede incluir proporcionar un tubo de campo petrolero 223 o 323 y un ensamble de metal hinchable 200, 201, 202, 203, 301, 302, 401, 402 o 403 que comprende el metal reactivo y el polímero en el pozo 210 o 310. El pozo 210 o 310 puede revestirse con revestimiento o ser de pozo abierto (sin revestimiento). Como se describe en la presente descripción, el ensamble de
15 metal hinchable 200, 201, 202, 203, 301, 302, 401, 402 o 403 incluye un metal reactivo y un polímero, donde el polímero está en contacto con al menos una porción del metal reactivo. El ensamble de metal hinchable 200, 201, 202, 203, 301 o 302 puede colocarse alrededor de al menos una porción del tubo de campo petrolero 223 o 323. El ensamble de metal hinchable 401, 402 o 403 puede
20 colocarse dentro de al menos una porción del tubo de campo petrolero 223 o 323.

Proporcionar el tubo de campo petrolero 223 o 323 y el ensamble de metal hinchable 200, 201, 202, 203, 301 o 302 puede incluir colocar el ensamble de metal hinchable 200, 201, 202, 203, 301 o 302 en el tubo de campo petrolero 223
25 o 323 y ejecutar el tubo de campo petrolero 223 o 323 en el interior del pozo 210 o 310 (agujero abierto o revestido con revestimiento). Alternativamente, proporcionar el tubo de campo petrolero 223 o 323 y el ensamble de metal hinchable 401, 402 o 403 puede incluir colocar el ensamble de metal hinchable 401, 402 o 403 dentro del tubo de campo petrolero 223 o 323 y colocar el tubo de
30 campo petrolero 223 o 323 en el interior del pozo 210 o 310 (agujero abierto o revestido con revestimiento).

Generalmente, el ensamble de metal hinchable 200, 201, 202, 203, 301, 302, 401, 402 o 403 se proporciona en el pozo 210 o 310 cuando el ensamble de metal

hinchable 200, 201, 202, 203, 301, 302, 401, 402 o 403 está en la primera configuración (por ejemplo, antes del inflado o la expansión debido a entrar en contacto con el fluido del pozo).

- 5 En la etapa 610, el método 600 puede incluir el contacto del metal reactivo del ensamble de metal hinchable 200, 201, 202, 203, 301, 302, 401, 402 o 403 con un fluido del pozo. Por ejemplo, el fluido del pozo entra en contacto con porciones del manguito anular 230 o 330 que no están cubiertas por polímero (por ejemplo, entre anillos de polímero, a través de los agujeros de un manguito de polímero o
- 10 entre hebras de cinta). El contacto con el metal reactivo del ensamble de metal hinchable 200, 201, 202, 203, 301 o 302 puede incluir el inflado del ensamble de metal hinchable 200, 201, 202, 203, 301 o 302 (a través de la reacción del metal reactivo con el fluido del pozo para formar un producto de reacción que tenga un volumen mayor que el metal reactivo sin reaccionar) en el espacio anular 212 a
- 15 una segunda configuración para formar un sello entre el tubo de campo petrolero 223 o 323 y el pozo o el revestimiento 210 o 310. Poner en contacto el metal reactivo del ensamble de metal hinchable 401, 402 o 403 puede incluir el inflado del ensamble de metal hinchable 401, 402 o 403 (a través de la reacción del metal reactivo con el fluido del pozo para formar un producto de reacción que tiene un
- 20 volumen mayor que el metal reactivo sin reaccionar) en el interior del tubo de campo petrolero 223 o 323 a una segunda configuración para formar un sello dentro del tubo de campo petrolero 223 o 323 que es suficiente para evitar el flujo en el tubo de campo petrolero 223 o 323 más allá del ensamble de metal hinchable 401, 402 o 403. Generalmente, el contacto con el metal reactivo del
- 25 ensamble de metal hinchable 200, 201, 202, 203, 301, 302, 401, 402 o 403 provoca que el ensamble de metal hinchable 200, 201, 202, 203, 301, 302, 401, 402 o 403 para pasar de la primera configuración (por ejemplo, antes del contacto con el fluido del pozo) a la segunda configuración (por ejemplo, después del contacto con el fluido del pozo y la reacción con el mismo para formar el producto
- 30 de reacción).

En aspectos opcionales, el método 600 puede incluir la extracción del ensamble de metal hinchable 200, 201, 202, 203, 301, 302, 401, 402 o 403 después de realizar una tarea en el pozo (por ejemplo, inspeccionar una zona del pozo,

fracturar una zona del pozo, etc.). La extracción del ensamble de metal hinchable 200, 201, 202, 203, 301, 302, 401, 402 o 403 puede incluir aplicar una presión al ensamble de metal hinchable 200, 201, 202, 203, 301, 302, 401, 402 o 403 para convertir el producto de reacción (por ejemplo, hidróxido metálico) de nuevo en metal reactivo, al disminuir de esta manera el volumen del ensamble de metal hinchable 200, 201, 202, 203, 301, 302, 401, 402 o 403 y romper el sello que se generó. La extracción del ensamble de metal hinchable 200, 201, 202, 203, 301, 302, 401, 402 o 403 puede incluir adicionalmente el bombeo, con un fluido del pozo, del ensamble de metal hinchable extraído 200, 201, 202, 203, 301, 302, 401, 402 o 403 a una ubicación deseada (por ejemplo, a la superficie o a un punto muerto en el pozo 210 o 310).

Ejemplo

El Ejemplo 1 se describe con referencia a la Figura 7. La Figura 7 es una foto de una sección transversal de un ensamble de metal hinchable 700 que tiene una configuración de empacador. El ensamble de metal hinchable 700 está en la segunda configuración, después de colocarse en una tubería exterior 701 que se usó para simular la pared interior de un pozo o un revestimiento, y después de entrar en contacto el metal reactivo del ensamble de metal hinchable 700 con agua mientras estaba dentro de la tubería exterior 701. Como puede verse, el ensamble de metal hinchable 700 en la segunda configuración tiene el anillo de polímero 702 sellado contra la superficie interna de la tubería exterior 701, el manguito anular 703 del producto de reacción del metal reactivo está sellado entre el polímero 701 y el tubo de campo petrolero 704.

Para formar el ensamble de metal hinchable 700 del Ejemplo 1, el manguito anular 703 de metal reactivo se colocó alrededor de una sección del tubo de campo petrolero 704. El tubo de campo petrolero 704 tenía un diámetro exterior de 4,5 pulgadas. El manguito anular 703 tenía una longitud de 12,000 pulgadas, un diámetro interior de 4,565 pulgadas y un diámetro exterior de 5,465 pulgadas, lo que da al manguito anular 703 un grosor de 0,9 pulgadas. Se formó una ranura alrededor de la circunferencia del manguito anular 703 con una profundidad de 0,25 pulgadas y un ancho de 3,063 pulgadas. Se colocó un anillo de polímero 702

que tenía 3 pulgadas de ancho y 0,25 pulgadas de grosor y se pegó en la ranura del manguito anular 703. Se colocaron tapas de extremos del manguito anular 703. El metal reactivo del Ejemplo 1 era una aleación de magnesio y el polímero del Ejemplo 1 era un vulcanizado termoplástico conocido comercialmente como SANTOPRENE™.

El tubo de campo petrolero 704 que tenía el ensamble de metal hinchable alrededor se colocó en la tubería exterior 701 que tenía un diámetro interior de 6,125 pulgadas. Se introdujo agua en el espacio anular entre la pared interior de la tubería más grande 701 y la superficie exterior del tubo de campo petrolero 704 y el ensamble de metal hinchable 700. El ensamble de metal hinchable 700 se hinchó desde la primera configuración (sin expandir) a una segunda configuración (expandida), con el anillo de polímero 702 ablandándose y aumentando de diámetro a medida que el metal reactivo se convertía en producto de reacción con mayor volumen. El anillo de polímero 702 aumentó de diámetro hasta contactar con la pared interior de tubería exterior 701. Después de la reacción del metal reactivo, el ensamble de metal hinchable 700 se enfrió en la segunda configuración que se muestra en la Figura 7. Se aplicó una presión diferencial de 68,9 MPa (10 000 psi) al ensamble de metal hinchable 700, y este diferencial se mantuvo durante 48 horas, lo que demuestra que el sellado mejorado realizado por la combinación de metal reactivo y polímero en un ensamble de metal hinchable 700 fue efectivo para sellar en un entorno del pozo.

Descripción adicional

Las siguientes son modalidades específicas no limitativas de acuerdo con la presente descripción:

Una primera modalidad, que es un método para formar un sello en un pozo que comprende proporcionar un tubo de campo petrolero y un ensamble de metal hinchable en el pozo, en donde el ensamble de metal hinchable está ubicado alrededor o dentro de al menos una porción del tubo de campo petrolero, en donde el ensamble de metal hinchable comprende un metal reactivo y un

polímero, en donde el polímero está en contacto con al menos una parte del metal reactivo.

Una segunda modalidad, que es el método de la primera modalidad, en donde el metal reactivo se configura para reaccionar con un fluido del pozo para formar un hidróxido metálico in situ del pozo, y en donde el polímero tiene una temperatura de cambio de fase de manera que el polímero se configura para cambiar de fase al exponerse a un calor de reacción del metal reactivo con el fluido del pozo.

Una tercera modalidad, que es el método de la segunda modalidad, en donde la temperatura de cambio de fase del polímero es mayor que la temperatura de fondo de pozo.

Una cuarta modalidad, que es el método de cualquiera de las modalidades primera a tercera, en donde el metal reactivo se selecciona de magnesio, una aleación de magnesio, calcio, una aleación de calcio, aluminio, una aleación de aluminio o una de sus combinaciones.

Una quinta modalidad, que es el método de cualquiera de las modalidades primera a cuarta, en donde el polímero comprende un poliuretano termoplástico, un vulcanizado termoplástico o una de sus combinaciones.

Una sexta modalidad, que es el método de cualquiera de las modalidades primera a quinta, en donde el polímero comprende acrílico, ABS, nailon, PLA, polibencimidazol, policarbonato, poliéter sulfona, polioximetileno, poliéter éter cetona, polieterimida, polietileno, óxido de polifenileno, sulfuro de polifenileno, polipropileno, poliestireno, cloruro de polivinilo, fluoruro de polividnilideno, politetrafluoroetileno o una de sus combinaciones.

Una séptima modalidad, que es el método de cualquiera de las modalidades primera a sexta, en donde el polímero comprende un elastómero sin curar.

Una octava modalidad, que es el método de cualquiera de las modalidades primera a séptima, en donde el metal reactivo es un manguito anular configurado

de manera que una superficie interna del metal reactivo se enfrenta a una superficie exterior del tubo de campo petrolero, y en donde el polímero i) es un anillo de polímero ubicado en una ranura del manguito anular, ii) es una tapa de extremo colocada del manguito anular, iii) es un manguito de polímero que tiene
5 agujeros formados en el mismo, en donde el manguito de polímero se coloca alrededor del manguito anular, o iv) es una cinta aplicada al manguito anular.

Una novena modalidad, que es el método de cualquiera de las modalidades primera a octava, que comprende además poner en contacto el metal reactivo con
10 un fluido del pozo.

Una décima modalidad, que es un ensamble de metal hinchable para un tubo de campo petrolero, que comprende un metal reactivo configurado para colocarse alrededor o dentro del tubo de campo petrolero, y un polímero en contacto con al
15 menos una porción del metal reactivo, en donde el polímero tiene una temperatura de cambio de fase de manera que el polímero se configura para cambiar de fase tras la exposición al calor de reacción del metal reactivo con un fluido del pozo.

20 Una undécima modalidad, que es el ensamble de metal hinchable de la décima modalidad, en donde el metal reactivo se configura para reaccionar con un fluido del pozo para formar un hidróxido metálico in situ de un pozo.

Una duodécima modalidad, que es el ensamble de metal hinchable de la
25 undécima modalidad, en donde la temperatura de cambio de fase del polímero es mayor que la temperatura de fondo de pozo.

Una decimotercera modalidad, que es el ensamble de metal hinchable de cualquiera de las modalidades décima a duodécima, en donde el metal reactivo
30 se selecciona de magnesio, una aleación de magnesio, calcio, una aleación de calcio, aluminio, una aleación de aluminio o una de sus combinaciones.

Una decimocuarta modalidad, que es el ensamble de metal hinchable de cualquiera de las modalidades décima a decimotercera, en donde el polímero

comprende un poliuretano termoplástico, un vulcanizado termoplástico o una de sus combinaciones.

5 Una decimoquinta modalidad, que es el ensamble de metal hinchable de cualquiera de las modalidades décima a decimocuarta, en donde el polímero comprende acrílico, ABS, nailon, PLA, polibencimidazol, policarbonato, poliéter sulfona, polioximetileno, poliéter éter cetona, polieterimida, polietileno, óxido de polifenileno, sulfuro de polifenileno, polipropileno, poliestireno, cloruro de polivinilo, fluoruro de polividnilideno, politetrafluoroetileno o una de sus
10 combinaciones.

Una decimosexta modalidad, que es el ensamble de metal hinchable de cualquiera de las modalidades décima a decimoquinta, en donde el polímero comprende un elastómero sin curar.

15

Una decimoséptima modalidad, que es el ensamble de metal hinchable de cualquiera de las modalidades décima a decimosexta, en donde el metal reactivo es un manguito anular configurado de manera que una superficie interna del metal reactivo se enfrenta a una superficie exterior del tubo de campo petrolero, y en
20 donde el polímero i) es un anillo de polímero ubicado en una ranura del manguito anular, ii) es una tapa de extremo colocada en el extremo del manguito anular, iii) es un manguito de polímero que tiene agujeros formados en él, en donde el manguito de polímero se coloca alrededor del manguito anular, o iv) es una cinta aplicada al manguito anular.

25

Una decimoctava modalidad, que es el ensamble de metal hinchable de cualquiera de las modalidades décima a decimoséptima, en donde el metal reactivo es un cuerpo sólido cilíndrico o esférico que tiene un diámetro exterior menor que el diámetro interior del tubo de campo petrolero.

30

Una decimonovena modalidad, que es un sistema de metal hinchable para usar en un pozo, que comprende un tubo de campo petrolero y un ensamble de metal hinchable colocado alrededor o dentro del tubo de campo petrolero, en donde el

ensamble de metal hinchable comprende un metal reactivo y un polímero en contacto con al menos una porción del metal reactivo.

Una vigésima modalidad, que es el sistema de metal hinchable de la
5 decimonovena modalidad, en donde el metal reactivo se configura para reaccionar con un fluido del pozo para formar un hidróxido metálico in situ en el pozo, y en donde el polímero tiene una temperatura de cambio de fase de manera que el polímero se configura para cambiar de fase al exponerse a un calor de reacción del metal reactivo con el fluido del pozo.

10

Aunque se han mostrado y descrito modalidades, un experto en la técnica puede modificarlas sin apartarse del espíritu y las enseñanzas de esta descripción. Las modalidades descritas en la presente descripción son ilustrativas solamente, y no se pretende que sean limitantes. Muchas variaciones y modificaciones de las
15 modalidades descritas en la presente descripción son posibles y están dentro del alcance de esta descripción. Cuando se plantean expresamente intervalos o limitaciones numéricas, se debe entender que tales intervalos o limitaciones incluyen intervalos o limitaciones iterativas de magnitudes similares que caen dentro de los intervalos o limitaciones planteados expresamente (por ejemplo, de
20 aproximadamente 1 a aproximadamente 10 incluye, 2, 3, 4, etc.; mayor de 0,10 incluye 0,11, 0,12, 0,13, etc.). Por ejemplo, donde quiera que se describe un intervalo numérico con un límite inferior, R_l , y un límite superior, R_u , cualquier número que cae dentro del intervalo se describe específicamente. En particular, se describen específicamente los siguientes números dentro del intervalo: $R=R_1$
25 $+k^*$ (R_u-R_1), en donde k es una variable que varía de 1 por ciento a 100 por ciento con un 1 por ciento de aumento, es decir, k es 1 por ciento, 2 por ciento, 3 por ciento, 4 por ciento, 5 por ciento, ...50 por ciento, 51 por ciento, 52 por ciento, ..., 95 por ciento, 96 por ciento, 97 por ciento, 98 por ciento, 99 por ciento o 100 por ciento. Además, cualquier intervalo numérico definido por dos números R
30 como se definió anteriormente se describe específicamente también. El uso del término "opcionalmente" con respecto a cualquier elemento de una reivindicación pretende significar que el elemento en cuestión puede estar presente en algunas modalidades y no estar presente en otras modalidades. Ambas alternativas pretenden estar dentro del alcance de la reivindicación. El uso de términos más

amplios tales como comprende, incluye, que tiene, etc. debe entenderse que es para proporcionar soporte a términos más limitados tales como que consiste en, que consiste esencialmente en, y comprendido sustancialmente en, etc.

- 5 En consecuencia, el alcance de protección no está limitado por la descripción anterior, sino que solo está limitado por las reivindicaciones que siguen, dicho alcance incluye todos los equivalentes de la materia en cuestión de las reivindicaciones. Todas y cada una de las reivindicaciones se incorporan a la especificación como una modalidad de esta descripción. Por lo tanto, las
- 10 reivindicaciones son una descripción adicional y son una adición a las modalidades de esta descripción. La discusión de una referencia en la presente descripción no es una admisión de que es parte del estado de la técnica, especialmente cualquier referencia que pueda tener una fecha de publicación posterior a la fecha de prioridad de esta solicitud. Las descripciones de todas las
- 15 patentes, solicitudes de patente y publicaciones citadas en la presente descripción se incorporan como referencia, en la medida en que ofrecen ejemplos, procedimientos u otros detalles adicionales a los establecidos en la presente descripción

REIVINDICACIONES

1. Un método para formar un sello en un pozo que comprende:

5 proporcionar un tubo de campo petrolero y un ensamble de metal hinchable en el pozo, en donde el ensamble de metal hinchable está ubicado alrededor o dentro de al menos una porción del tubo de campo petrolero,
en donde el ensamble de metal hinchable comprende un metal reactivo y un polímero, en donde el polímero está en contacto con al menos una porción del
10 metal reactivo.

2. El método de la reivindicación 1, en donde el metal reactivo se configura para reaccionar con un fluido del pozo para formar un hidróxido metálico in situ en el pozo, y en donde el polímero tiene una temperatura de cambio de fase de manera
15 que el polímero se configura para cambiar de fase tras la exposición a un calor de reacción del metal reactivo con el fluido del pozo.

3. El método de la reivindicación 2, en donde la temperatura de cambio de fase del polímero es mayor que una temperatura de fondo de pozo.

20

4. El método de la reivindicación 1, en donde el metal reactivo se selecciona de magnesio, una aleación de magnesio, calcio, una aleación de calcio, aluminio, una aleación de aluminio o una de sus combinaciones.

25 5. El método de la reivindicación 1, en donde el polímero comprende un poliuretano termoplástico, un vulcanizado termoplástico o una de sus combinaciones.

6. El método de la reivindicación 1, en donde el polímero comprende acrílico,
30 ABS, nailon, PLA, polibencimidazol, policarbonato, poliéter sulfona, polioximetileno, poliéter éter cetona, polieterimida, polietileno, óxido de polifenileno, sulfuro de polifenileno, polipropileno, poliestireno, cloruro de polivinilo, fluoruro de polividnilideno, politetrafluoroetileno o una de sus combinaciones.

7. El método de la reivindicación 1, en donde el polímero comprende un elastómero sin curar.

5 8. El método de la reivindicación 1, en donde el metal reactivo es un manguito anular configurado de manera que una superficie interna del metal reactivo se enfrenta a una superficie exterior del tubo de campo petrolero, y en donde el polímero i) es un anillo de polímero ubicado en una ranura del manguito anular, ii) es una tapa de extremo colocada en un extremo del manguito anular, iii) es un
10 manguito de polímero que tiene agujeros formados en él, en donde el manguito de polímero se coloca alrededor del manguito anular, o iv) es una cinta aplicada al manguito anular.

9. El método de la reivindicación 1, que comprende, además:

15

poner en contacto el metal reactivo con un fluido del pozo.

10. Un ensamble de metal hinchable para un tubo de campo petrolero, que comprende:

20

un metal reactivo configurado para colocarse alrededor o dentro del tubo de campo petrolero; y

un polímero en contacto con al menos una porción del metal reactivo, en donde el polímero tiene una temperatura de cambio de fase de manera que el polímero se configura para cambiar de fase al exponerse al calor de reacción
25 del metal reactivo con un fluido del pozo.

11. El ensamble de metal hinchable de acuerdo con la reivindicación 10, en donde el metal reactivo se configura para reaccionar con un fluido del pozo para formar un hidróxido metálico in situ en un pozo.

30

12. El ensamble de metal hinchable de acuerdo con la reivindicación 11, en donde la temperatura de cambio de fase del polímero es mayor que una temperatura de fondo de pozo.

13. El ensamble de metal hinchable de acuerdo con la reivindicación 10, en donde el metal reactivo se selecciona de magnesio, una aleación de magnesio, calcio, una aleación de calcio, aluminio, una aleación de aluminio o una de sus combinaciones.

5

14. El ensamble de metal hinchable de acuerdo con la reivindicación 10, en donde el polímero comprende un poliuretano termoplástico, un vulcanizado termoplástico o una de sus combinaciones.

10

15. El ensamble de metal hinchable de acuerdo con la reivindicación 10, en donde el polímero comprende acrílico, ABS, nailon, PLA, polibencimidazol, policarbonato, poliéter sulfona, polioximetileno, poliéter éter cetona, polieterimida, polietileno, óxido de polifenileno, sulfuro de polifenileno, polipropileno, poliestireno, cloruro de polivinilo, fluoruro de polividnilideno, politetrafluoroetileno o una de sus combinaciones.

15

16. El ensamble de metal hinchable de acuerdo con la reivindicación 10, en donde el polímero comprende un elastómero sin curar.

20

17. El ensamble de metal hinchable de acuerdo con la reivindicación 10, en donde el metal reactivo es un manguito anular configurado de manera que una superficie interna del metal reactivo se enfrenta a una superficie exterior del tubo de campo petrolero, y en donde el polímero i) es un anillo de polímero ubicado en una ranura del manguito anular, ii) es una tapa de extremo colocada en un extremo del manguito anular, iii) es un manguito de polímero que tiene agujeros formados en él, en donde el manguito de polímero se coloca alrededor del manguito anular, o iv) es una cinta aplicada al manguito anular.

25

30

18. El ensamble de metal hinchable de acuerdo con la reivindicación 10, en donde el metal reactivo es un cuerpo sólido cilíndrico o esférico que tiene un diámetro exterior que es menor que el diámetro interior del tubo de campo petrolero.

19. Un sistema de metal hinchable para usar en un pozo, que comprende:

un tubo de campo petrolero; y

un ensamble de metal hinchable colocado alrededor o dentro del tubo de campo petrolero,

en donde el ensamble de metal hinchable comprende:

5 un metal reactivo, y

un polímero en contacto con al menos una porción del metal reactivo.

20. El sistema de metal hinchable de acuerdo con la reivindicación 19, en donde el metal reactivo se configura para reaccionar con un fluido del pozo para formar
10 un hidróxido metálico in situ en el pozo, y en donde el polímero tiene una temperatura de cambio de fase de manera que el polímero se configura para cambiar de fase tras la exposición al calor de reacción del metal reactivo con el fluido del pozo.

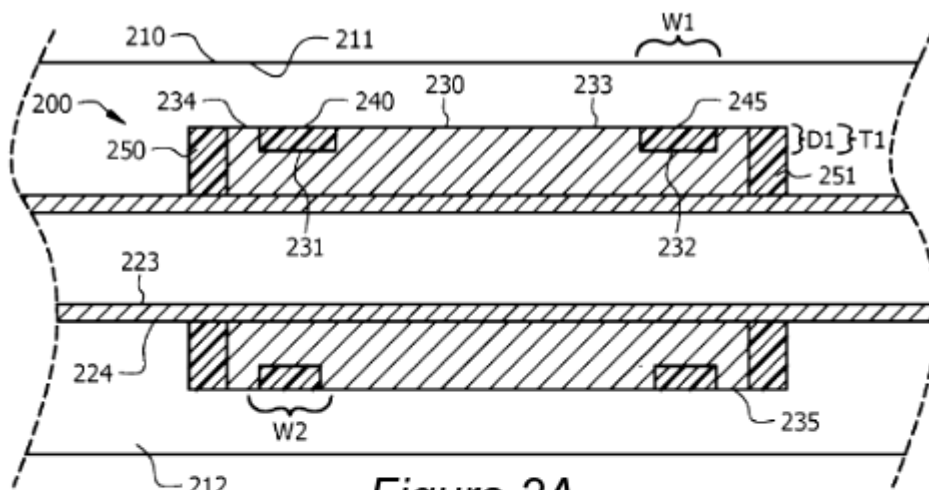


Figura 2A

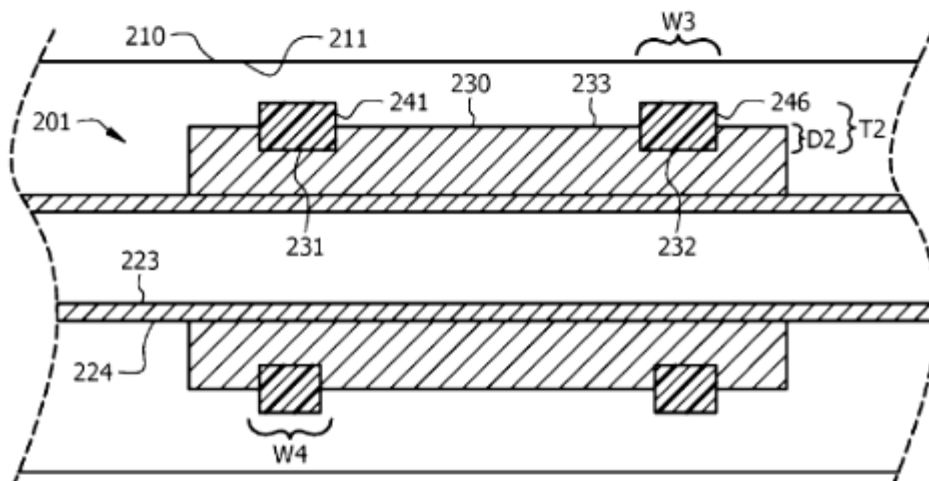


Figura 2B

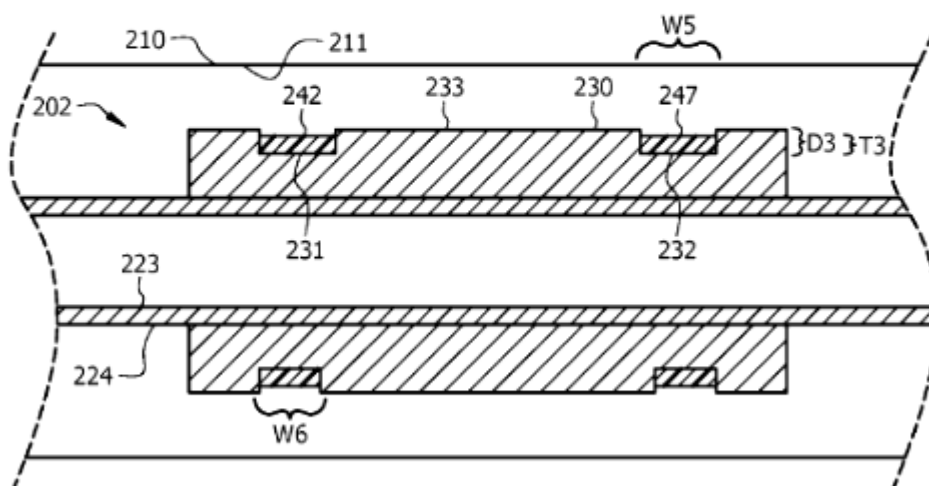


Figura 2C

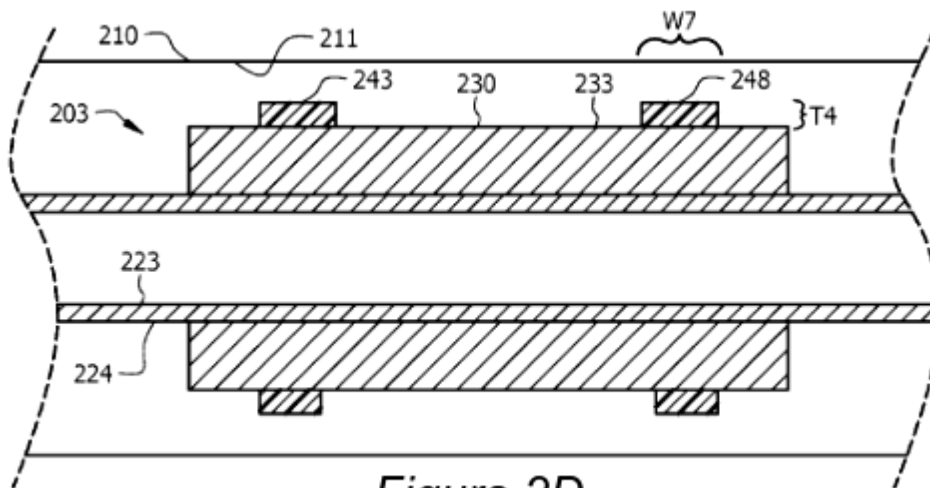


Figura 2D

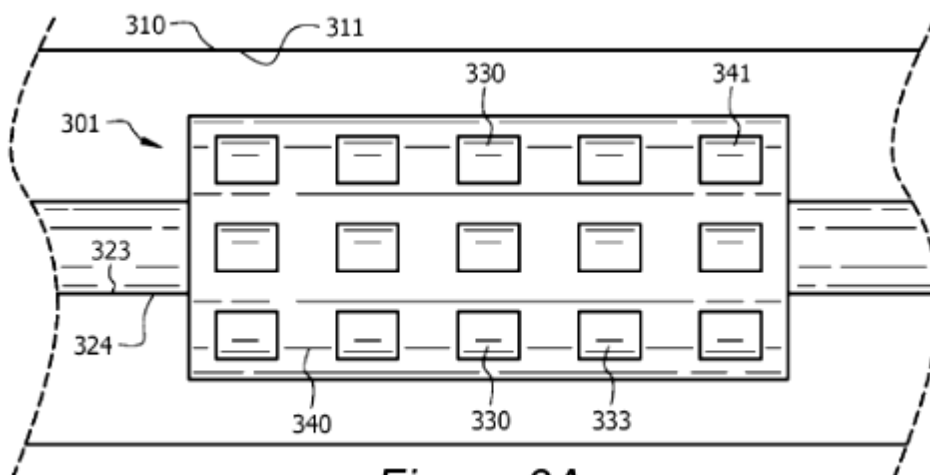


Figura 3A

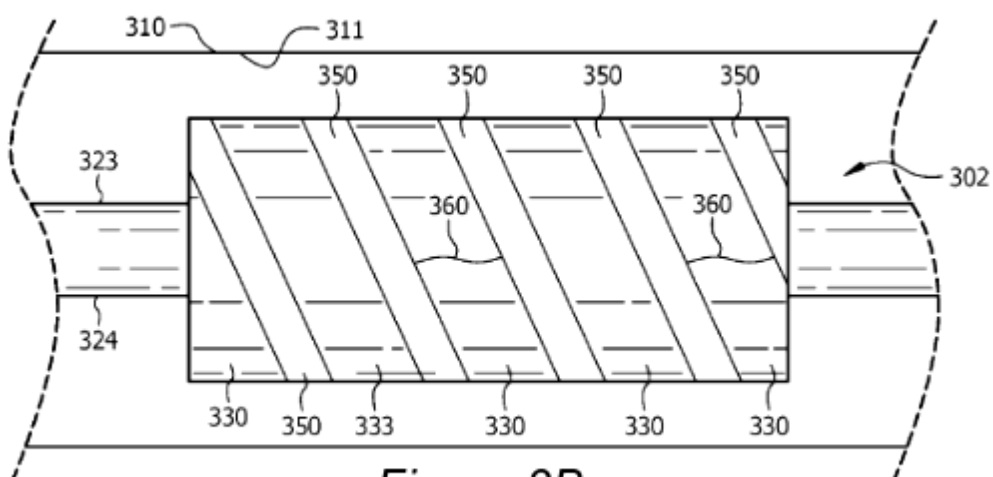
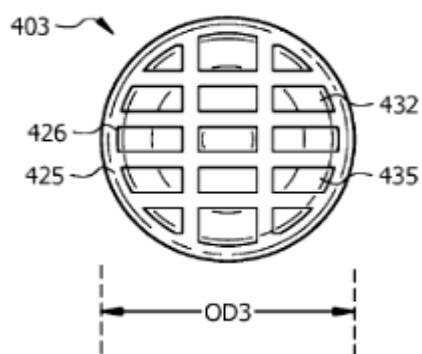
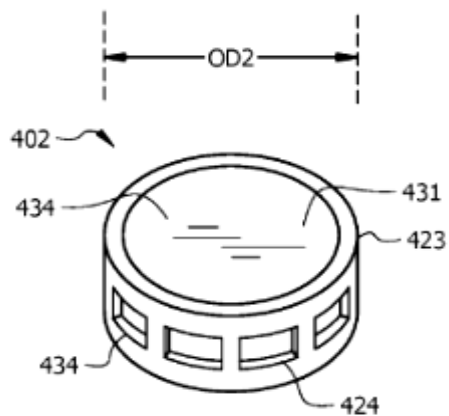
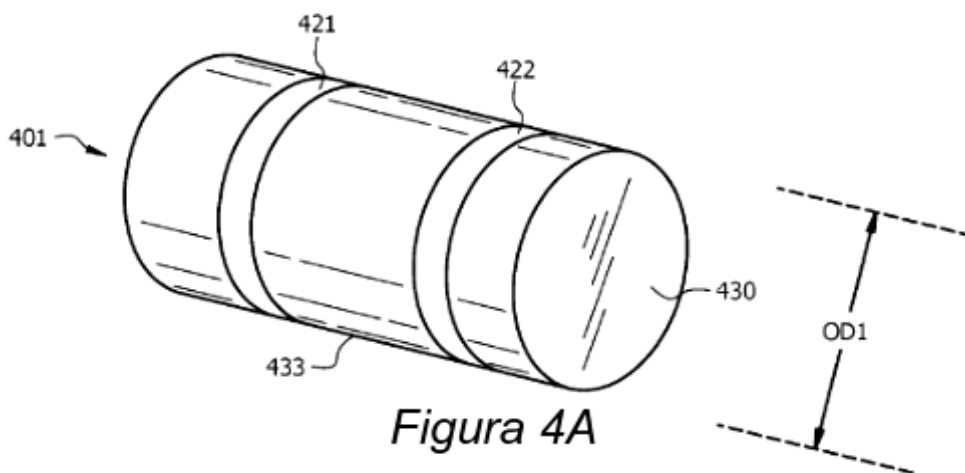
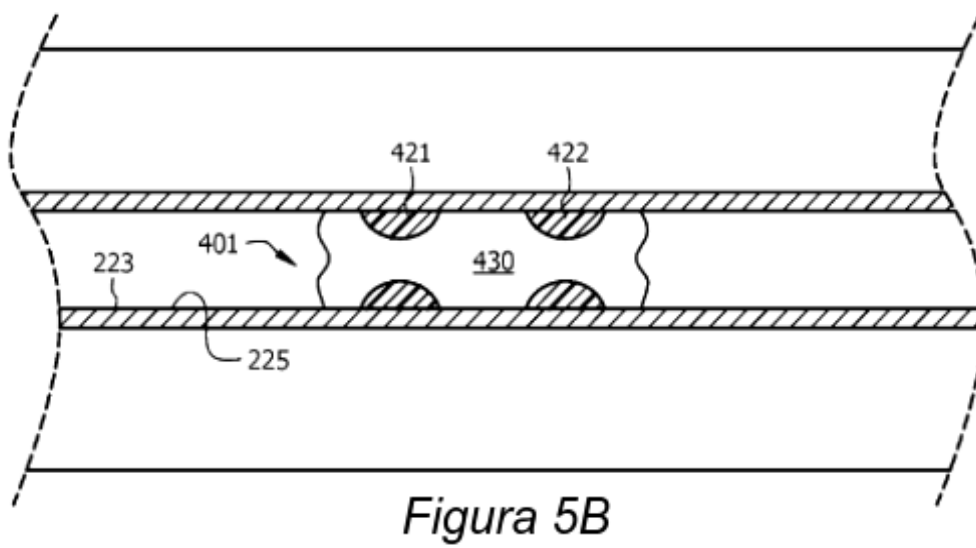
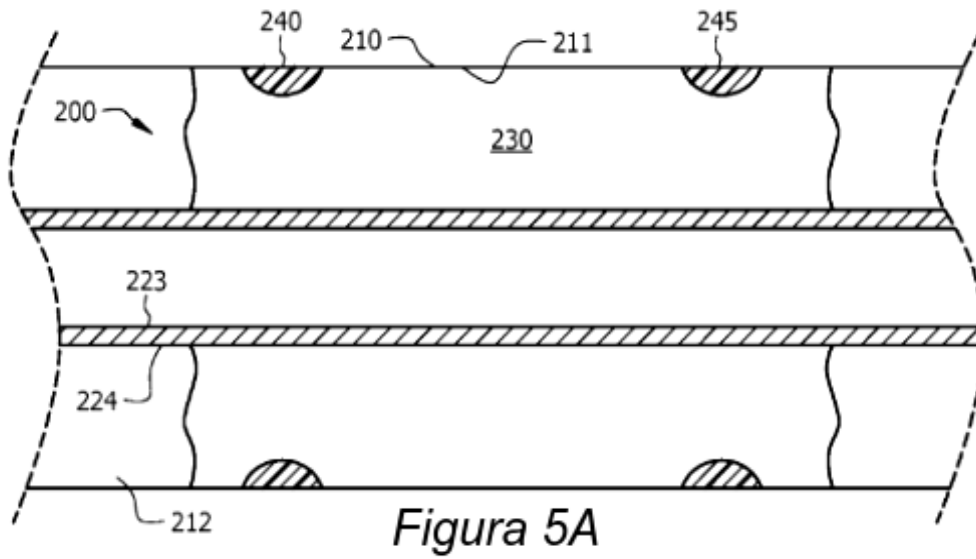


Figura 3B





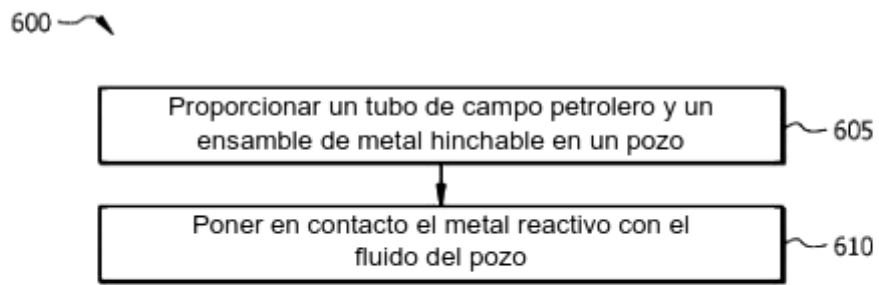


Figura 6

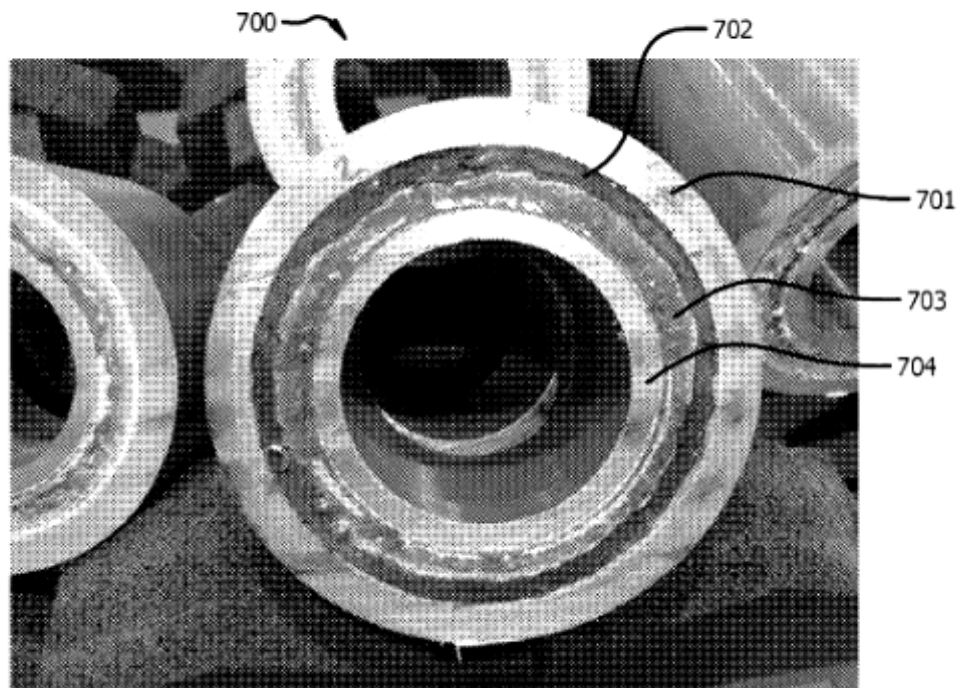


Figura 7