

SISTEMA DIRECCIONABLE DE CREACIÓN DE TÚNELES MEDIANTE ÁCIDO EN TIEMPO

REAL

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

5

1. Campo de la invención

[0001] La invención se refiere en general a sistemas y métodos para crear túneles subterráneos laterales direccionables y para monitorear la formación de túneles en la superficie en tiempo real.

10

2. Descripción de la técnica relacionada

[0002] Las operaciones de desviación crean túneles laterales que se extienden hacia afuera desde un pozo central, el cual típicamente está orientado sustancialmente de forma vertical, pero también puede ser inclinado o estar orientado de forma horizontal. Se puede utilizar una variedad de herramientas y técnicas para crear túneles laterales. Entre estas herramientas y técnicas se encuentran dispositivos que inyectan ácido en el pozo y en la formación circundante para disolver la piedra. Los dispositivos de este tipo se utilizan, por ejemplo, en el servicio de colocación objetivo de ácido StimTunnel™, disponible comercialmente de Baker Hughes Incorporated en Houston, Texas. Estos dispositivos de estimulación de ácido típicamente utilizan un ensamblaje de fondo de pozo con una varilla rotativa con una boquilla a través de la cual se dispensa ácido a presión alta. El ácido ayuda a disolver partes de la formación alrededor de la boquilla. La varilla típicamente se proporciona con una o más juntas de articulación que ayudan a inclinar la boquilla en una dirección deseada. Los elementos de este tipo de herramienta se analizan en la publicación de patente estadounidense n.º 2008/0271925 ("Acid Tunneling Bottom Hole Assembly") de Misselbrook et ál. [la referencia '925]. La referencia '925 se incorpora a la presente mediante referencia.

15

20

25

30

COMPENDIO DE LA INVENCION

[0003] La presente invención se refiere a dispositivos y técnicas para formar túneles laterales de un pozo subterráneo mediante la inyección de ácido. Los dispositivos y métodos de la presente invención permiten un mayor control de la dirección y longitud de los túneles laterales en creación que el que ha sido posible en los sistemas convencionales. Los dispositivos y métodos de la presente invención permiten la creación de múltiples túneles laterales irradiados en diferentes direcciones a partir de un pozo central sustancialmente vertical en una única profundidad o ubicación a lo largo del pozo. Los dispositivos y métodos de la presente invención permiten el monitoreo en tiempo real, en la superficie, de la información con respecto a la creación de los túneles laterales.

[0004] De acuerdo con modalidades particulares, un sistema de creación de túneles mediante ácido incluye un ensamblaje de fondo de pozo que dispensa ácido fijado a una disposición de introducción para introducirlo en un pozo. El ensamblaje de fondo de pozo incluye una herramienta de creación de túneles que tiene una varilla con una boquilla para la inyección de ácido en ubicaciones deseadas para crear túneles laterales.

[0005] En modalidades preferidas, el ensamblaje de fondo de pozo se proporciona con uno o más sensores de parámetros de fondo de pozo. Los sensores pueden detectar parámetros de fondo de pozo que incluyen presión y temperatura. En determinadas modalidades, los sensores pueden detectar parámetros de flujo de fluidos, tales como densidad y viscosidad. En una modalidad descrita, los sensores se retienen dentro de un módulo de sensor que se incorpora en el ensamblaje de fondo de pozo.

[0006] De acuerdo con modalidades particulares, se utiliza un cable de energía/datos para suministrar energía a componentes de fondo de pozo, así como también un sistema de transmisión de datos. Los parámetros de fondo de pozo detectados por los sensores se envían hacia la superficie a través del cable a un controlador. De acuerdo con modalidades preferidas, el cable de energía/datos se dispone en la boca de caudal central de la sarta de servicio y puede comprender un cable tipo cable de tubería.

[0007] En una modalidad descrita, el sistema de creación de túneles mediante ácido incorpora un localizador de los collares de la tubería de revestimiento ("CCL", por sus siglas en inglés) que es útil para determinar la posición del ensamblaje de fondo de pozo en un pozo revestido. Cuando el sistema de creación de túneles mediante ácido se introduce en un pozo con partes que están revestidas con una tubería de revestimiento que tiene una conexión de collar, el localizador de los collares de la tubería de revestimiento proporciona una indicación de la ubicación o profundidad del ensamblaje de fondo de pozo dentro el pozo. Los datos del localizador de los collares de la tubería de revestimiento se transmiten al controlador en la superficie mediante el cable de energía/datos.

[0008] En modalidades particulares, el sistema de creación de túneles mediante ácido incluye un inclinómetro que puede determinar el alejamiento angular de la vertical del ensamblaje de fondo de pozo en cualquier punto determinado en el pozo. Estos datos se transmiten al controlador en la superficie. Junto con los datos del localizador de los collares de la tubería de revestimiento, de utilizarse, el inclinómetro puede utilizarse para localizar el ensamblaje de fondo de pozo en una ubicación deseada particular en el pozo.

[0009] De acuerdo con modalidades particulares, una herramienta de indexación se incorpora en el ensamblaje de fondo de pozo y es útil para rotar la parte de la herramienta de creación de túneles del ensamblaje de fondo de pozo dentro del pozo. Preferentemente, la herramienta de indexación puede rotar la herramienta de creación de túneles hasta 180 grados en cualquier dirección radial, lo que permite que la herramienta de creación de túneles forme túneles laterales en cualquier dirección radial hacia afuera del pozo central.

[0010] En determinadas modalidades, una herramienta de pulso, tal como una herramienta de alcance extendido EasyReach de frecuencia baja, está conectada entre la herramienta de creación de túneles y las partes superiores del ensamblaje de fondo de pozo. La herramienta de pulso crea ondas de presión que se transmiten a la herramienta de creación de túneles y, en respuesta a cada pulso, la varilla y la boquilla de la herramienta de creación de túneles se flexionan de manera radial hacia afuera para permitir que se dispense el ácido hacia la formación circundante.

[0011] De acuerdo con las modalidades particulares, la herramienta de pulso está diseñada para proporcionar ondas de presión que tienen un perfil de presión predeterminado para curvar la herramienta de pulso en una manera prescrita para formar túneles laterales con diámetro agrandado. La herramienta de pulso está diseñada para proporcionar ondas o pulsos de presión que activarán la flexión o curvado de la herramienta de creación de túneles de manera periódica. En una modalidad particular, la flexión radial de la herramienta de creación de túneles ocurre cuando se aplica el pulso (aumento de onda de presión) y la herramienta se endereza cuando se detiene el pulso (disminución de onda de presión). Esta flexión y enderezamiento curvará y enderezará de manera alternativa la herramienta de creación de túneles de modo que se creen túneles más

anchos. Los inventores han determinado que crear túneles más anchos reducirá de manera ventajosa la fricción entre el ensamblaje de fondo de pozo y la roca de la formación.

5 [0012] Durante el funcionamiento, el sistema de creación de túneles mediante ácido de la presente invención puede operarse para formar túneles laterales que se extiendan hacia afuera del pozo central en el cual se introduce el sistema de creación de túneles mediante ácido. De acuerdo con un método de funcionamiento de ejemplo,
10 el sistema de creación de túneles mediante ácido se introduce en un pozo en una formación en la cual se desee crear túneles laterales. La ubicación aproximada del ensamblaje de fondo de pozo dentro del pozo se determinar mediante los datos del localizador de los collares de la tubería de revestimiento, del inclinómetro, de los sensores y/u
15 otros medios conocidos en la técnica. El ácido se hace fluir hacia abajo a través de la boca de caudal de la sarta de servicio y la presión de fluido del ácido acciona la herramienta de pulso. A su vez, la herramienta de pulso acciona la herramienta de creación de túneles para flexionar y enderezar a medida que se inyecta el ácido en el pozo
20 y crea túneles laterales. La herramienta de pulso también es útil para crear túneles laterales que tienen diámetros más grandes y que proporcionan menor resistencia a la fricción con la herramienta de creación de túneles, lo que facilita este proceso.

25 [0013] El sistema de creación de túneles mediante ácido de la presente invención es direccionable dado que puede utilizarse para crear túneles en direcciones particulares y a profundidades o ubicaciones particulares en el pozo. En determinadas modalidades, el sistema de creación de túneles mediante ácido se direcciona al subir
30 y bajar la sarta de servicio en el pozo en función de los datos proporcionados por un localizador de los collares de la tubería de revestimiento o sensores. Además, la herramienta de creación de

túneles puede orientarse de forma radial mediante la herramienta de indexación para dirigir la boquilla de la herramienta de creación de túneles en una dirección radial particular.

[0014] En una modalidad descrita adicional, un sistema direccionable de creación de túneles mediante ácido se utiliza junto con una herramienta de fresado para formar uno o más túneles laterales de un pozo revestido. En esta modalidad, una herramienta de fresado se introduce en primer lugar en el pozo y corta una o más ventanas en la tubería de revestimiento del pozo en ubicaciones donde se desee crear túneles laterales mediante ácido. Luego, el sistema de creación de túneles mediante ácido se introduce en el pozo y la herramienta de creación de túneles mediante ácido se direcciona para formar uno o más túneles laterales a través de la o las ventanas laterales.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0015] Con el fin de proporcionar una mejor comprensión de la presente invención, se hace referencia a la descripción detallada y las modalidades preferidas que siguen, junto con los dibujos adjuntos, en donde los numerales de referencia iguales indican elementos similares o iguales a lo largo de las diversas figuras de los dibujos y en donde:

[0016] La Figura 1 es una vista de corte transversal lateral de un pozo de ejemplo que contiene un sistema de creación de túneles mediante ácido de acuerdo con la presente invención.

[0017] La Figura 2 es una vista de corte transversal lateral de una sección de la sarta de servicio utilizada con el sistema de creación de túneles mediante ácido de la Figura 1.

[0018] La Figura 3 es una vista de corte transversal lateral del

pozo y del sistema de creación de túneles mediante ácido de la Figura 1, en donde la herramienta de creación de túneles mediante ácido está flexionada para unirse a la pared del pozo.

5 [0019] La Figura 4 es una vista de corte transversal lateral del pozo y del sistema de creación de túneles mediante ácido de las Figuras 1 y 3, en donde la herramienta de creación de túneles mediante ácido crea un túnel lateral en la pared del pozo.

10 [0020] La Figura 5 es una vista de corte transversal lateral del pozo y del sistema de creación de túneles mediante ácido de las Figuras 1, 3 y 4, en donde la herramienta de creación de túneles mediante ácido se rotó para crear un segundo túnel lateral.

15 [0021] La Figura 6 es una vista de corte transversal lateral del sistema de creación de túneles mediante ácido que forma un túnel lateral con diámetro agrandado.

20 [0022] La Figura 7 es un diagrama de flujo que representa pasos en una operación de direccionamiento de sistema de creación de túneles mediante ácido de ejemplo.

25 [0023] La Figura 8 es una vista de corte transversal lateral de un pozo de ejemplo que representa una herramienta de fresado que corta una ventana en un pozo revestido.

30 [0024] La Figura 9 es una vista de corte transversal lateral del pozo que se muestra en la Figura 8, con un sistema de creación de túneles mediante ácido dispuesto en el pozo para crear un túnel lateral.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS MODALIDADES PREFERIDAS

[0025] La Figura 1 ilustra un pozo 10 de ejemplo que se perforó a través de la tierra 12 desde la superficie 14 hacia la formación que contiene hidrocarburos 16 en la que se desea crear túneles laterales. El pozo 10 tiene una parte que está revestida con una tubería de revestimiento metálica 17, de un tipo conocido en la técnica. Un sistema de creación de túneles mediante ácido, en general indicado en 18, se dispone dentro del pozo 10 desde la superficie 14. El sistema de creación de túneles mediante ácido 18 incluye una sarta de servicio 20, que es preferentemente una tubería flexible de un tipo conocido en la técnica.

[0026] Tal como ilustra la Figura 2, una boca de caudal central 22 se define a lo largo de la sarta de servicio 20. Un cable 24 para la transmisión de energía eléctrica y/o datos se extiende a lo largo de la boca de caudal 22. De acuerdo a las modalidades preferidas, el cable 24 es un cable de tubería. El cable de tubería es una tubería que contiene un cable aislado que se utiliza para proporcionar energía eléctrica y/o datos a un ensamblaje de fondo de pozo o para transmitir datos desde el ensamblaje de fondo de pozo a la superficie 14. El cable de tubería está disponible a nivel comercial de fabricantes tales como Canada Tech Corporation en Calgary, Canadá. Telecoil es una tubería flexible que incorpora el cable de tubería que puede transmitir energía y datos.

[0027] En la superficie 14, un controlador 26 recibe datos desde el cable 24. El controlador 26 es preferentemente un procesador de datos programable con cantidades adecuadas de memoria y almacenamiento para procesar datos recibidos de un ensamblaje de fondo de pozo, así como también medios para presentar dichos datos. En modalidades preferidas actuales, el controlador 26 comprende una computadora. En modalidades preferidas, el controlador 26 se programa con un software de direccionamiento adecuado que puede usar los datos

recopilados de los sensores de fondo de pozo y proporciona directrices a un operador en tiempo real para permitir cambios sobre la marcha en la posición y orientación de la herramienta de creación de túneles 40. El software adecuado para uso por el controlador 26 incluye software de Servicios de Navegación de Yacimiento (RNS, por sus siglas en inglés), disponible comercialmente de Baker Hughes Incorporated, Houston, Texas.

[0028] El sistema de creación de túneles mediante ácido 18 incluye un ensamblaje de fondo de pozo 28 que se fija a la sarta de servicio 20 mediante un conector de tubería flexible 30. El ensamblaje de fondo de pozo 28 está diseñado para la inyección de ácido y preferentemente incluye un módulo de sensor 32 y un localizador de los collares de la tubería de revestimiento 34. En la modalidad descrita, el ensamblaje de fondo de pozo 28 también incluye una herramienta de indexación 36 y una herramienta de pulso 38. De manera adicional, el ensamblaje de fondo de pozo 28 incluye una herramienta de creación de túneles mediante ácido 40.

[0029] En muchos aspectos, la herramienta de creación de túneles mediante ácido 40 se construye y funciona del mismo modo que el ensamblaje de fondo de pozo de creación de túneles mediante ácido 100 que se describe en la publicación de patente estadounidense 2008/0271925 de Misselbrook et ál. La herramienta de creación de túneles mediante ácido 40 incluye una varilla 42 y un adaptador intermedio 44 que se fijan a la herramienta de pulso 38 mediante una junta de articulación 46. Una segunda junta de articulación 48 interconecta la varilla 42 y el adaptador intermedio 44. La varilla 42 tiene una boquilla 50 en su extremo distal. Un dispositivo adecuado para uso como la herramienta de creación de túneles mediante ácido 40 es la herramienta de colocación objetivo de ácido StimTunnel™, disponible comercialmente de Baker Hughes Incorporated en Houston,

Texas.

[0030] La herramienta de indexación 36 se dispone axialmente entre la desconexión hidráulica 34 y la herramienta de pulso 38. Un dispositivo adecuado para uso como la herramienta de indexación 36 es la herramienta de indexación de alto torque de tubería flexible (*Hi-Torque Indexing Tool*), disponible comercialmente de National Oilwell Varco. La herramienta de indexación 36 puede rotar la herramienta de pulso 38 y la herramienta de creación de túneles mediante ácido 40 con respecto a la sarta de servicio 20 en el pozo 10.

[0031] El ensamblaje de fondo de pozo 28 también incluye una herramienta de pulso 38. Un dispositivo adecuado para uso como la herramienta de pulso 38 es la herramienta de martillo de fluido EasyReach™, disponible comercialmente de Baker Hughes Incorporated en Houston, Texas. Una herramienta de pulso de fluido de este tipo se describe en mayor detalle en la publicación de patente estadounidense n.º 2012/0312156 de Standen et ál, titulada "Fluidic Impulse Generator" [Generador de impulso fluídico]. Durante el funcionamiento, un fluido, tal como ácido, se hace fluir hacia abajo a través de la boca de caudal 22 de la sarta de servicio y a través de la herramienta de pulso 38 hacia la herramienta de creación de túneles mediante ácido 40. La herramienta de pulso 38 crea pulsos de presión dentro del fluido que fluye hacia la herramienta de creación de túneles mediante ácido 40, y estos pulsos causarán que la varilla 42 y el adaptador intermedio 44 se flexionen o curven en la primera y la segunda junta de articulación 46, 48. En modalidades preferidas actualmente, la herramienta de creación de túneles 40 se flexionará (la posición flexionada se muestra en la Figura 3) al recibir un pulso y se enderezará (la posición enderezada se muestra en la Figura 1). La flexión de la herramienta de creación de túneles 40 permite que

el ácido se inyecte en un ángulo hacia la pared del pozo 10, como se ilustra en las Figuras 3 y 4. En la Figura 4 se muestra el túnel lateral 52 siendo creado por la inyección de ácido de la boquilla 50.

[0032] La Figura 6 ilustra el uso de la herramienta de pulso 38 para ayudar a crear un túnel lateral 52 con diámetro agrandado. Durante el funcionamiento, la herramienta de pulso 38 genera una serie de pulsos de fluido que se transmiten hacia la herramienta de creación de túneles 40. Con la transmisión de cada pulso, la varilla 42 y el adaptador intermedio 44 se flexionan a la primera posición que se muestra mediante las líneas sólidas en la Figura 6. Cuando el pulso pasa, la varilla 42 y el adaptador intermedio 44 se enderezan a la primera segunda que se indica mediante las líneas discontinuas en la Figura 6. Como resultado, el área de superficie de la formación 16 sobre la que se distribuye ácido se aumenta, y en consecuencia se agranda el túnel lateral. En particular, el túnel lateral 52 tendrá ácido distribuido sobre una parte superior 54 y una parte inferior 56. La flexión y el enderezamiento periódicos, junto con la inyección de ácido, creará un túnel lateral 52 con un diámetro agrandado o partes más anchas en comparación con herramientas de creación de túneles mediante ácido que no incorporan una herramienta de pulso. Además, el agrandamiento del túnel lateral resultará en la reducción de la fricción entre la herramienta de creación de túneles 40 y la formación 16, lo cual ayudará al proceso de formación del túnel lateral 52.

[0033] En determinadas modalidades, se incorpora un inclinómetro 58 a la herramienta de creación de túneles 40. El inclinómetro 58 es capaz de determinar la inclinación angular de la herramienta de creación de túneles 40, o partes de esta, con respecto a un eje vertical o en relación con la inclinación o el ángulo del pozo 10. El inclinómetro 58 se conecta de forma eléctrica al cable de energía/datos 24, de modo que los datos del inclinómetro se envíen

al controlador 26 en la superficie 14 en tiempo real. Además, el módulo de sensor 32 y el localizador de los collares de la tubería de revestimiento 34 se conectan en forma eléctrica al cable de energía/datos 24 de modo que los datos obtenidos por ellos se proporciona al controlador 26 en tiempo real.

[0034] El módulo de sensor 32 incluye sensores que son capaces de detectar al menos un parámetro de fondo de pozo. Preferentemente, el módulo de sensor 32 incluye sensores que son capaces de detectar una variedad de parámetros de fondo de pozo. Los parámetros de fondo de pozo de ejemplo que percibe el módulo de sensor 32 incluyen temperatura, presión, rayos gamma, acústica y pH (acidez/alcalinidad). El controlador 26 o un usuario pueden utilizar estos parámetros para identificar la ubicación y la orientación del ensamblaje de fondo de pozo 28 dentro del pozo 10 en tiempo real. Por ejemplo, la presión o temperatura del pozo detectadas pueden correlacionarse con una profundidad particular dentro del pozo 10. En modalidades particulares, el controlador 26 utiliza el volumen en tiempo real y las medidas acimutales de rayos gamma proporcionados al controlador 26 desde el módulo de sensor 32 de una manera similar a las técnicas de perforación con direccionamiento geológico para determinar en tiempo real si el túnel lateral 52 que se está formando se está creando en la dirección deseada desde el pozo 10. En determinadas modalidades, se proporcionan datos de acústica percibidos al controlador 26 del módulo de sensor 32 que el controlador 26 utiliza con el mismo fin. Un sensor de pH sería útil para proporcionar información al controlador 26, lo cual ayudará a determinar si el ácido se está utilizando de manera efectiva (es decir, reaccionando con la roca de formación) en la formación del túnel lateral 52. En respuesta, un usuario puede ajustar el volumen de ácido, la velocidad de bombeo, la temperatura y/o la presión.

[0035] El controlador 26 proporcionará al usuario la información necesaria para direccionar la herramienta de creación de túneles 40 en tiempo real, en respuesta a información proporcionada al controlador 26 por el módulo de sensor 32, el inclinómetro 58 y el localizador de los collares de la tubería de revestimiento 34 utilizado con el ensamblaje de fondo de pozo 28. El localizador de los collares de la tubería de revestimiento 34 es capaz de proporcionar datos de localización como resultado de la detección de espacio axial de un collar de la tubería de revestimiento (es decir, conectar collares utilizados en la parte revestida 17 del pozo 10). En el sistema de creación de túneles mediante ácido 18 de la presente invención, se proporcionan datos del localizador de los collares de la tubería de revestimiento 34 al controlador en tiempo real mediante un cable de energía/datos 24.

[0036] En respuesta a la información recolectada por el controlador 26, un usuario puede direccionar el ensamblaje de fondo de pozo 28 a fin de crear túneles laterales en ubicaciones y direcciones deseadas. Con referencia a la Figura 5, puede observarse que la herramienta de creación de túneles 40 ha sido rotada en el pozo 10 a partir de la creación del primer túnel lateral 52, de modo que se esté creando mediante ácido un segundo túnel lateral 60 a partir de la boquilla 50. La herramienta de creación de túneles 40 se ha rotado mediante la herramienta de indexación 36 dentro del pozo 10. En determinadas modalidades, la herramienta de indexación 36 es capaz de rotar la herramienta de creación de túneles 40 hasta 180 grados en cualquier dirección radial dentro del pozo 10, y proporciona así la posibilidad de orientar la boquilla 50 de la herramienta de creación de túneles 40 en cualquier dirección radial dentro del pozo 10. Este direccionamiento de la herramienta de creación de túneles 40 en tiempo real también puede usarse para guiar y orientar la boquilla 50 de la herramienta de creación de túneles 40 inicialmente

para la creación del túnel lateral 52.

[0037] La invención proporciona sistemas y métodos para direccionar una herramienta de creación de túneles 40 a fin de crear túneles laterales, tales como los túneles 52, 60. De acuerdo con modalidades particulares, se transmiten datos de sensores y dispositivos de fondo de pozo a la superficie en tiempo real y, en respuesta, la herramienta de creación de túneles 40 se mueve de forma axial dentro del pozo 10 y/o se rota en forma angular dentro del pozo 10 para direccionar y orientar la boquilla 50 de la que se inyecta ácido en una dirección deseada para la creación de uno o más túneles laterales. La Figura 7 proporciona un diagrama de flujo de ejemplo que ilustra los pasos en un funcionamiento de ejemplo para direccionar la herramienta de creación de túneles 40 para crear túneles laterales. En el paso 70, el ensamblaje de fondo de pozo 28 se introduce en el pozo 10 sobre la sarta de servicio 20 a una primera ubicación deseada dentro del pozo 10. En el paso 72, se hace fluir ácido hacia el ensamblaje de fondo de pozo 28, donde la herramienta de pulso 38 se activa para flexionar y enderezar la herramienta de creación de túneles 40, como se describió anteriormente. El ácido crea un primer túnel lateral en una primera ubicación dentro del pozo 10.

[0038] En el paso 74, se transmiten datos del módulo de sensor 32, el inclinómetro 58 y el localizador de los collares de la tubería de revestimiento 34 al controlador 26. Cabe destacar que el paso 74 ocurre durante cada uno de los pasos 70 y 72. En el paso 76, la herramienta de creación de túneles 40 se direcciona para orientar la boquilla 50 para crear un segundo túnel lateral en una segunda ubicación. Un usuario direcciona la herramienta de creación de túneles 40 en respuesta y con base en datos de parámetros de fondo de pozo en tiempo real, recolectados por el controlador 26. Al direccionar la herramienta de creación de túneles 40, el ensamblaje

de fondo de pozo 28 puede moverse en forma axial dentro del pozo 10. Además, la herramienta de indexación 36 puede direccionar la herramienta de creación de túneles 40 al rotarla dentro del pozo 10. En el paso 78, la herramienta de creación de túneles 40 crea un segundo
5 túnel lateral en una segunda ubicación dentro del pozo 10. En el paso 80, se hace fluir ácido hacia el ensamblaje de fondo de pozo 28. La herramienta de pulso 38 flexiona la herramienta de creación de túneles 40 y dirige la boquilla 50 de manera radial hacia afuera de modo que se pueda formar un segundo túnel lateral.

10 [0039] Las Figuras 8-9 ilustran una modalidad en donde se utiliza un sistema de creación de túneles mediante ácido para crear uno o más túneles laterales desde el interior de un pozo 90 que se encuentra revestido con una tubería de revestimiento metálica 92. La Figura 8
15 ilustra una fresa de ventana 94 que se introdujo en el pozo 90 sobre una sarta de servicio 96. Se colocó una cuña de desviación 98 dentro del pozo 90 que desvía la fresa 94 de modo que se corte una ventana 100 en la tubería de revestimiento 92. La ventana 100 se corta en una ubicación dentro del pozo 90 en donde se desea crear un túnel lateral.
20 Aunque solo se muestra el corte de una ventana 100, debería entenderse que puede cortarse más de una ventana, a fin de permitir la creación de túneles laterales en múltiples ubicaciones del pozo 90.

25 [0040] Luego de cortada la ventana 100 (o múltiples ventanas, si corresponde), la fresa 94 y la cuña de desviación 98 se retiran del pozo 90. Luego de esto, se dispone en el pozo 90 un sistema de creación de túneles mediante ácido 18 (Figura 9). Luego la herramienta de creación de túneles 40 del sistema de creación de túneles mediante ácido 18 se direcciona mediante la utilización de las técnicas
30 descritas anteriormente para dirigir la boquilla 50 de la herramienta de creación de túneles 40 hacia la ventana 100 y la formación circundante 16. El direccionamiento en esta instancia utilizará

preferentemente al menos datos proporcionados al controlador 26 por el localizador de los collares de la tubería de revestimiento 34 a fin de asistir en la correcta localización de la herramienta de creación de túneles 40 a la misma profundidad o ubicación en el pozo 90 que la ventana 100. Los datos del inclinómetro 58 son útiles para dirigir la boquilla 50 a través de la ventana 100. Si hay múltiples ventanas cortadas en la tubería de revestimiento, la herramienta de creación de túneles 40 se direcciona hacia cada una de ellas mediante la utilización de las técnicas descritas anteriormente. En cada ubicación, la herramienta de creación de túneles se utiliza para crear un túnel lateral a través de la ventana, tal como la ventana 100.

[0041] Los expertos en la técnica reconocerán que pueden hacerse numerosas modificaciones y cambios a los diseños y modalidades de ejemplo que se describen en la presente, y que la invención se encuentra limitada únicamente por las reivindicaciones a continuación y cualquier equivalente de estas.

REIVINDICACIONES

Se reivindica lo siguiente:

- 5 1. Un sistema direccionable de creación de túneles mediante ácido para la creación de túneles laterales (52, 60) en una formación subterránea (16) alrededor de un pozo (10), en donde el sistema direccionable de creación de túneles mediante ácido se caracteriza por:
- 10 una herramienta de creación de túneles mediante ácido (40) con una varilla (42) con una boquilla (50) para inyectar ácido en la formación y al menos una junta de articulación (46, 48) para curvar la varilla (42) en forma angular dentro del pozo;
- 15 uno o más sensores para la detección de al menos un parámetro de fondo de pozo y la transmisión de una señal indicativa del parámetro o parámetros de fondo de pozo a la superficie; y
- 20 en donde la herramienta de creación de túneles mediante ácidos se direcciona al curvar la varilla en forma angular como respuesta en tiempo real al parámetro o parámetros detectados a fin de inyectar ácido en una dirección particular.
- 25 2. El sistema direccionable de creación de túneles mediante ácido de la reivindicación 1, que se caracteriza además por:
- 30 una herramienta de indexación (36) asociada de forma operativa con la herramienta de creación de túneles mediante ácido y operable para rotar la herramienta de creación de túneles mediante ácido (40) dentro del pozo; y
- en donde la herramienta de creación de túneles mediante ácido se direcciona además al rotar la herramienta de creación de túneles mediante ácido dentro del pozo con la herramienta de indexación.
3. El sistema direccionable de creación de túneles mediante ácido de

la reivindicación 1, en donde al menos un parámetro de fondo de pozo es al menos uno de un grupo que consiste en presión, temperatura, inclinación de herramienta, espacio axial de un collar de tubería de revestimiento, alcalinidad/acidez, rayos gamma y acústica.

5

4. El sistema direccionable de creación de túneles mediante ácido de la reivindicación 1, que se caracteriza además por:

un inclinómetro (58) asociado de forma operativa con una herramienta de creación de túneles mediante ácido (40); y

10

en donde el inclinómetro proporciona una señal en tiempo real, que indica la inclinación angular de la herramienta de creación de túneles dentro del pozo hacia la superficie.

15

5. El sistema direccionable de creación de túneles mediante ácido de la reivindicación 1, que comprende además un controlador (26) para recibir una señal que indica al menos un parámetro de fondo de pozo.

20

6. El sistema direccionable de creación de túneles mediante ácido de la reivindicación 1, que comprende además:

una sarta de servicio (20) para introducir un ensamblaje de fondo de pozo, incluidos la herramienta de creación de túneles mediante ácido y uno o más sensores, dentro del pozo, en donde la sarta de servicio tiene una boca de caudal (22) axial para el flujo de ácido; y

25

un cable de energía/datos (24) ubicado dentro de la boca de caudal para la transmisión de una señal indicativa de al menos un parámetro de fondo de pozo hacia la superficie.

30

7. Un método de direccionamiento de un sistema de creación de túneles mediante ácido en tiempo real dentro de un pozo (10) para crear un túnel lateral (52, 60) desde el pozo, en donde el método se caracteriza por los siguientes pasos:

introducir un sistema de creación de túneles mediante ácido (18) en

un pozo (10), en donde el sistema de creación de túneles mediante ácido tiene una herramienta de creación de túneles mediante ácido (40) con una varilla (42) que tiene una boquilla (50) para inyectar ácido en una formación (16) que rodea de forma radial al pozo y al menos una junta de articulación (46, 48) para curvar de forma angular la varilla dentro del pozo;

detectar al menos un parámetro de fondo de pozo con uno o más sensores y transmitir una señal indicativa del parámetro o parámetros de fondo de pozo hacia la superficie en tiempo real;

direccionar la herramienta de creación de túneles mediante ácido del sistema de creación de túneles mediante ácido hacia una ubicación deseada para formar un túnel lateral (52, 60); y
hacer fluir ácido a la herramienta de creación de túneles mediante ácido para inyectar el ácido en una formación en una ubicación deseada para formar el túnel lateral.

8. El método de la reivindicación 7, en donde el paso de direccionar la herramienta de creación de túneles mediante ácido hacia una ubicación deseada comprende además direccionar la herramienta de creación de túneles mediante ácido desde una primera ubicación dentro del pozo hacia una segunda ubicación dentro del pozo.

9. El método de la reivindicación 7 caracterizado además por el siguiente paso:

mientras se hace fluir el ácido hacia la herramienta de creación de túneles mediante ácido, generar múltiples pulsos de fluido dentro del ácido que fluye a la herramienta de creación de túneles mediante ácido, y

en donde los múltiples pulsos de fluido provocan que la varilla se flexione alrededor de la junta de articulación entre la primera y la segunda posición, de modo que la boquilla inyecte ácido en la primera y la segunda posición y se agrande así el túnel lateral formado.

10. El método de la reivindicación 7, en donde el paso de direccionar la herramienta de creación de túneles mediante ácido hacia una ubicación deseada se caracteriza también por la rotación de la herramienta de creación de túneles mediante ácido dentro del pozo.

11. El método de la reivindicación 7, en donde el paso de direccionar la herramienta de creación de túneles mediante ácido hacia una ubicación deseada se caracteriza también por que se mueve la herramienta de creación de túneles mediante ácido en forma axial dentro del pozo.

12. El método de la reivindicación 7, en donde:
el pozo está revestido con una tubería de revestimiento metálica (17);
y
antes de introducir el sistema de creación de túneles mediante ácido en el pozo, se corta una ventana en la tubería de revestimiento metálica, y luego la herramienta de creación de pozos mediante ácido se direcciona dentro del pozo hacia la ubicación deseada.

RESUMEN

Sistema de creación de túneles mediante ácido para formar túneles laterales a partir de un pozo central. El sistema de creación de túneles mediante ácido incluye una herramienta de creación de túneles mediante ácido que tiene una boquilla de inyección de ácido que puede direccionarse y dirigirse en respuesta a parámetros de fondo de pozo que se detectan y se envían a la superficie en tiempo real.