

VARILLA DE SUCCIÓN RESISTENTE A LA CORROSIÓN

CAMPO DE LA INVENCION

Esta descripción se refiere en general a equipos y operaciones de pozos y, en un ejemplo
5 descrito a continuación, más particularmente proporciona una varilla de succión de acero
inoxidable para su uso en operaciones de elevación artificial.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Los fluidos del yacimiento a veces pueden fluir a la superficie de la tierra cuando se ha
completado un pozo. Sin embargo, con algunos pozos, la presión del yacimiento puede ser
10 insuficiente (en el momento de la finalización del pozo o posteriormente) para elevar los fluidos
(en particular, los líquidos) a la superficie. En esas circunstancias, la tecnología conocida
como “elevación artificial” puede emplearse para llevar los fluidos a la superficie (u otra
ubicación deseada, tal como una instalación de producción submarina o ducto, etc.).

Los expertos en la técnica conocen varios tipos de tecnología de elevación artificial. En
15 un tipo de elevación artificial, una bomba de fondo de pozo se acciona recíprocamente una
sarta de varillas de “succión” desplegadas en un pozo. Se puede usar un aparato (tal como un
gato de bomba de tipo viga móvil o un accionador hidráulico) ubicado en la superficie para
reciprocarse la sarta de varillas. En otro tipo de elevación artificial, la bomba de fondo de pozo
(tal como, por ejemplo, una bomba de cavidad progresiva) puede accionarse girando LA sarta
20 de varillas desde la superficie.

Por lo tanto, se apreciará fácilmente que continuamente se necesitan mejoras en las
técnicas de construcción y operación de sistemas de elevación artificial. Dichas mejoras
pueden ser útiles para extraer petróleo, agua, condensado de gas u otros líquidos de los
pozos, pueden ser útiles con varios tipos de pozos (tales como pozos de producción de gas,
25 pozos de producción de petróleo, pozos de petróleo inundados con agua o vapor, pozos
geotérmicos, etc.), y pueden ser útiles para cualquier otra aplicación donde se desee un
movimiento alternativo.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La FIGURA 1 es una vista representativa parcialmente en sección transversal de un ejemplo
30 de un sistema de pozo y método asociado que puede incorporar los principios de esta
descripción.

La FIGURA 2 es una vista en perspectiva representativa de un ejemplo de un material
de la varilla de succión que puede usarse en un método que incorpora los principios de esta
descripción.

35 La FIGURA 3 es una vista representativa de la sección transversal de un extremo de
varilla de succión forjado.

La FIGURA 4 es una vista esquemática representativa de un procedimiento de

tratamiento térmico que puede usarse en el método.

La FIGURA 5 es un diagrama de flujo representativo para un ejemplo de un método para producir la varilla de succión.

La FIGURA 6 es una vista esquemática representativa de un ejemplo de un sistema para producir la varilla de succión en forma continua.

La FIGURA 7 es una vista esquemática representativa de un ejemplo de una conexión de soldadura en el sistema de la FIGURA 6.

La FIGURA 8 es un diagrama de flujo representativo para otro ejemplo de un método para producir la varilla de succión continua.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Ilustrado representativamente en la FIGURA 1 es un sistema de elevación artificial 10 y un método asociado para usar con un pozo subterráneo, cuyo sistema y método pueden incorporar los principios de esta descripción. Sin embargo, debe ser claramente entendido que el sistema de elevación artificial 10 y el método son simplemente un ejemplo de una aplicación de los principios de esta descripción en la práctica, y son posibles una amplia variedad de otros ejemplos. Por lo tanto, el alcance de esta descripción no se limita en absoluto a los detalles del sistema 10 y el método como se describe en la presente o se representa en los dibujos.

En la FIGURA 1 ejemplo, una fuente de presión hidráulica 12 se usa para aplicar presión hidráulica e intercambiar fluido hidráulico con un accionador hidráulico 14 montado en un cabezal de pozo 16. En respuesta, el accionador hidráulico 14 mueve de forma alternativa a una sarta de varillas 18 que se extiende dentro del pozo, haciendo funcionar así una bomba de fondo de pozo 20.

La sarta de varillas 18 en la FIGURA 1 ejemplo está formado por varillas de succión individuales conectadas entre sí. En otros ejemplos, la sarta de varillas 18 puede ser continua (por ejemplo, que comprende una sola o solo muy pocas varillas de succión individuales).

Como se representa en la FIGURA 1, la sarta de varillas 18 comunica el movimiento recíproco del accionador hidráulico 14 a la bomba de fondo de pozo 20. En otros ejemplos, una bomba rotativa, como una bomba de cavidad progresiva, podría funcionar mediante la rotación de la sarta de varillas.

La bomba de fondo de pozo 20 se representa en la FIGURA 1 como del tipo que tiene una válvula estacionaria o "firme" 22 y una válvula reciprocante o "de desplazamiento" 24. La válvula de desplazamiento 24 está conectada y se corresponde con la sarta de varillas 18, de modo que el fluido 26 se bombea desde la perforación 28 a una sarta de producción 30. Sin embargo, debe entenderse claramente que la bomba de fondo de pozo 20 es simplemente un ejemplo de una amplia variedad de diferentes tipos de bombas que pueden usarse con el sistema de elevación artificial 10 y el método de la FIGURA 1, por lo que el alcance de esta

descripción no se limita a ninguno de los detalles de la bomba de fondo de pozo descrita en la presente o representada en los dibujos.

La perforación 28 se representa en la FIGURA 1 como generalmente vertical, y como forrado con la tubería de revestimiento 32 y cemento 34. En otros ejemplos, una sección de la perforación 28 caracterizada porque está dispuesta la bomba 20 puede ser generalmente horizontal o inclinada de otro modo en cualquier ángulo con respecto a la vertical, y la sección de la perforación puede no estar en tubería de revestimiento o no estar cementada. Por lo tanto, el alcance de esta descripción no se limita al uso del sistema de elevación artificial 10 y el método con cualquier configuración particular de la perforación.

En la FIGURA 1 ejemplo, el fluido 26 se origina en una formación de tierra 36 penetrada por la perforación 28. El fluido 26 fluye hacia el interior de la perforación 28 a través de perforaciones 38 que se extienden a través de la tubería de revestimiento 32 y el cemento 34. El fluido 26 puede ser un líquido, tal como petróleo, condensado de gas, agua, etc. Sin embargo, el alcance de esta descripción no se limita al uso del sistema de elevación artificial 10 y al método con cualquier tipo particular de fluido, o a cualquier origen particular del fluido.

Como se representa en la FIGURA 1, la tubería de revestimiento 32 y la sarta de producción 30 se extienden hacia arriba del cabezal del pozo 16 en o cerca de la superficie de la tierra 40 (tal como, en un sitio de pozo terrestre, una instalación de producción submarina, una plataforma flotante, etc.). La sarta de producción 30 se puede colgar en el cabezal del pozo 16, por ejemplo, usando un colgador de tubos (no mostrado). Aunque solo se ilustra una sola sarta de la tubería de revestimiento 32 en la FIGURA 1 para mayor claridad, en la práctica múltiples sarts de tubería de revestimiento y, opcionalmente, una o más sarts de tubería corta (una sarta de tubería corta es una tubería que se extiende desde una profundidad seleccionada en la perforación 28 a una profundidad más baja, típicamente “colgada” de forma hermética dentro de otra tubería o tubería corta) puede instalarse en el pozo.

En la FIGURA 1 ejemplo, un conjunto preventor de reventones de varilla 42 y una carcasa de sello anular 44 están conectados entre el accionador hidráulico 14 y la cabezal del pozo 16. El conjunto preventor de reventones de varilla 42 incluye varios tipos de preventores de expulsión (BOP, por sus siglas en inglés) configurados para usar con la sarta de varillas 18. Por ejemplo, un preventor de reventones puede evitar el flujo a través del conjunto preventor de reventones de varilla 42 cuando la sarta de varillas 18 no está presente en ellos, y otro preventor de reventones puede evitar el flujo a través del conjunto preventor de reventones de varilla 42 cuando la sarta de varillas 18 está presente en ellos. Sin embargo, el alcance de esta descripción no se limita al uso de ningún tipo o configuración particular del conjunto preventor de reventones de varilla con el sistema de elevación artificial 10 y el método de la FIGURA 1.

La carcasa del sello anular 44 incluye un sello anular alrededor de una varilla del pistón del accionador hidráulico 14. La varilla del pistón se conecta al sarta de varillas 18 debajo del sello anular, aunque en otros ejemplos una conexión entre la varilla del pistón y la sarta de varillas 18 se puede colocar de otra manera. La fuente de presión hidráulica 12 puede conectarse directamente al accionador hidráulico 14, o puede colocarse remotamente desde el accionador hidráulico 14 y conectarse, por ejemplo, con tuberías o mangueras hidráulicas adecuadas.

La fuente de presión hidráulica 12 controla la presión en el accionador hidráulico 14, de modo que la sarta de varillas 18 se desplaza alternativamente a sus extensiones de longitud de carrera superior e inferior. Estas extensiones no corresponden necesariamente a los límites máximos posibles de desplazamiento superior e inferior de la sarta de varillas 18 o la bomba 20.

Por ejemplo, normalmente no es deseable que un buje de la varilla de válvula 25 por encima de la válvula de desplazamiento 24 impacte una guía de varilla de válvula 23 por encima de la válvula firme 22 cuando la sarta de varillas 18 se desplaza hacia abajo (una condición conocida por los expertos en la técnica como "*pump-pound*"). Por lo tanto, se prefiere que la sarta de varillas 18 se desplace hacia abajo solo hasta que el buje de la varilla de válvula 25 esté cerca de su límite de desplazamiento inferior máximo posible, de modo que no afecte la guía de la varilla de válvula 23.

Por otro lado, cuanto mayor es la distancia de longitud de carrera (sin impacto), mayor es la productividad y la eficiencia de la operación de bombeo (dentro de los límites prácticos), y mayor es la compresión del fluido entre las válvulas firmes y de desplazamiento 22, 24 (por ejemplo, para evitar el bloqueo de gas). Además, una longitud de carrera deseada de la sarta de varillas 18 puede cambiar con el tiempo (por ejemplo, debido al alargamiento gradual de la sarta de varillas 18 como resultado de la disminución de un nivel de líquido (como en la interfaz de fluido 48) en el pozo, etc.).

En algunas situaciones, el fluido 26 puede incluir sustancias que causan corrosión indeseable de varillas de succión de acero al carbón o de baja aleación convencionales. Por ejemplo, el fluido 26 podría comprender sulfuro de hidrógeno (H_2S) o dióxido de carbono (CO_2).

En un aspecto importante, esta descripción proporciona la producción de varillas de succión que son resistentes a la corrosión y adecuadas para su uso en entornos de pozos hostiles, tales como, donde está presente sulfuro de hidrógeno o dióxido de carbono en el fluido producido 26. Sin embargo, el alcance de esta descripción no se limita al uso de varillas de succión mejoradas para ningún propósito en particular, o en cualquier entorno en particular.

Con referencia adicional ahora a la FIGURA 2, una composición o material de la varilla de succión 52 se representa en forma de una barra cilíndrica 54 que tiene una longitud

adecuada. La barra 54 puede considerarse como materia prima para producir una varilla de succión 50 (véanse las FIGURAS 3 y 4). La varilla de succión 50 puede usarse en la sarta de varillas 18 descrita anteriormente, o puede usarse en otros sartas de varilla y en otros sistemas de elevación artificial, de acuerdo con el alcance de esta descripción.

5 En la FIGURA 2 ejemplo, el material de la varilla de succión 52 comprende un acero inoxidable martensítico. El material 52 puede tener un contenido de cromo (Cr) de alrededor de 12%, y hasta alrededor de 0.4% de contenido de carbono (C). Donde se utiliza acero inoxidable grado 410 de la Sociedad de Ingenieros Automotores (SAE, por sus siglas en inglés), o grado S41000 del sistema de numeración unificado (UNS, por sus siglas en inglés),
10 el material 52 puede tener un contenido de cromo (Cr) de 11.5-13.0%, contenido de níquel (Ni) de 0.75%, contenido de carbono (C) de hasta 0.15%, contenido de manganeso (Mn) de 1%, contenido de silicio (Si) de 1%, contenido de fósforo (P) de 0.04% y contenido de azufre (S) de 0.03%.

 En algunos ejemplos, la composición de la varilla de succión se puede adaptar para maximizar el rendimiento de la varilla de succión incorporando la composición base de UNS S41000 y modificándola, por ejemplo, restringiendo el intervalo de carbono. Dichas modificaciones pueden lograr las propiedades mecánicas deseadas, y pueden incluir adiciones de aleaciones que mejoran propiedades, tales como la dureza y resistencia a la fatiga.

20 En tales ejemplos de la composición o material de la varilla de succión 52 que comprende una composición de base UNS S41000 modificada, el contenido de carbono puede restringirse a 0.08% a 0.15%. Las adiciones de aleación pueden incluir adiciones de vanadio hasta un 0.20%, adiciones de niobio hasta un 0.10%, adiciones de titanio hasta un 0.05%, adiciones de níquel hasta un 5% y/o adiciones de molibdeno hasta 1.0%.

25 Por ejemplo, una aleación de acero inoxidable UNS S41000 modificada para su uso como material de la varilla de succión 52 puede comprender un contenido de carbono de 0.08 - 0.15%, una adición de alrededor de 0.05% de vanadio, una adición de alrededor de 0.5% de níquel y una adición de alrededor de 0.20% de molibdeno.

 Como otro ejemplo, una aleación de acero inoxidable UNS S41000 modificada para su uso como material de la varilla de succión 52 puede comprender un contenido de carbono de 0.08 - 0.15%, una adición de alrededor de 0.05% de vanadio, una adición de alrededor de 1.0% de níquel y una adición de alrededor de 0.50% de molibdeno.

 En otro ejemplo más, una aleación de acero inoxidable UNS S41000 modificada para usar como material de la varilla de succión 52 puede comprender un contenido de carbono de 0.08 - 0.15%, una adición de alrededor de 0.04% de niobio, una adición de alrededor de 0.5% de níquel y una adición de alrededor de 0.20% de molibdeno.

 Otra aleación de acero inoxidable UNS S41000 modificada adecuada para su uso

como material de la varilla de succión 52 puede comprender un contenido de carbono de 0.08 - 0.15%, una adición de alrededor de 0.015% de titanio, una adición de alrededor de 0.5% de níquel y una adición de alrededor de 0.20% molibdeno.

En algunos ejemplos, un diámetro de la barra 54 puede ser de alrededor de 0.75 pulgadas (~1.9 cm). Sin embargo, el alcance de esta descripción no se limita a ningún diámetro, longitud, tamaño o material particular de la barra 54.

Con referencia adicional ahora a la FIGURA 3, la varilla de succión 50 se representa después de una operación de forjado. En este ejemplo, un extremo de la barra 54 se calienta a una temperatura de forja deseada, y luego se deforma usando un martillo o prensa y matriz (no se muestra). Cuando se completa la operación de forjado, el extremo de la barra 54 tiene áreas de acabado rugoso para los anillos con caras planas para llave 56 y las roscas 58. El anillo con caras planas para llave 56 y las roscas 58 pueden terminarse en las etapas posteriores del método.

La temperatura de forjado se selecciona para proporcionar un formado fácil (deformación) del extremo de la barra 54, mientras se evita la formación de microestructura cristalina de ferrita δ en el material 52. En un ejemplo, el extremo de la barra 54 se puede forjar satisfactoriamente a alrededor de $\sim 1288^{\circ}\text{C}$ (2350°F) $\pm \sim 28^{\circ}\text{C}$ (50°F). Se pueden usar otras temperaturas de forjado en otros ejemplos (por ejemplo, se puede usar una temperatura de forjado mayor o menor dependiendo de una sección transversal del material 52).

Con referencia adicional ahora a la FIGURA 4, la varilla de succión 50 se representa en una operación de tratamiento térmico. Cuando los extremos de la barra 54 están forjados (por ejemplo, como se describe anteriormente en relación con la FIGURA 3), la operación de tratamiento térmico puede realizarse después de la operación de forjado.

Como se representa en la FIGURA 4, la varilla de succión 50 se coloca en un horno de tratamiento térmico u horno 60. En la FIGURA 4 ejemplo, el horno 60 incluye un quemador o elemento de calentamiento 62, un sensor de temperatura 64 y un soplador 66. El soplador 66 puede forzar que el aire 68 fluya a una velocidad de flujo deseada a través del horno 60 para reducir así la temperatura de la varilla de succión 50 después de un paso de endurecimiento que se describe más completamente a continuación.

El elemento de calentamiento 62 se representa en la FIGURA 4 como elemento de resistencia eléctrica, pero otros tipos de fuentes de calentamiento (como un quemador de combustible) pueden usarse en otros ejemplos. El sensor de temperatura 64 puede comprender cualquiera de varios tipos de sensores e indicadores de temperatura (tales como un pirómetro, un termopar, etc.).

El elemento de calentamiento 62, el sensor de temperatura 64 y el soplador 66, o cualquiera de ellos, pueden conectarse a un sistema de control (no mostrado) para controlar automáticamente la temperatura en el horno 60, para mantener una temperatura deseada y

para controlar el tiempo empleado a una temperatura particular. El sistema de control podría incluir, por ejemplo, un controlador lógico programable (PLC, por sus siglas en inglés) que utiliza un algoritmo proporcional derivativo integral (PID, por sus siglas en inglés). Alternativamente, las temperaturas y los tiempos en la operación de tratamiento térmico pueden controlarse manualmente. Por lo tanto, el alcance de esta descripción no se limita a ningún medio particular para controlar la temperatura en la operación de tratamiento térmico.

En este ejemplo, la operación de tratamiento térmico comprende aumentar la temperatura de la varilla de succión 50 a una temperatura mayor que la temperatura de transformación de martensita para el material 52, y luego enfriamiento rápido por aire. La varilla de succión 50 se templea luego a su estado final mediante recalentamiento, logrando así niveles satisfactorios de resistencia a la corrosión, dureza, resistencia, endurecimiento y resistencia al impacto.

Por ejemplo, la temperatura de la varilla de succión 50 se puede mantener a alrededor de $\sim 982^{\circ}\text{C}$ (1800°F) $\pm 8^{\circ}\text{C}$ (15°F) durante alrededor de 30 minutos para endurecer el material 52. La varilla de succión 50 puede enfriarse rápido por aire haciendo fluir aire 68 a alrededor de 15 pies cúbicos por minuto (~ 425 litros por minuto) ± 5 pies cúbicos por minuto (~ 142 litros por minuto) a través de la varilla de succión.

Después del enfriamiento rápido por aire, la varilla de succión 50 puede templarse. Por ejemplo, la varilla de succión 50 puede templarse aumentando su temperatura a alrededor de $\sim 649^{\circ}\text{C}$ (1200°F) $\pm 14^{\circ}\text{C}$ (25°F) y manteniendo la temperatura durante alrededor de 45 minutos a una hora.

En un ejemplo, una barra 54 de acero inoxidable de grado SAE 410 de 1.9 cm de diámetro se puede forjar a alrededor de 1288°C , endurecerse calentando a 982°C durante alrededor de 30 minutos, enfriamiento rápido por aire forzado el aire a alrededor de 15 pies cúbicos por minuto (~ 425 litros por minuto), y luego temple a alrededor de 649°C durante alrededor de 45 minutos. Tal material tratado térmicamente 52 puede tener un valor de energía de impacto Izod de alrededor de 87 libras-pie (~ 118 Nm), alargamiento de alrededor de 21%, reducción del área de alrededor de 69%, resistencia a la tracción de alrededor de 127,600 libras por pulgada cuadrada (~ 880 MPa), y un límite elástico de alrededor de 107,200 libras por pulgada cuadrada (~ 740 MPa).

Con referencia adicional ahora a la FIGURA 5, se ilustra representativamente un diagrama de flujo de ejemplo para un método 70 de producción de una varilla de succión. Para mayor claridad y concisión de la descripción, el método 70 se representa en la FIGURA 5 y se describe a continuación, ya que puede utilizarse para producir la varilla de succión 50 de las FIGURAS 3 y 4 para usar en el sistema de elevación artificial 10 de la FIGURA 1.

Sin embargo, debe entenderse claramente que, en otros ejemplos, el método 70 podría utilizarse para producir otros tipos de varillas de succión para su uso en otros tipos de

sistemas de elevación artificial. Por consiguiente, el alcance de esta descripción no se limita a ningún detalle particular del método 70 como se describe en la presente o se representa en los dibujos.

En la etapa 72, el material 52 se calienta a una temperatura de forjado en la preparación para forjado (paso 74). Para un material de acero inoxidable martensítico de grado SAE 410 o UNS grado S41000, la temperatura de forjado puede ser alrededor de ~1288°C (2350°F) +/- ~28°C (50°F). La temperatura de forjado puede variar según, por ejemplo, la selección del material, el espesor de la sección transversal, el grado de deformación, etc. La temperatura de forjado se puede seleccionar para permitir que el material 52 se deforme como se desee con relativamente pocos golpes de martillo, y para mitigar la formación de fases indeseables tales como ferrita δ en el material.

En la etapa 74, el material 52 se forja a la forma deseada, poco después de que se alcanza la temperatura de forjado. En este ejemplo (véase la FIGURA 3), el extremo de la barra 54 se golpea con un martillo y una matriz, de modo que el extremo de la barra está configurado para los anillos con caras planas para llave 56 y las roscas 58. En otros ejemplos, se pueden usar diferentes configuraciones o formas.

En algunos ejemplos, el material 52 puede no ser forjado en absoluto. En tales ejemplos, las etapas 72 y 74 pueden no realizarse.

En las etapas 76, 78 y 80, se realiza un procedimiento de tratamiento térmico. Estas etapas aumentan el endurecimiento y la resistencia del material 52, al tiempo que proporcionan una dureza y resistencia al impacto adecuadas.

En la etapa 76, el material 52 se endurece manteniendo el material a una cierta temperatura elevada durante una cierta duración. Para un material de acero inoxidable martensítico SAE grado 410 o UNS grado S41000, la temperatura elevada puede ser alrededor de ~982°C (1800°F) +/- ~8°C (15°F), y la duración puede ser de alrededor de 30 minutos. Se pueden usar otras temperaturas y tiempos de endurecimiento en otros ejemplos.

En la etapa 78, el material 52 se enfría rápido. En este ejemplo, se utiliza una técnica de enfriamiento rápido por aire. En la FIGURA 4 ejemplo, el soplador 66 fluye aire 68 a través de la varilla de succión 50 a una velocidad de flujo de alrededor de 15 pies cúbicos por minuto (~425 litros por minuto) +/- 5 pies cúbicos por minuto (~142 litros por minuto). Se pueden usar otras velocidades de flujo en otros ejemplos, variando la velocidad de flujo en función de factores, tales como la masa del material 52, la velocidad de enfriamiento rápido deseada, etc.

En la etapa 80, el material 52 se temple aumentando su temperatura a una cierta temperatura de temple, y manteniendo esa temperatura durante una cierta duración. Para un material de acero inoxidable martensítico SAE grado 410 o UNS grado S41000, la temperatura de revenido puede ser de alrededor de ~649°C (1200°F) +/- ~14°C (25°F), y la duración puede ser de alrededor de 45 minutos a una hora. Se pueden usar otras temperaturas de revenido y

duraciones en otros ejemplos.

En la etapa 82, la varilla de succión 50 está terminada. Por ejemplo, el anillo con caras planas para llave 56 pueden maquinarse hasta el tamaño deseado, y las roscas 58 pueden formarse en el extremo de la barra 54. Se pueden formar roscas internas o externas, u otros tipos de medios de conexión. Las disposiciones para los anillos con caras planas para llave 56 y los roscas 58 representados en la FIGURA 3 son opcionales, ya que las etapas de forjado 72, 74 también son opcionales, y otros tipos de extremos de varilla de succión pueden usarse en otros ejemplos.

En algunos ejemplos, una parte o la totalidad del acabado puede realizarse antes de las etapas de tratamiento térmico 76, 78, 80. Nada o menos que todo el acabado puede realizarse después de las etapas de tratamiento térmico 76, 78, 80.

Como se mencionó anteriormente, la sarta de varillas 18 puede comprender una varilla de succión continua 50. La varilla de succión 50 puede ser "continua", ya que puede tener una longitud de alrededor de 200-1000 pies (~61-305 metros) o más. En estos ejemplos, las etapas de forjado 72, 74 pueden no usarse (por ejemplo, las roscas 58 o las soldaduras se pueden fabricar en los extremos de la varilla de succión 50 en un sitio de pozo u otra ubicación de campo) y la varilla de succión puede no estar contenida en el horno 60 para tratamiento térmico (por ejemplo, la varilla de succión puede desplazarse a través de un horno durante el tratamiento térmico, por ejemplo, a una velocidad de alrededor de 10 pies/min o 3 m/min).

Una composición adecuada para la varilla de succión 50 puede comprender (valores aproximados) 12% de cromo, 0.08-0.15% de carbono, manganeso en el intervalo de 0.3 a 1.6%, silicio en el intervalo de 0.15 a 0.6%, menos de 0.025% de fósforo, menos de 0.025% de azufre (con una pequeña cantidad (por ejemplo, 0.002%) de calcio en la refinación en cuchara de colada si hay azufre presente) y 0.02-0.10% de molibdeno para una mejor templabilidad. El níquel puede estar presente en la composición a alrededor de 0.15-0.20%, con cobre a alrededor de 0.25-0.30% si hay níquel presente, para una mayor resistencia a la corrosión.

Para mejorar la soldabilidad, se puede agregar vanadio en el intervalo de 0.03 a 0.05%. Como alternativa al vanadio, se puede agregar niobio o titanio relativamente tarde a la cuchara de colada. El titanio se prefiere actualmente al niobio para este propósito. Si se usa niobio, puede estar en el intervalo de 0.02 - 0.05% (preferiblemente alrededor de 0.02%). Si se utiliza titanio, puede estar en el intervalo de 0.012 - 0.015%.

La composición anterior para el material 52 es adecuada para usar con la varilla de succión continua 50 en aplicaciones donde está expuesta a entornos de pozos anaerobios que contienen gas ácido. Sin embargo, el material 52 puede usarse en otros entornos de pozos, de acuerdo con el alcance de esta descripción.

El material 52 puede endurecerse calentando a alrededor de $\sim 1288^{\circ}\text{C}$ (2350°F). La temperatura de endurecimiento y la duración pueden variar en función del diámetro o el grosor del material 52.

5 El material 52 puede conformarse entonces (por ejemplo, reduciendo el diámetro usando rodillos, o impartiendo una sección transversal de forma elíptica) mientras está caliente. Después de la conformación, se puede dejar que el material 52 se enfríe al aire a alrededor de $\sim 93^{\circ}\text{C}$ (200°F), y luego se temple a alrededor de $\sim 593\text{-}649^{\circ}\text{C}$ ($1100\text{-}1200^{\circ}\text{F}$).

Después de temprar y enfriar posteriormente, la varilla de succión continua 50 puede enrollarse en una bobina o carrete para un almacenamiento y entrega convenientes a un sitio de pozo. En el sitio del pozo, la varilla de succión 50 puede desenrollarse de la bobina o carrete a medida que se instala en el pozo. Para este propósito, se puede usar un elemento de equipo conocido por los expertos en la técnica como un inyector.

Las temperaturas y duraciones mencionadas anteriormente para el endurecimiento, enfriamiento y temple pueden variar en función de una variedad de factores que incluyen, por ejemplo, un diámetro o espesor de la sección transversal de la varilla de succión 50 y la composición específica del material 52. Por lo tanto, el alcance de esta descripción no se limita a ninguna temperatura o duración particular descrita anteriormente para el tratamiento térmico del material 52.

Con referencia adicional ahora a las FIGURAS 6-8, ejemplos de un sistema 90 y método 110 para producir la varilla de succión 50 en forma continua son ilustrados de manera representativa. La varilla de succión continua 50 producida por el sistema 90 y el método 110 puede usarse en el sistema de pozo 10 y el método de la FIGURA 1, o puede usarse con otros sistemas y métodos de pozos.

Como se representa en la FIGURA 6, el material de la varilla de succión 52 (véanse las FIGURAS 2 y 3) puede proporcionarse en la forma de barra 54, por ejemplo, enrollada alrededor de una bobina o carrete 92. Cuando se entrega, la barra 54 puede tener un diámetro exterior (u otra dimensión exterior) mayor que el de la varilla de succión terminada 50. En otros ejemplos, el material 52 puede proporcionarse en otras formas o formas iniciales, y el material no se enrolla necesariamente alrededor de la bobina 92 cuando se entrega.

30 La barra 54 se puede calentar a alrededor de $\sim 1288^{\circ}\text{C}$ (2350°F), por ejemplo, usando un calentador de inducción 94 para reducción de tamaño y/o conformación. El calor para dar forma también se puede usar para endurecer el material de la varilla 52 a través de la transformación martensítica.

Como se mencionó anteriormente, la temperatura de endurecimiento y la duración pueden variar en parte en función del diámetro o grosor del material 52. Esto se puede lograr controlando la distancia entre la etapa de formación 96 y la cama de enfriamiento 98, junto con el control de la velocidad de desplazamiento de la varilla 50.

La barra 54 puede conformarse (por ejemplo, reduciendo su diámetro exterior usando rodillos 96, o impartiendo una sección transversal elíptica o de otra forma) mientras está caliente. La barra 54 puede dejarse enfriar al aire, por ejemplo, en un lecho de enfriamiento 98, a alrededor de $\sim 93^{\circ}\text{C}$ (200°F).

5 En la FIGURA 6 ejemplo, el material 52 se temple, por ejemplo, usando otro calentador de inducción 100, a alrededor de $\sim 593\text{--}704^{\circ}\text{C}$ ($1100\text{--}1300^{\circ}\text{F}$), después de la cama de enfriamiento 98. Luego, se puede usar otra cama de enfriamiento 102 para enfriar la varilla de succión 50, por ejemplo, hasta cerca de la temperatura ambiente. La varilla de succión continua 50 puede enrollarse en una bobina o carrete 104 para un almacenamiento y entrega
10 convenientes a un sitio de pozo u otra ubicación de campo.

Como se representa en la FIGURA 7, se ilustra representativamente un ejemplo de una porción de conexión opcional 90a del sistema 90. En la FIGURA 7 ejemplo, dos secciones 50a,b de la varilla de succión 50 se unen usando un soldador 106. El soldador 106 produce una conexión de soldadura 108 entre las secciones de varilla de succión 50a,b.

15 Un calentador de inducción 100a (tal como, el calentador de inducción 100 representado en la FIGURA 6) y la cama de enfriamiento 102a (tal como la cama de enfriamiento 102 representado en la FIGURA 6) pueden usarse después del soldador 106 para temprar y luego enfriar la conexión de soldadura 108 y las secciones adyacentes de la varilla de succión 50a,b.

20 La conexión de soldadura 108 se puede producir en el sistema 90 representado en la FIGURA 6 después de la cama de enfriamiento 102 y antes de enrollar la varilla de succión 50 alrededor de la bobina 104. Alternativamente, la conexión de soldadura 108 se puede producir en una ubicación de campo, usando la porción de conexión 90a representada en la FIGURA 7 en la ubicación del campo.

25 Como se representa en la FIGURA 8, un ejemplo del método 110 para producir la varilla de succión 50 se ilustra representativamente en forma de diagrama de flujo. Las etapas 112-126 mostradas en la FIGURA 8 representan las etapas descritas anteriormente para producir la varilla de succión 50 en forma continua, utilizando el sistema 90. Sin embargo, las etapas 112-126 no están necesariamente restringidas a las etapas descritas anteriormente, y
30 el método 110 puede usarse con otros sistemas, de acuerdo con los principios de esta descripción.

En la etapa 112, el material de la varilla de succión 52 se calienta inicialmente. Por ejemplo, el material 52 puede endurecerse calentándolo a una temperatura mayor que una temperatura de transformación de martensita para el material. Como se describió
35 anteriormente, la temperatura puede ser de alrededor de $\sim 1288^{\circ}\text{C}$ (2350°F). Este paso de calentamiento 112 también puede preparar el material 52 para la conformación posterior.

En la etapa 114, el material 52 se conforma mientras está caliente. Como se describió

anteriormente, un diámetro exterior de la barra 54 puede reducirse, o la barra puede tener una sección transversal elíptica u otra de forma no redonda impartida.

En la etapa 116, el material 52 se enfría rápido, por ejemplo, por enfriamiento con aire. En este ejemplo, no se usa enfriamiento por aire forzado.

5 En la etapa 118, el material 52 es templado. Como se discutió anteriormente, la temperatura de revenido puede ser alrededor de ~593-704°C (1100-1300°F). En la etapa 120, después de templar, el material 52 nuevamente se deja enfriar al aire.

En la etapa 122, las secciones 50a,b (véase la FIGURA 7) de la varilla de succión 50 se sueldan entre sí. En la etapa 124, la conexión de soldadura 108 se temple y luego se deja
10 enfriar. En la etapa 126, la varilla de succión 50 se embobina o enrolla alrededor del carrete o bobina 104.

Ahora puede apreciarse completamente que la descripción anterior proporciona avances significativos en la técnica de los sistemas de elevación artificial, incluido la técnica de producir varillas de succión para su uso en sistemas de elevación artificial. En un ejemplo
15 descrito anteriormente, una varilla de succión 50 puede estar formada de un acero inoxidable martensítico, y puede tener una longitud de al menos 60 metros. La varilla de succión 50 puede ser continua y puede almacenarse enrollando en un carrete o bobina 104. La varilla de succión 50 tiene una resistencia a la corrosión deseable, junto con resistencia, dureza y resistencia al impacto, adecuada para su uso en un entorno de pozo hostil.

20 La descripción anterior proporciona una varilla de succión 50 para usar en un pozo subterráneo. En un ejemplo, la varilla de succión 50 puede comprender un material de acero inoxidable martensítico 52 que comprende cromo en el intervalo de 11.5 a 13%, y carbono en el intervalo de 0.08 a 0.15%, y una longitud de la varilla de succión 50 siendo al menos 60 metros.

25 El material 52 puede comprender manganeso en el intervalo de 0.3 a 1.6%.

El material 52 puede comprender silicio en el intervalo de 0.15 a 0.6%.

El material 52 puede comprender menos del 0.025% de fósforo.

El material 52 puede comprender menos del 0.025% de azufre.

El material 52 puede comprender molibdeno en el intervalo de 0.02 a 0.10%

30 El material 52 puede comprender al menos uno de vanadio, titanio y niobio. El contenido de vanadio puede estar en el intervalo de 0.03 a 0.05%. El contenido de titanio puede estar en el intervalo de 0.012 a 0.015%. El contenido de niobio puede estar en el intervalo de 0.02 a 0.05%.

El material 52 puede comprender alrededor de 0.15% de níquel. El material 52 puede
35 comprender adiciones de níquel y cobre. Las adiciones de níquel y cobre pueden comprender alrededor de 0.30% de cobre y alrededor de 0.20% de níquel.

También se describió anteriormente un método para producir una varilla de succión 50

para usar en un pozo subterráneo. En un ejemplo, el método puede comprender: producir un material de acero inoxidable martensítico 52 de la varilla de succión 50, el material 52 comprende cromo en el intervalo de 11.5 a 13%, y carbono en el intervalo de 0.08 a 0.15%; tratamiento térmico del material 52; y enrollar el material 52 para almacenamiento.

5 La etapa de producción puede comprender conformar el material 52 mientras que una longitud del material 52 es de al menos 60 metros.

La etapa de tratamiento térmico puede incluir endurecer el material 52 calentando a una temperatura de al menos una temperatura de transformación de martensita para el material 52, luego permitiendo que el material 52 se enfríe y luego templando el material 52.

10 El método puede incluir conformar material 52 después de la etapa de calentamiento y antes de la etapa de permitir que el material 52 se enfríe.

El método puede incluir la fabricación de conexiones (tales como formar roscas 58 o soldar conexiones 108) y unir secciones de la varilla de succión 50 en una ubicación de campo (como en un sitio de pozo, un taller de campo, etc.).

15 Aunque se han descrito varios ejemplos anteriormente, cada uno con ciertas características, debe entenderse que no es necesario que una característica particular de un ejemplo se use exclusivamente con ese ejemplo. En cambio, cualquiera de las características descritas anteriormente y/o representadas en los dibujos se puede combinar con cualquiera de los ejemplos, además de o en sustitución de cualquiera de las otras características de esos
20 ejemplos. Las características de un ejemplo no se excluyen mutuamente de las características de otro ejemplo. En cambio, el alcance de esta descripción abarca cualquier combinación de cualquiera de las características.

Aunque cada ejemplo descrito anteriormente incluye una cierta combinación de características, debe entenderse que no es necesario utilizar todas las características de un
25 ejemplo. En cambio, se puede usar cualquiera de las características descritas anteriormente, sin que se use ninguna otra característica o características particulares.

Debe entenderse que las diversas modalidades descritas en la presente pueden utilizarse en diversas orientaciones, tales como inclinada, invertida, horizontal, vertical, etc., y en diversas configuraciones, sin apartarse de los principios de esta descripción. Las
30 modalidades se describen simplemente como ejemplos de aplicaciones útiles de los principios de la descripción, que no se limita a ningún detalle específico de estas modalidades.

Los términos “que incluye”, “incluye”, “que comprende”, “comprende” y términos similares se usan en un sentido no limitativo en esta especificación. Por ejemplo, si un sistema, método, aparato, dispositivo, etc., se describe como “incluye” una determinada
35 característica o elemento, el sistema, método, aparato, dispositivo, etc., puede incluir esa característica o elemento, y también puede incluir otras características o elementos. Del mismo modo, se considera que el término “comprende” significa “comprende, pero no se limita

a.”

Por supuesto, una persona experta en la técnica, tras una cuidadosa consideración de la descripción anterior de las modalidades representativas de la descripción, apreciaría fácilmente que se pueden realizar muchas modificaciones, adiciones, sustituciones, supresiones y otros cambios en las modalidades específicas, y dichos cambios están contemplados por los principios de esta descripción. Por ejemplo, las estructuras descritas como formadas por separado pueden, en otros ejemplos, formarse integralmente y viceversa. En consecuencia, la descripción detallada anterior debe entenderse claramente como dada a modo de ilustración y ejemplo únicamente, estando limitado el espíritu y el alcance de la invención únicamente por las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes.