

ELEMENTOS DE SELLADO DE METAL REACTIVO PARA UN COLGADOR PARA TUBERÍA DE REVESTIMIENTO CORTA

REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

La presente solicitud internacional reivindica la prioridad y el beneficio de la solicitud de patente no provisional estadounidense N.º 16/718.727, presentada el 18 de diciembre de 2019, cuya divulgación se incorpora por referencia en la presente en su totalidad.

CAMPO TÉCNICO

La presente divulgación se refiere al uso de elementos de sellado de metal reactivo y, más particularmente, al uso de elementos de sellado de metal reactivo para sellar y anclar colgadores para tubería de revestimiento corta y tuberías de revestimiento cortas con accesorio de anclaje en aplicaciones de pozos.

ANTECEDENTES

En algunas operaciones de pozo, se puede suspender una tubería de revestimiento corta de una sarta de revestimiento o una capa de cemento fraguado con un colgador para tubería de revestimiento corta. El colgador para tubería de revestimiento corta se ancla al interior de la sarta de revestimiento o capa de cemento fraguado y suspende la tubería de revestimiento corta debajo de la sarta de revestimiento o capa de cemento fraguado. La tubería de revestimiento corta suspendida y el colgador para tubería de revestimiento corta no se extienden a la superficie como lo puede hacer una sarta de revestimiento o capa de cemento fraguado. Un colgador para tubería de revestimiento corta forma un sello con la sarta de revestimiento o capa de cemento fraguado para evitar el flujo de fluido desde el exterior de la tubería de revestimiento corta suspendido. El flujo de fluido se puede dirigir de este modo a través de la tubería de revestimiento corta. En algunas operaciones de pozo, se puede sellar una tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje a un colgador para tubería de revestimiento corta. La tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje vuelve a la superficie y puede o no instalarse de forma permanente mediante cementación en su lugar.

Los elementos de sellado se pueden utilizar para varias aplicaciones de pozo, que incluyen la formación de sellos anulares en y cerca de los colgadores para tubería de revestimiento corta y tuberías de revestimiento cortas con accesorio de anclaje. El sello anular puede restringir toda o una parte de la comunicación de fluido y/o presión a la interfaz del sello. Estos elementos de sellado pueden sellar y anclar los

colgadores para tubería de revestimiento corta y las tuberías de revestimiento cortas con accesorio de anclaje a la superficie adyacente, como la tubería de revestimiento, la capa de cemento fraguado o el colgador para tubería de revestimiento corta en el caso de las tuberías de revestimiento cortas con accesorio de anclaje. Algunas especies de los elementos de sellado comprenden materiales hinchables que se pueden hinchar si entran en contacto con fluidos inductores de hinchamiento específicos.

Muchos tipos de los materiales hinchables mencionados anteriormente comprenden elastómeros. Los elastómeros, tal como caucho, se hinchan cuando entran en contacto con un fluido inductor de hinchamiento. El fluido inductor de hinchamiento puede dispersarse en el elastómero, donde se puede retener una porción dentro de la estructura interna del elastómero. Los materiales hinchables tales como elastómeros pueden tener un uso limitado en entornos de pozo específicos (por ejemplo, los que no tienen alta salinidad y/o altas temperaturas). La presente divulgación proporciona un aparato y métodos mejorados para formar sellos en aplicaciones de pozo.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Los ejemplos ilustrativos de la presente divulgación se describen en detalle a continuación con referencia a las figuras de los dibujos adjuntos, que se incorporan en la presente por referencia, y en donde:

La Figura 1 es una sección transversal que ilustra un sistema de tubería de ejemplo para un pozo que penetra en una formación subterránea de acuerdo con los ejemplos divulgados en la presente;

La Figura 2 es una sección transversal ampliada que ilustra una parte del sistema de tubería de ejemplo de la Figura 1 de acuerdo con los ejemplos divulgados en la presente;

La Figura 3A es una sección transversal de un colgador para tubería de revestimiento corta expandible de acuerdo con los ejemplos divulgados en la presente;

La Figura 3B es una sección transversal del colgador para tubería de revestimiento corta expansible de la Figura 3A después de que una parte de este se haya expandido de acuerdo con los ejemplos divulgados en la presente;

La Figura 4 es una ilustración de un colgador para tubería de revestimiento corta de acuerdo con los ejemplos divulgados en la presente;

La Figura 5 es una sección transversal que ilustra un sistema de tubería de ejemplo para un pozo que penetra en una formación subterránea de acuerdo con los

ejemplos divulgados en la presente;

La Figura 6 es una sección transversal ampliada que ilustra una parte del sistema de tubería de ejemplo de la Figura 5 de acuerdo con los ejemplos divulgados en la presente;

La Figura 7A es una ilustración en sección transversal de una tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje en el proceso de ajuste con un elemento de sellado de metal reactivo de acuerdo con los ejemplos divulgados en la presente; y

La Figura 7B es una ilustración en sección transversal de una tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje que tiene un elemento de sellado de metal reactivo ajustado y prensado a este de acuerdo con los ejemplos divulgados en la presente.

Las figuras ilustradas son solo de ejemplo y no pretenden afirmar ni implicar ninguna limitación con respecto al entorno, la arquitectura, el diseño o el proceso en el que se pueden implementar diferentes ejemplos.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

La presente divulgación se refiere al uso de elementos de sellado de metal reactivo y, más particularmente, al uso de elementos de sellado de metal reactivo para sellar y anclar colgadores para tubería de revestimiento corta y tuberías de revestimiento cortas con accesorio de anclaje en aplicaciones de pozos.

En la siguiente descripción detallada de varios ejemplos ilustrativos, se hace referencia a los dibujos adjuntos que forman parte de esta, y en la que se muestran a modo de ilustración ejemplos que se pueden poner en práctica. Estos ejemplos se describen con suficiente detalle para permitirle a las personas del oficio de nivel medio ponerlos en práctica, y debe entenderse que se pueden usar otros ejemplos y que se pueden realizar cambios estructurales, mecánicos, eléctricos y químicos lógicos sin apartarse del espíritu o alcance de los ejemplos divulgados. Para evitar detalles que no son necesarios para permitirle a las personas del oficio de nivel medio poner en práctica los ejemplos descritos en la presente, la descripción puede omitir cierta información conocida por las personas del oficio de nivel medio. La siguiente descripción detallada, por lo tanto, no debe tomarse en un sentido limitativo, y el alcance de los ejemplos ilustrativos está definido únicamente por las reivindicaciones adjuntas.

A menos que se indique lo contrario, todos los números que expresan cantidades de ingredientes, propiedades tales como peso molecular, condiciones de reacción, etc. utilizados en la presente memoria descriptiva y reivindicaciones

asociadas deberán comprenderse como modificados en todos los casos por la expresión "alrededor de". En consecuencia, a menos que se indique lo contrario, los parámetros numéricos establecidos en la siguiente memoria descriptiva y reivindicaciones adjuntas son aproximaciones y pueden variar según las propiedades deseadas que se buscan obtener mediante los ejemplos de la presente divulgación. Como mínimo, y no como un intento de limitar la aplicación de la doctrina de equivalentes al alcance de la reivindicación, cada parámetro numérico se debe interpretar al menos a la luz del número de dígitos significativos informados y mediante la aplicación de técnicas de redondeo habituales. Debe observarse que cuando "alrededor de" está al principio de una lista numérica, "alrededor de" modifica cada número de la lista numérica. Además, en algunas listas numéricas de rangos, algunos límites inferiores enumerados pueden ser mayores que algunos límites superiores enumerados. Las personas del oficio de nivel medio reconocerán que el subconjunto seleccionado requerirá la selección de un límite superior por encima del límite inferior seleccionado.

A menos que se especifique lo contrario, cualquier uso de cualquier forma de los términos "conectar", "engranar", "acoplar", "unir" o cualquier otro término que describa una interacción entre elementos no pretende limitar la interacción a la interacción directa entre los elementos y también puede incluir la interacción indirecta entre los elementos descritos. Además, cualquier uso de cualquier forma de los términos "conectar", "engranar", "acoplar", "unir" o cualquier otro término que describa una interacción entre elementos incluye elementos formados integralmente juntos sin la ayuda de sujetadores o dispositivos de unión externos. En el siguiente análisis y en las reivindicaciones, las expresiones "que incluye" y "que comprende" se usan de manera no exclusiva y, por ende, debe interpretarse que significan "que incluye, entre otros". A menos que se indique lo contrario, como se usa en este documento, "o" no requiere exclusividad mutua.

Las expresiones hacia arriba y hacia abajo/fondo de pozo se pueden usar para referirse a la ubicación de diversos componentes con respecto al fondo o extremo de un pozo. Por ejemplo, un primer componente descrito como hacia arriba de un segundo componente puede estar más alejado del extremo del pozo que el segundo componente. De manera similar, un primer componente descrito como ubicado hacia abajo de un segundo componente puede ubicarse más cerca del extremo del pozo que el segundo componente.

Los ejemplos de los métodos y sistemas descritos en la presente se refieren al

uso de elementos de sellado de metal reactivo que comprenden metales reactivos. Como se usa en la presente, "elementos de sellado" se refiere a cualquier elemento utilizado para formar un sello. Un "sello" es una barrera al paso de un líquido y/o gas. En algunos ejemplos, los elementos de sellado de metal descritos en la presente pueden formar un sello que cumple con el estándar de validación de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) 14310:2001/Especificación API 11D1 1ra Edición para el Grado V5: Prueba de líquidos. Los metales reactivos se expanden al ponerse en contacto con fluidos inductores de reacción específicos para producir un producto de reacción que tiene un volumen mayor que el reactivo de metal reactivo base. El aumento en el volumen de metal del producto de reacción crea un sello en la interfaz del elemento de sellado de metal reactivo y cualquier superficie adyacente. Por "expandir", "que se expande" o "expandible" se entiende que el elemento de sellado de metal reactivo aumenta su volumen a medida que el metal reactivo reacciona con un fluido inductor de reacción, como una salmuera, lo que induce de este modo la formación de productos de reacción. La formación de los productos de reacción da como resultado la expansión volumétrica del elemento de sellado metálico reactivo. Ventajosamente, los elementos de sellado de metal reactivo se pueden utilizar en varias aplicaciones de pozo donde se desee un sello irreversible. Aun otra ventaja es que los elementos de sellado de metal reactivo se pueden hinchar en entornos con alta salinidad y/o alta temperatura que pueden no ser adecuados para algunos otros tipos de elementos de sellado. Una ventaja adicional es que los elementos de sellado de metal reactivo comprenden una amplia variedad de metales y aleaciones de metal y se pueden expandir tras entrar en contacto con fluidos inductores de reacción, incluso una variedad de fluidos de pozo. Los elementos de sellado de metal reactivo se pueden utilizar como reemplazos de otros tipos de elementos de sellado (por ejemplo, elementos de sellado elastoméricos) o se pueden utilizar como refuerzos de otros tipos de elementos de sellado. Otra ventaja es que los elementos de sellado de metal reactivo pueden colocarse en un colgador para tubería de revestimiento corta o tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje existente sin impacto o ajuste del diámetro externo o perfil exterior del colgador para tubería de revestimiento corta o de la tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje. Otra ventaja es que los elementos de sellado de metal reactivo pueden usarse en una variedad de colgadores para tubería de revestimiento corta, incluidas las especies expandibles, no expandibles y de caída.

Los metales reactivos se expanden mientras se someten a una reacción en

presencia de un fluido inductor de reacción (por ejemplo, una salmuera) para formar un producto de reacción (por ejemplo, hidróxidos de metal). Los productos de reacción resultantes ocupan más espacio volumétrico en relación con el reactivo de metal reactivo base. Esta diferencia en el volumen permite que el elemento de sellado de metal reactivo forme un sello en la interfaz del elemento de sellado de metal reactivo y cualquier superficie adyacente. Se puede utilizar magnesio para ilustrar la expansión volumétrica del metal reactivo a medida que se somete a una reacción con el fluido inductor de reacción. 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, el producto de reacción de magnesio y un fluido inductor de reacción acuoso, 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. El volumen del hidróxido de magnesio de 25,6 cm³/mol es un aumento del 85 % en el volumen con respecto al volumen de 13,8 cm³/mol del mol de magnesio. 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, el producto de reacción de calcio y un fluido inductor de reacción acuoso, 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. El volumen del hidróxido de calcio de 34,4 cm³/mol es un aumento del 32 % en el volumen con respecto al volumen de 26,0 cm³/mol del mol de calcio. Como aun otro ejemplo, 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, el producto de reacción de aluminio y un fluido inductor de reacción acuoso, 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. El volumen del hidróxido de aluminio de 26 cm³/mol es un aumento del 160 % en el volumen con respecto al volumen de 10 cm³/mol del mol de aluminio. El metal reactivo puede comprender cualquier metal o aleación de metal que se someta a una reacción para formar un producto de reacción que tenga un mayor volumen que el reactivo de aleación o metal reactivo base.

Los ejemplos de metales adecuados para el metal reactivo incluyen, entre otros, magnesio, calcio, aluminio, estaño, zinc, berilio, bario, manganeso o cualquier combinación de estos. Los metales preferidos incluyen magnesio, calcio y aluminio.

Los ejemplos de aleaciones de metal adecuadas para el metal reactivo incluyen, entre otras, aleaciones de magnesio, calcio, aluminio, estaño, zinc, berilio, bario, manganeso o cualquier combinación de estos. Las aleaciones de metal

preferidas incluyen aleaciones de magnesio-zinc, magnesio-aluminio, calcio-magnesio o aluminio-cobre. En algunos ejemplos, las aleaciones de metal pueden comprender elementos aleados que no son metálicos. Los ejemplos de estos elementos no metálicos incluyen, entre otros, grafito, carbono, silicio, nitruro de boro y similares. En algunos ejemplos, el metal se alea para aumentar la reactividad y/o para controlar la formación de óxidos.

En algunos ejemplos, la aleación de metal también se alea con un metal dopante que promueve la corrosión o inhibe la pasivación y, por ende, aumenta la formación de hidróxido. Los ejemplos de metales dopantes incluyen, entre otros, níquel, hierro, cobre, carbono, titanio, galio, mercurio, cobalto, iridio, oro, paladio o cualquier combinación de estos.

En algunos ejemplos, el metal reactivo comprende un óxido. Como un ejemplo, el óxido de calcio reacciona con agua en una reacción energética para producir hidróxido de calcio. Un mol de óxido de calcio ocupa $9,5 \text{ cm}^3$, mientras que un mol de hidróxido de calcio ocupa $34,4 \text{ cm}^3$. Esto es una expansión volumétrica del 260 % del mol de óxido de calcio con respecto al mol de hidróxido de calcio. Los ejemplos de óxidos de metal adecuados para el metal reactivo pueden incluir, entre otros, óxidos de cualquier metal divulgado en la presente, incluso magnesio, calcio, aluminio, hierro, níquel, cobre, cromo, estaño, zinc, plomo, berilio, bario, galio, indio, bismuto, titanio, manganeso, cobalto o cualquier combinación de estos.

Debe entenderse que el metal reactivo seleccionado se elige de manera tal que el elemento de sellado de metal reactivo formado no se disuelva o de lo contrario degrade en el fluido inductor de reacción. Como tal, se puede preferir el uso de metales o aleaciones de metal para el metal reactivo que forman productos de reacción relativamente insolubles en el fluido inductor de reacción. Como un ejemplo, los productos de reacción de hidróxido de magnesio e hidróxido de calcio tienen solubilidad en agua muy baja. Como una alternativa o una adición, el elemento de sellado de metal reactivo se puede ubicar y configurar de manera tal que restrinja la degradación del elemento de sellado de metal reactivo en el fluido inductor de reacción debido a la geometría del área en la que se coloca el elemento de sellado de metal reactivo. Esto puede dar como resultado la exposición reducida del elemento de sellado de metal reactivo al fluido inductor de reacción, pero también puede reducir la degradación del producto de reacción del elemento de sellado de metal reactivo, lo que prolonga la vida útil del sello formado. Como un ejemplo, el volumen del área en la que se coloca el elemento de sellado puede ser menor que el potencial volumen de

expansión del volumen del metal reactivo colocado en dicha área. En algunos ejemplos, este volumen de área puede ser tan chico como 50 % del volumen de expansión del metal reactivo. Alternativamente, este volumen de área puede ser menor de 90 % del volumen de expansión del metal reactivo. Como otra alternativa, este volumen de área puede ser menor de 80 % del volumen de expansión del metal reactivo. Como otra alternativa, este volumen de área puede ser menor de 70 % del volumen de expansión del metal reactivo. Como otra alternativa, este volumen de área puede ser menor de 60 % del volumen de expansión del metal reactivo. En un ejemplo específico, una parte del elemento de sellado de metal reactivo se puede colocar en un rebaje dentro del cuerpo del conducto del colgador para tubería de revestimiento corta o de tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje para restringir el área de exposición a solo la parte de la superficie del elemento de sellado de metal reactivo que no está colocado en el hueco.

En algunos ejemplos, los productos de reacción formados de la reacción del metal reactivo se pueden deshidratar a presión suficiente. Por ejemplo, si un hidróxido de metal está bajo suficiente presión de contacto y resiste el movimiento adicional inducido por la formación adicional de hidróxido, la presión elevada puede inducir la deshidratación del hidróxido de metal para formar el óxido de metal. Como un ejemplo, se puede deshidratar hidróxido de magnesio a presión suficiente para formar óxido de magnesio y agua. Como otro ejemplo, se puede deshidratar hidróxido de calcio a presión suficiente para formar óxido de calcio y agua. Como aun otro ejemplo, se puede deshidratar hidróxido de aluminio a presión suficiente para formar óxido de aluminio y agua.

Los elementos de sellado de metal reactivo se pueden formar en un proceso de solución sólida, un proceso de pulvimetalurgia o a través de cualquier otro método, como resultará evidente para las personas del oficio de nivel medio. Independientemente del método de fabricación, los elementos de sellado de metal reactivo pueden deslizarse sobre el mandril de colgador para tubería de revestimiento corta o el mandril de tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje y mantenerse en su lugar a través de cualquier método adecuado. El elemento de metal reductor de presión puede colocarse sobre el mandril de en una pieza sólida o en múltiples piezas discretas. Una vez en su lugar, el elemento de sellado de metal reactivo se puede mantener en posición con anillos extremos, anillos estampados, anillos de retención, sujetadores, adhesivos, tornillos de fijación o cualquier otro método similar para retener el elemento de sellado de metal reactivo en su posición.

Como se analizó anteriormente, los elementos de sellado de metal reactivo se pueden formar y dimensionar para encajar sobre colgadores para tubería de revestimiento corta existentes y tuberías de revestimiento cortas con accesorio de anclaje y, por lo tanto, es posible que no requieran la modificación del diámetro externo o el perfil del colgador para tubería de revestimiento corta o tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje. Alternativamente, el colgador para tubería de revestimiento corta o la tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje posterior pueden fabricarse para comprender un rebaje en el que puede colocarse el elemento de sellado de metal reactivo. El rebaje puede tener dimensiones y geometría suficientes para retener los elementos de sellado de metal reactivo en el rebaje. En ejemplos alternativos, el elemento de sellado de metal reactivo se puede moldear sobre el cuerpo del conducto del colgador para tubería de revestimiento corta o tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje. En algunos ejemplos alternativos, el diámetro del elemento de sellado de metal reactivo se puede reducir (por ejemplo, por estampado) cuando se coloca en el cuerpo del conducto del colgador para tubería de revestimiento corta o tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje.

En algunos ejemplos opcionales, el elemento de sellado de metal reactivo puede incluir un recubrimiento aislante extraíble. El recubrimiento aislante extraíble se puede utilizar para cubrir las superficies exteriores del elemento de sellado y evitar el contacto del metal reactivo con el fluido inductor de reacción. El recubrimiento aislante extraíble se puede quitar cuando esté por comenzar la operación de sellado. El recubrimiento aislante extraíble se puede utilizar para retrasar el sellado y/o evitar el sellado prematuro con el elemento de sellado de metal reactivo. Los ejemplos del recubrimiento aislante extraíble incluyen, entre otros, cualquier tipo de cubierta de plástico, cubierta orgánica, pintura, recubrimientos solubles (por ejemplo, compuestos sólidos de magnesio), materiales eutécticos o cualquier combinación de estos. Cuando se desee, el recubrimiento aislante extraíble se puede quitar del elemento de sellado con cualquier método suficiente. Por ejemplo, el recubrimiento aislante extraíble se puede quitar mediante disolución, un cambio de fase inducido por un cambio de la temperatura, corrosión, hidrólisis, o el recubrimiento aislante extraíble se puede retrasar y degradar después de un período de tiempo deseado en condiciones de pozo específicas.

En algunos ejemplos opcionales, el elemento de sellado de metal reactivo puede incluir un aditivo que se puede agregar al elemento de sellado de metal reactivo durante la fabricación como parte de la composición, o el aditivo puede recubrir el

elemento de sellado de metal reactivo después de la fabricación. El aditivo puede alterar una o más propiedades del elemento de sellado de metal reactivo. Por ejemplo, el aditivo puede mejorar el sellado, agregar textura, mejorar la unión, mejorar el agarre, etc. Los ejemplos del aditivo incluyen, entre otros, cualquier especie de cerámica, elastómero, vidrio, metal que no reacciona, similares o cualquier combinación.

El elemento de sellado de metal reactivo se puede utilizar para formar un sello entre cualquier superficie adyacente cercana a los elementos de sellado de metal reactivo. Sin limitación, los elementos de sellado de metal reactivo se pueden utilizar para formar sellos en tuberías de revestimiento, superficies de formación, vainas o capas de cemento y similares. Por ejemplo, se puede usar un elemento de sellado de metal reactivo para formar un sello entre el diámetro exterior de un colgador para tubería de revestimiento corta y la superficie de una tubería de revestimiento adyacente. De forma alternativa, se puede usar el elemento de sellado de metal reactivo para formar un sello entre el diámetro exterior de un colgador para tubería de revestimiento corta y la superficie de una capa de cemento fraguado adyacente. Como otro ejemplo, se puede usar un elemento de sellado de metal reactivo para formar un sello entre el diámetro exterior de la tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje una superficie de un colgador para tubería de revestimiento corta adyacente. Además, se puede usar una pluralidad de elementos de sellado de metal reactivo para formar múltiples sellos entre superficies adyacentes.

Como se describió anteriormente, los elementos de sellado de metal reactivo comprenden metales reactivos y, como tales, son materiales no elastoméricos. Como materiales no elastoméricos, los elementos de sellado de metal reactivo no poseen elasticidad y, por ende, se pueden expandir de manera irreversible cuando entran en contacto con un fluido inductor de reacción. Los elementos de sellado de metal reactivo pueden no volver a su tamaño o forma original incluso después de dejar de estar en contacto con el fluido inductor de reacción.

Generalmente, el fluido inductor de reacción induce una reacción en el metal reactivo para formar un producto de reacción que ocupa más espacio que el metal reactivo sin reaccionar. Ejemplos de fluido inductor de reacción incluyen, entre otros, agua salada (por ejemplo, agua que contiene una o más sales disueltas en ella), salmuera (por ejemplo, agua salada saturada, que puede producirse a partir de formaciones subterráneas), agua de mar o cualquier combinación de estos. Generalmente, el fluido inductor de reacción puede provenir de cualquier fuente

siempre que el fluido no contenga un exceso de compuestos que puedan afectar indeseablemente a otros componentes en el elemento de sellado. En el caso de agua salada, salmueras y agua de mar, el fluido inductor de reacción puede comprender una sal monovalente o una sal divalente. Las sales monovalentes adecuadas pueden incluir, por ejemplo, sal de cloruro de sodio, sal de bromuro de sodio, sal de cloruro de potasio, sal de bromuro de potasio y similares. La sal divalente adecuada puede incluir, por ejemplo, sal de cloruro de magnesio, sal de cloruro de calcio, sal de bromuro de calcio y similares. En algunos ejemplos, la salinidad del fluido inductor de reacción puede exceder el 10 %. Ventajosamente, los elementos de sellado de metal reactivo de la presente divulgación pueden no verse afectados por el contacto con fluidos con salinidad alta. Una persona del oficio de nivel medio, con el beneficio de esta divulgación, debería poder seleccionar con facilidad un fluido inductor de reacción para inducir una reacción con los elementos de sellado de metal reactivo.

Los elementos de sellado de metal reactivo se pueden utilizar en formaciones a temperatura alta, por ejemplo, en formaciones con zonas que tienen temperaturas iguales o mayores de 350 °F. Ventajosamente, el uso de los elementos de sellado de metal reactivo de la presente divulgación puede no verse afectado en formaciones a temperatura alta. En algunos ejemplos, los elementos de sellado de metal reactivo se pueden utilizar tanto en formaciones a temperatura alta como con fluidos con salinidad alta. En un ejemplo específico, un elemento de sellado de metal reactivo se puede colocar sobre un colgador para tubería de revestimiento corta y utilizar para formar un sello después de entrar en contacto con una salmuera que tiene una salinidad de 10 % o más, mientras también se coloca en una zona de un pozo que tiene una temperatura igual o mayor de 350 °F.

La Figura 1 es una sección transversal de un sistema de tubería de ejemplo, generalmente 5, para un pozo 10 que penetra una formación subterránea 15. El sistema de tubería 5 comprende una tubería de revestimiento de superficie 20 y una capa de cemento de superficie 25 que desciende desde la superficie 30. El sistema de tubería 5 comprende además una tubería de revestimiento intermedia 35 y vainas de cemento intermedias 40 que se despliegan y encajan concéntricamente dentro de la tubería de revestimiento de superficie 20. Aunque solo se ilustra una capa de la tubería de revestimiento intermedia 35, debe entenderse que en cualquier ejemplo se puede desplegar más de una capa de tubería de revestimiento intermedia 35. Un colgador para tubería de revestimiento corta 45 se despliega dentro de la tubería de revestimiento intermedia 35. El colgador para tubería de revestimiento corta 45 puede

usarse para suspender una tubería de revestimiento corta 55 desde dentro de la tubería de revestimiento intermedia 35. La tubería de revestimiento corta 55 puede ser cualquier conducto adecuado para suspensión dentro del pozo 10. El colgador para tubería de revestimiento corta 45 comprende un cuerpo de conducto 60. La tubería de revestimiento corta 55 es un conducto que no corre hacia la superficie 30. El colgador para tubería de revestimiento corta 45 se sella dentro de la tubería de revestimiento intermedia 35 lo que permite que la tubería de revestimiento corta 55 actúe funcionalmente como una extensión de la tubería de revestimiento intermedia 35 sin tener que extenderse hasta la superficie 30 como lo haría una sarta de revestimiento separada.

La Figura 2 es una sección transversal ampliada de una parte del sistema de tubería de ejemplo 5 de la Figura 1. El revestimiento intermedio 35 se extiende desde la superficie (es decir, la superficie 30 como se ilustra en la Figura 1) y se puede mantener en su lugar dentro de una vaina de cemento intermedia 40. Si bien solo se ilustra una capa de la tubería de revestimiento intermedia 35, debe entenderse que pueden usarse tantas capas de tubería de revestimiento intermedia 35 como se desee. Cualquier capa posterior de la tubería de revestimiento intermedia 35 puede encajar concéntricamente entre sí dentro de la tubería de revestimiento intermedia 35 ilustrada. El colgador para tubería de revestimiento corta 45 se despliega dentro de la tubería de revestimiento intermedia 35. El colgador para tubería de revestimiento corta 45 puede ser cualquier tipo de colgador para tubería de revestimiento corta y puede ser expansible o no expansible. El colgador para tubería de revestimiento corta 45 suspende una tubería de revestimiento corta (es decir, tubería de revestimiento corta 55 como se ilustra en la Figura 1). El colgador para tubería de revestimiento corta 45 se ancla a la tubería de revestimiento intermedia 35 con un elemento de sellado de metal reactivo 50 después de que el elemento de sellado de metal reactivo 50 haya reaccionado y se haya expandido. El elemento de sellado de metal reactivo 50 se coloca sobre y alrededor del cuerpo del conducto 60 del colgador para tubería de revestimiento corta 45. El elemento de sellado de metal reactivo 50 forma un sello externo con la superficie interior adyacente de la tubería de revestimiento intermedia 35 después de que el elemento de sellado de metal reactivo 50 haya reaccionado y se haya expandido. El elemento de sellado de metal reactivo 50 se expande después de la exposición a un fluido que induce la reacción. El elemento de sellado de metal reactivo 50 reacciona para producir el producto de reacción de metal expandido descrito anteriormente. Como el producto de reacción de metal expandido tiene un

volumen mayor que el metal expandible sin reaccionar, el elemento de sellado de metal reactivo 50 puede expandirse y formar un sello anular en la interfaz de la superficie adyacente de la tubería de revestimiento intermedia 35 como se describe anteriormente. El elemento de sellado de metal reactivo 50 puede continuar expandiéndose hasta que se haga contacto con la superficie adyacente. El sello formado evita que el fluido de pozo se desvíe de la tubería de revestimiento corta y el colgador para tubería de revestimiento corta 45.

Debe entenderse claramente que los ejemplos por las Figuras 1-2 son meramente aplicaciones generales de los principios de esta divulgación en la práctica, y es posible una amplia variedad de otros ejemplos. Por lo tanto, el alcance de esta divulgación no se limita de manera alguna a los detalles de cualquiera de las Figuras descritas en la presente.

La Figura 3A es una sección transversal de un colgador para tubería de revestimiento corta expandible 100. El colgador para tubería de revestimiento corta expandible 100 puede desplegarse en un pozo de manera similar al colgador para tubería de revestimiento corta 45 ilustrado en las Figuras 1 y 2. El colgador para tubería de revestimiento corta 100 puede expandirse para aumentar su diámetro. Un cono de expansión 105 puede pasar por el interior del colgador para tubería de revestimiento corta 100 para aplicar fuerza a la superficie interior 110 del colgador para tubería de revestimiento corta 100. La fuerza aplicada puede expandir el cuerpo del conducto 130 del colgador para tubería de revestimiento corta 100 hacia afuera mediante el aumento del diámetro exterior del cuerpo del conducto 130 de tal manera que al menos una parte de la superficie exterior 135 del cuerpo del conducto 130 pueda hacer contacto con la superficie interior 140 de una tubería de revestimiento adyacente 115. Se puede colocar un elemento de sellado de metal reactivo 120 alrededor de la superficie exterior 135 del colgador para tubería de revestimiento corta 100 y mantenerse en su lugar con anillos extremos 125. Los anillos de extremo 125 pueden también proteger el elemento de sellado de metal reactivo 120 cuando se baja hasta la profundidad. La Figura 3A ilustra la iniciación de la expansión del colgador para tubería de revestimiento corta 100.

La Figura 3B es una sección transversal de un colgador para tubería de revestimiento corta expandible 100 tras la expansión de una parte de este mediante el cono de expansión 105. Como se ilustró, el elemento de sellado de metal reactivo 120 se puede expandir junto con el cuerpo del conducto 130 del colgador para tubería de revestimiento corta 100. Los anillos de extremo 125 pueden también mantener la

orientación del elemento de sellado de metal reactivo 120 tras la expansión de este. Luego de la reacción con un fluido inductor de reacción, el elemento de sellado de metal reactivo 120 puede expandirse para rellenar cualquier vacío o irregularidad en la superficie exterior 135 del cuerpo del conducto 130 o la superficie interior 140 de la tubería de revestimiento 115. El elemento de sellado de metal reactivo expandido 120 puede sellar cualquier espacio anular cercano restante entre el colgador para tubería de revestimiento corta 100 y la tubería de revestimiento 115 tras la expansión del colgador para tubería de revestimiento corta 100. Los anillos de extremo 125 pueden crear una barrera de extrusión, lo que evita que la presión aplicada extruya el sello formado a partir del elemento de sellado de metal reactivo 120 en la dirección de dicha presión aplicada. Si bien las Figuras 3A y 3B en la presente pueden ilustrar los anillos de extremo 125 como un componente del colgador para tubería de revestimiento corta 100, debe entenderse que los anillos de extremo 125 son componentes opcionales en todos los ejemplos descritos en la presente, y no son necesarios para que cualquier colgador para tubería de revestimiento corta o tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje descritos en la presente funcionen según lo previsto. El elemento de sellado de metal reactivo 120 se puede mantener en posición con otros aparatos o se puede posicionar en un rebaje en la superficie exterior 135 del cuerpo del conducto 130 del colgador para tubería de revestimiento corta 100 para que mantenga la posición.

Debe entenderse claramente que los ejemplos por las Figuras 3A-3B son meramente aplicaciones generales de los principios de esta divulgación en la práctica, y es posible una amplia variedad de otros ejemplos. Por lo tanto, el alcance de esta divulgación no se limita de manera alguna a los detalles de cualquiera de las Figuras descritas en la presente.

La Figura 4 es una ilustración isométrica de un colgador para tubería de revestimiento corta, generalmente 200. El colgador para tubería de revestimiento corta 200 se acopla a la tubería de revestimiento y forma un sello dentro de esta en el extremo de acoplamiento 205. El colgador para tubería de revestimiento corta 200 comprende un cuerpo de conducto 210. Los elementos de sellado de metal reactivo 215 forman sellos externos para sellar contra la superficie de la tubería de revestimiento y anclan el colgador para tubería de revestimiento corta 200 a la tubería de revestimiento. Una tubería de revestimiento corta (no se ilustra) puede acoplarse al extremo de suspensión 220 y suspenderse de este. Los elementos de sellado elastoméricos 225 pueden posicionarse en los extremos de los elementos de sellado

de metal reactivo 215 y entre estos para evitar que la presión aplicada extruya el sello formado a partir del elemento de sellado de metal reactivo 215 en la dirección de dicha presión aplicada y, además, para complementar el sellado de los elementos de sellado de metal reactivo 215. En algunos ejemplos alternativos, los elementos de sellado elastoméricos 225 pueden reemplazarse por otros tipos de elementos de sellado tales como elementos de sellado de metal no reactivo. En algunos otros ejemplos alternativos, los elementos de sellado elastoméricos 225 pueden reemplazarse por anillos de retención como se analizó anteriormente.

En el ejemplo ilustrado de la Figura 4, los elementos de sellado de metal reactivo 215 y los elementos de sellado elastoméricos 225 se alternan en una serie. Debe entenderse que los elementos de sellado de metal reactivo 215 pueden posicionarse en cualquier patrón o configuración ya sea por sí mismos o en conjunto con otros componentes tales como otros tipos de elementos de sellado o elementos de retención. Como ejemplo, se puede utilizar un único elemento de sellado de metal reactivo 215. Como otro ejemplo, se pueden utilizar múltiples elementos de sellado de metal reactivo 215. Como ejemplo adicional, se pueden utilizar múltiples elementos de sellado de metal reactivo 215 en una serie adyacente entre sí con otros tipos de elementos de sellado o elementos de retención individuales colocados en los extremos de las series. Adicionalmente a este ejemplo, se pueden colocar múltiples otros tipos de elementos de sellado o elementos de retención en los extremos de las series. Como ejemplo adicional, se pueden alternar los múltiples elementos de sellado de metal reactivo 215 en la serie con otros tipos de elementos de sellado o elementos de retención.

Los elementos de sellado elastoméricos 225 pueden ser cualquier tipo de elastómero hinchable. Los elementos de sellado elastoméricos 225 pueden comprender cualquier material no metálico hinchable en petróleo, hinchable en agua y/o una combinación de material no metálico hinchable, como se le ocurriría a una persona del oficio de nivel medio. Los elementos de sellado elastoméricos hinchables 225 pueden hincharse cuando se exponen a un fluido inductor de hinchamiento (por ejemplo, un fluido oleaginoso o acuoso). Generalmente, los elementos de sellado elastoméricos 225 pueden hincharse mediante difusión, por lo que el fluido inductor de hinchamiento se absorbe en la estructura de los elementos de sellado elastoméricos 225 donde puede retenerse una porción del fluido inductor de hinchamiento. El fluido inductor de hinchamiento puede continuar difundiéndose en los elementos de sellado elastoméricos 225 haciendo que los elementos de sellado elastoméricos 225 se

hinchén hasta que entren en contacto con una superficie adyacente. Los elementos de sellado elastoméricos 225 pueden trabajar en tándem con los elementos de sellado de metal reactivo 215 para crear un sello anular diferencial alrededor del colgador para tubería de revestimiento corta 200.

Debe entenderse claramente que el ejemplo ilustrado por la Figura 4 es meramente una aplicación general de los principios de esta divulgación en la práctica, y es posible una amplia variedad de otros ejemplos. Por lo tanto, el alcance de esta divulgación no se limita de manera alguna a los detalles de cualquiera de las Figuras descritas en la presente.

La Figura 5 es una sección transversal de un sistema de tubería de ejemplo, generalmente 305, para un pozo 310 que penetra una formación subterránea 315. El sistema de tubería 305 comprende una tubería de revestimiento de superficie 320 y una capa de cemento de superficie 325 que desciende desde la superficie 330. El sistema de tubería 305 comprende además una tubería de revestimiento intermedia 335 y vainas de cemento intermedias 340 que se despliegan y encajan concéntricamente dentro de la tubería de revestimiento de superficie 320. Aunque solo se ilustra una capa de la tubería de revestimiento intermedia 335, debe entenderse que en cualquier ejemplo se puede desplegar más de una capa de tubería de revestimiento intermedia 335. Un colgador para tubería de revestimiento corta 345 se despliega dentro de la tubería de revestimiento intermedia 335. El colgador para tubería de revestimiento corta 345 puede usarse para suspender una tubería de revestimiento corta (no se muestra por cuestiones de claridad) desde dentro de la tubería de revestimiento intermedia 335. El colgador para tubería de revestimiento corta 345 comprende un cuerpo de conducto 360. El colgador para tubería de revestimiento corta 345 se sella dentro de la tubería de revestimiento intermedia 335. Una tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje 365 se acopla a un colgador para tubería de revestimiento corta 345. La tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje comprende un cuerpo de conducto 375. La tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje 365 se extiende hacia la superficie 330. La tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje 365 puede ser un componente temporal o permanente del sistema de tubería 305. Si la tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje 365 debe ser permanente, se puede cementar en el lugar.

La Figura 6 es una ilustración de sección transversal ampliada de una parte del sistema de tubería 305 de ejemplo de la Figura 5. El revestimiento intermedio 335 se

extiende desde la superficie (es decir, la superficie 330 como se ilustra en la Figura 5) y se puede mantener en su lugar dentro de una vaina de cemento intermedia 340. Si bien solo se ilustra una capa de la tubería de revestimiento intermedia 335, debe entenderse que pueden usarse tantas capas de tubería de revestimiento intermedia 335 como se desee. Cualquier capa posterior de la tubería de revestimiento intermedia 335 puede encajar concéntricamente entre sí dentro de la tubería de revestimiento intermedia 335 ilustrada. El colgador para tubería de revestimiento corta 345 se despliega dentro de la tubería de revestimiento intermedia 335. El colgador para tubería de revestimiento corta 345 puede ser cualquier tipo de colgador para tubería de revestimiento corta y puede ser expansible o no expansible. El colgador para tubería de revestimiento corta 345 suspende una tubería de revestimiento corta (no se muestra por cuestiones de claridad). El colgador para tubería de revestimiento corta 345 se ancla a la tubería de revestimiento intermedia 335 con un elemento de sellado de metal reactivo 350 después de que el elemento de sellado de metal reactivo 350 haya reaccionado y se haya expandido. El elemento de sellado de metal reactivo 350 se coloca sobre y alrededor del cuerpo del conducto 360 del colgador para tubería de revestimiento corta 345. El elemento de sellado de metal reactivo 350 forma un sello externo con la superficie interior adyacente de la tubería de revestimiento intermedia 335 después de que el elemento de sellado de metal reactivo 350 haya reaccionado y se haya expandido.

La tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje 365 se despliega dentro de la tubería de revestimiento intermedia 335. La tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje 365 puede ser cualquier tipo de tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje. La tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje 365 se extiende hacia la superficie (no se muestra). La tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje 365 se ancla al colgador para tubería de revestimiento corta 345 con un elemento de sellado de metal reactivo 370 después de que el elemento de sellado de metal reactivo 370 haya reaccionado y se haya expandido. El elemento de sellado de metal reactivo 370 se coloca sobre y alrededor del cuerpo del conducto 375 de la tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje 365. El elemento de sellado de metal reactivo 370 forma un sello externo con la superficie interior adyacente del colgador para tubería de revestimiento corta 345 después de que el elemento de sellado de metal reactivo 370 haya reaccionado y se haya expandido.

Los elementos de sellado de metal reactivo 350 y 370 se expanden después de

la exposición a un fluido que induce la reacción. Los elementos de sellado de metal reactivo 350 y 370 reaccionan para producir un producto de reacción de metal expandido descrito anteriormente. Como el producto de reacción de metal expandido tiene un volumen mayor que el metal expandible sin reaccionar, los elementos de sellado de metal reactivo 350 y 370 pueden expandirse y formar un sello anular en la interfaz de la superficie adyacente de la tubería de revestimiento intermedia 335 o del colgador para tubería de revestimiento corta 345 como se describe anteriormente. Los elementos de sellado de metal reactivo 350 y 370 pueden continuar expandiéndose hasta que hagan contacto con la superficie adyacente. El sello formado evita que el fluido de pozo se desvíe de la tubería de revestimiento corta y el colgador para tubería de revestimiento corta 345 o la tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje 365.

Debe entenderse claramente que los ejemplos por las Figuras 5-6 son meramente aplicaciones generales de los principios de esta divulgación en la práctica, y es posible una amplia variedad de otros ejemplos. Por lo tanto, el alcance de esta divulgación no se limita de manera alguna a los detalles de cualquiera de las Figuras descritas en la presente.

La Figura 7A es una sección transversal de una tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje 400 que ilustra el acoplamiento de la tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje 400 con un elemento de sellado de metal reactivo 405. La tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje 400 puede desplegarse en un pozo de manera similar a la tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje 365 ilustrada en las Figuras 5-6. La tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje 400 puede comprender uno o más elementos de sellado de metal reactivo 405 para sellar y anclarse a un colgador para tubería de revestimiento corta. Los elementos de sellado de metal reactivo pueden deslizarse sobre el cuerpo del conducto 410 de la tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje 400. Los elementos de sellado de metal reactivo 405 se puede posicionar en un rebaje 415 en la superficie exterior 420 del cuerpo del conducto 410. De manera alternativa, los elementos de sellado de metal reactivo 405 se pueden fundir sobre el cuerpo del conducto 410. Los elementos de sellado elastoméricos 425, u otros tipos de elementos de sellado, se pueden colocar en la superficie exterior 420 del cuerpo del conducto 410.

La Figura 7B es una sección transversal de una tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje 400 que ilustra un elemento de sellado de metal reactivo 405

ajustado y prensado a este. Cuando uno o más de los elementos de sellado de metal reactivo 405 se posicionan en el rebaje 415, se puede reducir el diámetro de los elementos de sellado de metal reactivo 405 según se desee. Los elementos de sellado de metal reactivo 405 se pueden prensar a un diámetro deseado tal que la configuración de bajada en el pozo de la tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje 400 pueda no verse afectada. Si bien los elementos de sellado de metal reactivo 405 se ilustran nivelados con la superficie exterior 420 del cuerpo del conducto 410, debe entenderse que los elementos de sellado de metal reactivo 405 puede no estar nivelado con la superficie exterior 420 y puede extenderse fuera del rebaje 415 o reducirse en este tanto como se desee.

En los ejemplos ilustrados de las Figuras 7A y 7B, los elementos de sellado de metal reactivo 405 y se colocan entre los elementos de sellado elastoméricos 425. Debe entenderse que los elementos de sellado de metal reactivo 405 pueden posicionarse en cualquier patrón o configuración ya sea solos o en conjunto con otros componentes tales como otros tipos de elementos de sellado o elementos de retención. Como ejemplo, se puede utilizar un único elemento de sellado de metal reactivo 405. Como otro ejemplo, se pueden utilizar múltiples elementos de sellado de metal reactivo 405. Como ejemplo adicional, se pueden utilizar múltiples elementos de sellado de metal reactivo 405 en una serie adyacente entre sí con otros tipos de elementos de sellado o elementos de retención individuales colocados en los extremos de las series. Adicionalmente a este ejemplo, se pueden colocar múltiples otros tipos elementos de sellado o elementos de retención en los extremos de las series. Como ejemplo adicional, se pueden alternar los múltiples elementos de sellado de metal reactivo 405 en la serie con otros tipos de elementos de sellado o elementos de retención.

Los elementos de sellado elastoméricos 425 pueden ser cualquier tipo de elastómero hinchable. Los elementos de sellado elastoméricos 425 pueden comprender cualquier material no metálico hinchable en petróleo, hinchable en agua y/o una combinación de material no metálico hinchable, como se le ocurriría a una persona del oficio de nivel medio. Los elementos de sellado elastoméricos hinchables 425 pueden hincharse cuando se exponen a un fluido inductor de hinchamiento (por ejemplo, un fluido oleaginoso o acuoso). Generalmente, los elementos de sellado elastoméricos 425 pueden hincharse mediante difusión, por lo que el fluido inductor de hinchamiento se absorbe en la estructura de los elementos de sellado elastoméricos 425 donde puede retenerse una porción del fluido inductor de hinchamiento. El fluido

inductor de hinchamiento puede continuar difundiéndose en los elementos de sellado elastoméricos 425 haciendo que los elementos de sellado elastoméricos 425 se hinchen hasta que entren en contacto con una superficie adyacente. Los elementos de sellado elastoméricos 425 pueden trabajar en tándem con los elementos de sellado de metal reactivo 405 para crear un sello anular diferencial alrededor la tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje 400.

Debe entenderse claramente que los ejemplos por las Figuras 7A-7B son meramente aplicaciones generales de los principios de esta divulgación en la práctica, y es posible una amplia variedad de otros ejemplos. Por lo tanto, el alcance de esta divulgación no se limita de manera alguna a los detalles de cualquiera de las Figuras descritas en la presente.

También debe reconocerse que los elementos de sellado de metal reactivo divulgados también pueden afectar directa o indirectamente a los diversos equipos y herramientas de fondo de pozo que pueden entrar en contacto con los elementos de sellado de metal reactivo durante el funcionamiento. Dichos equipos y herramientas pueden incluir, entre otros, una tubería de revestimiento de pozo, tubería de revestimiento corta de pozo, sarta de terminación, sartas de inserción, sarta de perforación, tubería bobinada, línea de acero, cableado eléctrico, tubería de perforación, collares de perforación, motores de lodo, motores y/o bombas de fondo de pozo, motores y/o bombas montados en la superficie, centralizadores, turbolizadores, raspadores, flotadores (por ejemplo, zapatas, collares, válvulas, etc.), herramientas de registro y equipos de telemetría relacionados, accionadores (por ejemplo, dispositivos electromecánicos, dispositivos hidromecánicos, etc.), camisas de deslizamiento, camisas de producción, tapones, cedazos, filtros, dispositivos de control de flujo (por ejemplo, dispositivos de control de flujo de entrada, dispositivos de control de flujo de entrada autónomos, dispositivos de control de flujo de salida, etc.), acoplamientos (por ejemplo, conexión húmeda electrohidráulica, conexión seca, acoplador inductivo, etc.), líneas de control (por ejemplo, eléctricas, de fibra óptica, hidráulicas, etc.), líneas de vigilancia, barrenas de perforación y rectificadores, sensores o sensores distribuidos, intercambiadores de calor de fondo de pozo, válvulas y dispositivos de accionamiento correspondientes, sellos de herramientas, empacadores, tapones de cemento, tapones puente y otros dispositivos o componentes de aislamiento de pozo y similares. Cualquiera de estos componentes puede incluirse en los sistemas descritos en general anteriormente y mostrados en cualquiera de las Figuras.

Se proporcionan conductos para un pozo de acuerdo con la divulgación y las

Figuras ilustradas. Un conducto de ejemplo comprende un cuerpo de conducto; y un elemento de sellado de metal reactivo colocado en el cuerpo del conducto; en donde el elemento de sellado de metal reactivo comprende un metal reactivo. El conducto puede ser un colgador para tubería de revestimiento corta o una tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje.

Adicional o alternativamente, el aparato puede incluir una o más de las siguientes características individualmente o en combinación. El metal reactivo puede comprender un metal seleccionado del grupo que consiste en magnesio, calcio, aluminio, estaño, zinc, berilio, bario, manganeso y cualquier combinación de estos. El metal reactivo puede comprender una aleación de metal seleccionada del grupo que consiste en magnesio-zinc, magnesio-aluminio, calcio-magnesio, aluminio-cobre y cualquier combinación de estas. Si el conducto es el colgador para tubería de revestimiento corta, el colgador para tubería de revestimiento corta puede ser expansible. Si el conducto es el colgador para tubería de revestimiento corta, el colgador para tubería de revestimiento corta puede ser no expansible. El elemento de sellado de metal reactivo puede comprender además un recubrimiento aislante extraíble. El cuerpo del conducto puede comprender un rebaje y el elemento de sellado de metal reactivo puede colocarse en el rebaje.

Se proporcionan métodos para tratar un pozo de acuerdo con la divulgación y las Figuras ilustradas. Un método de ejemplo comprende colocar un conducto en el pozo; en donde el conducto es un colgador para tubería de revestimiento corta o una tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje; y en donde el conducto comprende: un cuerpo de conducto; y un elemento de sellado de metal reactivo colocado sobre el cuerpo del conducto; en donde el elemento de sellado de metal reactivo comprende un metal reactivo que tiene un primer volumen. El método comprende además poner en contacto el elemento de sellado de metal reactivo con un fluido que reacciona con el metal reactivo para producir un producto de reacción que tiene un volumen mayor que el primer volumen; y poner en contacto una superficie adyacente al elemento de sellado de metal reactivo con el producto de reacción.

Adicional o alternativamente, el método puede incluir una o más de las siguientes características individualmente o en combinación. El metal reactivo puede comprender un metal seleccionado del grupo que consiste en magnesio, calcio, aluminio, estaño, zinc, berilio, bario, manganeso y cualquier combinación de estos. El metal reactivo puede comprender una aleación de metal seleccionada del grupo que consiste en magnesio-zinc, magnesio-aluminio, calcio-magnesio, aluminio-cobre y

cualquier combinación de estas. Si el conducto es el colgador para tubería de revestimiento corta, el colgador para tubería de revestimiento corta puede ser expansible. Si el conducto es el colgador para tubería de revestimiento corta, el colgador para tubería de revestimiento corta puede ser no expansible. Si el conducto es el colgador para tubería de revestimiento corta, la superficie adyacente puede ser una tubería de revestimiento. Si el conducto es la tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje; la superficie adyacente puede ser una superficie exterior de un colgador para tubería de revestimiento corta. El elemento de sellado de metal reactivo puede comprender además un recubrimiento aislante extraíble. El cuerpo del conducto puede comprender un rebaje y el elemento de sellado de metal reactivo puede colocarse en el rebaje. Poner en contacto una superficie adyacente al elemento de sellado de metal reactivo con el producto de reacción puede comprender además formar un sello contra la superficie adyacente. Poner en contacto una superficie adyacente al elemento de sellado de metal reactivo con el producto de reacción puede comprender además anclar el conducto a la superficie adyacente.

Se proporcionan sistemas para formar un sello en un pozo de acuerdo con la divulgación y las Figuras ilustradas. Un sistema de ejemplo comprende un conducto que comprende:

un cuerpo de conducto; y un elemento de sellado de metal reactivo colocado en el cuerpo del conducto; en donde el elemento de sellado de metal reactivo comprende un metal reactivo. El conducto es un colgador para tubería de revestimiento corta o una tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje. El sistema comprende además una tubería de revestimiento corta.

Adicional o alternativamente, el sistema puede incluir una o más de las siguientes características individualmente o en combinación. El metal reactivo puede comprender un metal seleccionado del grupo que consiste en magnesio, calcio, aluminio, estaño, zinc, berilio, bario, manganeso y cualquier combinación de estos. El metal reactivo puede comprender una aleación de metal seleccionada del grupo que consiste en magnesio-zinc, magnesio-aluminio, calcio-magnesio, aluminio-cobre y cualquier combinación de estas. Si el conducto es el colgador para tubería de revestimiento corta, el colgador para tubería de revestimiento corta puede ser expansible. Si el conducto es el colgador para tubería de revestimiento corta, el colgador para tubería de revestimiento corta puede ser no expansible. El elemento de sellado de metal reactivo puede comprender además un recubrimiento aislante extraíble. El cuerpo del conducto puede comprender un rebaje y el elemento de

sellado de metal reactivo puede colocarse en el rebaje. Si el conducto es el colgador para tubería de revestimiento corta, el sistema puede comprender además una tubería de revestimiento y el colgador para tubería de revestimiento corta puede sellarse a la tubería de revestimiento con el elemento de sellado de metal reactivo y la tubería de revestimiento corta puede suspenderse del colgador para tubería de revestimiento corta. Si el conducto es la tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje, el sistema puede comprender además un colgador para tubería de revestimiento corta y la tubería de revestimiento corta con accesorio de anclaje puede sellarse al colgador para tubería de revestimiento corta con el elemento de sellado de metal reactivo y la tubería de revestimiento corta puede suspenderse del colgador para tubería de revestimiento corta.

La descripción anterior proporciona diversos ejemplos de los aparatos, sistemas y métodos de uso divulgados en la presente que pueden contener diferentes etapas del método y combinaciones alternativas de componentes. Debe entenderse que, aunque se pueden analizar ejemplos individuales en la presente, la presente divulgación cubre todas las combinaciones de los ejemplos divulgados, lo que incluye, entre otros, las diferentes combinaciones de componentes, combinaciones de etapas del método y propiedades del sistema. Debe entenderse que las composiciones y los métodos se describen en términos de "que comprenden", "que contienen" o "que incluyen" diversos componentes o etapas. Los sistemas y los métodos también pueden "consistir esencialmente en" o "consistir en" los diversos componentes y etapas. Además, como se usan en las reivindicaciones, los artículos indefinidos "un" o "una" se definen en la presente como uno o más de uno de los elementos que introducen.

Por razones de brevedad, en la presente solo se divulgan explícitamente ciertos rangos. Sin embargo, los rangos desde cualquier límite inferior pueden combinarse con cualquier límite superior para mencionar un rango no mencionado explícitamente, y los rangos desde cualquier límite inferior pueden combinarse con cualquier otro límite inferior para mencionar un rango no mencionado explícitamente. De la misma manera, los rangos desde cualquier límite superior pueden combinarse con cualquier otro límite superior para mencionar un rango no mencionado explícitamente. Además, siempre que se divulga un rango numérico con un límite inferior y un límite superior, se divulga específicamente cualquier número y cualquier rango incluido que se encuentre dentro del rango. En particular, debe entenderse que cada rango de valores (de la forma "de alrededor de a a alrededor de b", o, de manera

equivalente, "de aproximadamente a a b", o, de manera equivalente, "de aproximadamente a-b") divulgado en la presente establece cada número y rango abarcados dentro del rango más amplio de valores incluso si no se mencionan explícitamente. Por lo tanto, cada punto o valor individual puede servir como su propio límite inferior o superior combinado con cualquier otro punto o valor individual o cualquier otro límite inferior o superior, para mencionar un rango no mencionado explícitamente.

Se presentan uno o más ejemplos ilustrativos que incorporan los ejemplos divulgados en la presente. No todas las características de una implementación física se describen o muestran en esta solicitud para una mayor claridad. Por lo tanto, los sistemas y métodos divulgados están bien adaptados para lograr los fines y ventajas mencionados, así como los que son inherentes a estos. Los ejemplos particulares divulgados anteriormente son solo ilustrativos, ya que las enseñanzas de la presente divulgación pueden modificarse y ponerse en práctica de maneras diferentes pero equivalentes que son evidentes para las personas del oficio de nivel medio que tienen el beneficio de las enseñanzas de la presente. Además, no se pretende limitar los detalles de construcción o diseño que se muestran en la presente, a excepción de lo que se describe en las siguientes reivindicaciones. Por lo tanto, es evidente que los ejemplos ilustrativos particulares divulgados anteriormente pueden alterarse, combinarse o modificarse, y que todas tales variaciones se consideran dentro del alcance de la presente divulgación. Los sistemas y métodos divulgados de manera ilustrativa en la presente pueden ponerse en práctica de manera adecuada en ausencia de cualquier elemento que no se divulgue específicamente en la presente y/o cualquier elemento opcional divulgado en la presente.

Si bien la presente divulgación y sus ventajas se han descrito en detalle, debe entenderse que pueden realizarse diversos cambios, sustituciones y alteraciones en la presente sin apartarse del espíritu y el alcance de la divulgación tal como se define en las siguientes reivindicaciones.