

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 384 040**

51 Int. Cl.:
E21B 33/10 (2006.01)
E21B 33/13 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **00964791 .8**
96 Fecha de presentación: **22.09.2000**
97 Número de publicación de la solicitud: **1218621**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **03.07.2002**

54 Título: **Método y material de obturación para reducir la migración de fluido de formación en pozos**

30 Prioridad:
04.10.1999 NO 994813

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
28.06.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
28.06.2012

73 Titular/es:
**Sandaband AS
Hammaren 15
4056 Tananger, NO**

72 Inventor/es:
SVINDLAND, Alf

74 Agente/Representante:
Arizti Acha, Monica

ES 2 384 040 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método y material de obturación para reducir la migración de fluido de formación en pozos.

Objeto de la invención

5 La invención se refiere al uso de una mezcla de material particulado para impedir/reducir la migración de fluidos de formación en pozos, en relación con la obturación y abandono de pozos en relación con la explotación de hidrocarburos. Los fluidos de formación abarcan tanto líquidos como gases en el subsuelo.

Técnica anterior

10 La obturación y el abandono de pozos se lleva a cabo en su mayor parte retirando la tubería de producción, la parte superior de los entubados del pozo y otros equipos superfluos del pozo en la medida en que sea posible y necesario. Simultáneamente a o antes de la obturación y abandono, se colocan uno o varios tapones mecánicos en el pozo, combinados opcionalmente con uno o varios tapones de cemento.

15 Los tapones se colocan habitualmente cada algunos intervalos en el pozo, que representan únicamente una pequeña fracción del volumen total en el pozo. De manera similar, por ejemplo en relación con la producción, puede requerirse realizar aislamiento de zonas en el pozo mediante obturación. La obturación se lleva a cabo para impedir que posibles fluidos en las formaciones, incluyendo hidrocarburos, se filtren hacia la superficie o posiblemente a otra formación en el pozo, de modo que tales filtraciones darían lugar a situaciones no deseadas y posiblemente peligrosas.

Desventajas de la técnica anterior

20 La técnica convencional para la obturación y abandono de pozos habitualmente requiere mucho trabajo y tiempo y es por tanto bastante cara, especialmente para pozos mar adentro. La mayor parte del trabajo se refiere a preparaciones antes de la operación de obturación, tal como corte y retirada de entubados en el fondo del pozo y tuberías de producción. La calidad de estos trabajos preparatorios tiene una gran influencia en la eficacia con la que se colocan los tapones mecánicos y/o de cemento en pozos, y en qué medida los tapones se mantienen herméticos con posterioridad. Tras la colocación en el pozo, el metal en los tapones mecánicos y en los entubados que quedan en el pozo está sujeto a corrosión. Esto reducirá, en el futuro previsible, el grosor del metal mediante corrosión. Finalmente, el metal se agrietará por las cargas físicas reinantes y se producirán filtraciones. Posibles desplazamientos en la corteza terrestre también pueden dañar los tapones mecánicos y los tapones de cemento y hacer que se deformen y finalmente se fracturen. Estos tapones carecen de la capacidad de adaptarse a cambios en sus entornos y por tanto no mantendrán su función de impedir el flujo de fluido.

30 Un artículo en la revista del Instituto Noruego del Petróleo (Norwegian Petroleum Directorate, NPD) "Sokkelspeilet", n.º 2.1999, págs. 12-13, habla del riesgo de filtraciones en pozos como resultado de desplazamientos en la corteza terrestre, tal como se menciona anteriormente, y en el que la preocupación del NPD es plantear un método de obturación de pozos que tenga una duración suficiente que, en principio, tenga una perspectiva para siempre. Aunque el NPD en principio desea una perspectiva para siempre para la duración de la obturación de pozos, en la práctica es razonable suponer que los tapones para pozos nunca son absolutamente herméticos todo el tiempo. Otra cuestión práctica tiene que ver con lo que puede considerarse como una obturación de pozo suficiente.

35 El documento US-5657822 da a conocer un método de obturación de un pozo colocando bentonita, que es un mineral de arcilla que se expande mucho en presencia de agua, en el pozo. La arcilla bentonita está intercalada opcionalmente con capas de arena con el fin de controlar el contenido en agua de la bentonita. Esto se debe a que la bentonita se hinchará dando lugar a un lodo si está presente demasiada agua y se secará y agrietará si está presente demasiada poca agua. En ambas situaciones, el tapón de bentonita se vuelve incapaz de sellar el pozo. Las principales desventajas de este método son (a) la dificultad con la que se coloca la bentonita de tamaño arcilla en el pozo y (b) el problema de controlar el contenido en agua de la bentonita tras la colocación en el pozo.

40 El documento US-5417285 describe un método para sellar temporalmente una primera región de pozo frente al flujo de fluido hacia o desde una segunda región de pozo en el contexto de operaciones de tratamiento de pozos, por ejemplo operaciones de fractura y similares. Una masa de material particulado compactada se usa en combinación con una obstrucción mecánica, por ejemplo un obturador inflable o tapón puente, para sellar temporalmente la primera región de pozo con respecto a la segunda región de pozo. La masa particulada compactada sirve para transferir la fuerza axial, que es resultado de un fluido a presión situado encima, alejándola de la obstrucción mecánica situada debajo y hacia la pared de pozo circundante con el fin de aliviar la fuerza de presión ejercida sobre la obstrucción mecánica situada debajo. De este modo puede emplearse una obstrucción mecánica mucho más débil y menos cara, por ejemplo un obturador inflable, junto con la masa de material particulado compactada con el fin de sellar la primera región de pozo con respecto a la segunda región de pozo. Al suministrar agua a la masa compactada, la masa puede desintegrarse y convertirse en un lodo cargado con partículas que puede retirarse fácilmente, por ejemplo succionarse del pozo. Este método puede usarse en el pozo en el contexto de operaciones de tratamiento de pozos, pero no es aplicable para la obturación de un pozo frente a la descarga de fluidos de formación desde el pozo.

Objetivo de la invención

5 El objetivo de la presente invención es proporcionar un método sencillo y menos caro de obturación y abandono de pozos en relación con la explotación de hidrocarburos impidiendo/reduciendo una migración no deseada de fluidos de formación desde los pozos. La invención también pretende proporcionar un tapón más flexible y duradero para obturar y abandonar tales pozos.

Modo de llevar a cabo el objetivo

10 El objetivo se lleva a cabo preferiblemente aplicando una masa mal clasificada de producto que se produce de manera natural y/o sintéticamente de material granulado, y posiblemente un material similar, suspendido en una fluido portador adecuado, para su adecuada colocación en el pozo, posiblemente también alrededor del resto de entubados en el pozo, tuberías de producción, posiblemente otro equipamiento que queda en el pozo, en el pozo.

15 El principio que subyace al método se conoce de los procesos sedimentológicos naturales, y el principio se aplica, por ejemplo, en actividades de construcción, para construir el núcleo de presas y diques. La novedad es que este principio se desarrolla en forma de un nuevo método mediante el cual una masa de material particulado definida constituye el material principal preferido para la obturación y abandono de pozos. La aplicación del método requiere la aceptación de que el material particulado compacto con baja permeabilidad puede formar un tapón de pozo suficientemente impermeable.

20 La masa puede consistir, por ejemplo, en una mezcla mal clasificada de gránulos, arena, limo y arcilla. La clasificación es, entre otras cosas, una medida del grado de variabilidad, o amplitud de variación de los diferentes tamaños de partícula en la masa de árido. La noción de clasificación también expresa la distribución de estos tamaños de partícula en el árido, que da lugar a una descripción estadística por medio de una función de distribución acumulativa.

25 Un material particulado mal clasificado consiste en partículas que incluyen diversos tamaños de partícula. En cambio, una masa moderadamente clasificada consiste en un pequeño número de categorías de tamaños de partícula, por ejemplo arena media y arena fina, mientras que una masa bien clasificada incluye una categoría de tamaños de partícula, por ejemplo limo grueso. Otros ejemplos de categorías de tamaño de partícula son arena muy gruesa (diámetro de partícula 1-2 mm), arena gruesa (diámetro de partícula 0,5-1 mm), arena muy fina (diámetro de partícula 0,0625-0,125 mm), limo fino (diámetro de partícula 0,008-0,016 mm), etc. Éstos son ejemplos de la denominada escala de tamaños de partícula de Udden-Wentworth.

En términos estadísticos, cada categoría de tamaño de partícula suele expresarse mediante una amplitud de variación que viene dada como valores Φ , donde:

30
$$\Phi = -\log_2 d \text{ (d = diámetro de partícula promedio).}$$

35 Por ejemplo, el limo fino tiene valores Φ entre 6 y 7 y el limo medio tiene valores Φ entre 5 y 6. La escala adjunta de tamaños de partícula se conoce como la escala ϕ (Φ) de Krumbein. La distribución de tamaños de partícula en la masa viene dada habitualmente por la amplitud de variación (en valores Φ) que incluye aproximadamente 2/3 de todas las partículas en la masa. Estadísticamente, esta amplitud de variación es igual a dos veces la desviación estándar. La desviación estándar es por tanto una medida comúnmente aceptada para la clasificación de un sedimento o una masa de material particulado. Tanto la escala de Udden-Wentworth como la escala Φ de Krumbein y otras nociones son generalmente conocidas y se aplican en, por ejemplo, disciplinas geológicas. También hay otras escalas y/o terminología similares que se usan, en diversas medidas, en diferentes áreas geográficas y/o disciplinas de ingeniería.

40 La composición de dicha masa de material particulado debe adaptarse a las condiciones del pozo y a los objetivos que se desee conseguir para el pozo individual. También pueden darse condiciones en las que la composición del material particulado pueda variar a lo largo de la longitud del pozo si esto pareciese preferible. La masa de material particulado mencionado sustituye, y posiblemente puede usarse en combinación con, tapones mecánicos y/o tapones de cemento convencionales, posiblemente también en combinación con otros tipos de tapones que contienen por ejemplo resina o aditivos similares.

45 Una vez colocado en el pozo, el material particulado debería, a lo largo de una gran longitud en el pozo, estar tan clasificado, compactado y posiblemente contener una forma suficientemente irregular tal, de tal manera que se impida una migración apreciable de fluido de formación.

50 Alternativamente, el mismo efecto puede lograrse colocando un material particulado homogéneo y de grano fino, tal como limo y/o arcilla en el pozo. Esta última alternativa mencionada, sin embargo, parece poco práctica puesto que la colocación de tal masa llevaría mucho más tiempo, y los granos finos requieren mucho tiempo para sedimentarse de la masa fluidizada. El fluido mezclado, un denominado fluido portador, también debe tener viscosidad, gravedad específica y/u otras propiedades físicas/químicas diseñadas para el o los objetivos específicos que se desee conseguir.

La baja permeabilidad del material particulado hace que un frente de fluido se mueva lentamente a través de la masa. La velocidad del frente de fluido a través del material particulado se controla adaptando la composición de tamaños de

partícula y la longitud del tapón de material particulado según las propiedades del fluido de migración, por ejemplo la viscosidad, de tal manera que el tiempo para migrar a través del tapón de material particulado resulte aceptablemente prolongado. Además, la fuerza gravitacional de la Tierra compactará aún más, a lo largo del tiempo, las partículas entre sí, de manera similar a los cambios físicos que se producen en un sedimento depositado de manera natural tras la sedimentación. A este respecto, en teoría es posible obtener un tiempo de migración a través del tapón de material particulado de más de 1000 años para un fluido de formación que migra desde una profundidad de más de 1000 metros bajo la superficie sólida de la Tierra.

La ley de Darcy describe los parámetros y la relación que influyen en la velocidad del frente de migración a través de un material poroso y permeable;

$$v = k \cdot (P_{\text{entrada}} - P_{\text{salida}}) / (\mu \cdot L);$$

siendo,

v - la velocidad de migración del fluido (en cm/s);

k - la permeabilidad efectiva respecto al fluido en el material (en Darcy);

P_{entrada} - la presión de entrada (en atmósferas);

15 P_{salida} - la presión de salida (en atmósferas);

μ - la viscosidad cinemática del fluido que fluye (en centiPoise);

L - la longitud del material permeable (en cm).

Como ilustración de esto, cálculos realizados con la premisa de un pozo vertical de 3000 metros de largo desde un yacimiento agotado, pudiendo acumularse la presión intersticial hasta 300 atmósferas, y teniendo la permeabilidad del tapón de material particulado una permeabilidad de 0,001 Darcy, y estando los poros en el tapón inicialmente llenos de agua dulce, muestran que se tardaría más de 20.000 años en que el fluido del yacimiento migrase desde el yacimiento hasta la superficie. Si los poros del tapón estuviesen inicialmente llenos de agua salada, el tiempo de migración sería de aproximadamente 60.000 años. Estos cálculos suponen parámetros estadísticos y que éstos no cambien con el tiempo. Se sabe que los sedimentos depositados de manera natural están sujetos a cambios físicos y químicos, denominados cambios diagenéticos, que habitualmente llevan a la solidificación de sedimentos a lo largo del tiempo geológico. Por tanto puede estar justificado suponer que un tapón de material particulado también estará sujeto a tales cambios y que la porosidad y la permeabilidad del tapón disminuirá gradualmente, lo que a su debido tiempo da como resultado un mayor grado de impedimento/reducción de la migración de fluidos de formación a través del tapón. Los movimientos en la corteza terrestre pueden provocar, por ejemplo, que una masa parcial o totalmente petrificada se fracture, con lo cual los fluidos de formación fluyen a través de las fracturas y en sentido ascendente en el pozo.

Sin embargo, sabemos que los cambios diagenéticos habitualmente suceden en transcurso de miles de años o más. Lo más probable es, por tanto, que el tapón permanezca deformable ante tal perspectiva de tiempo y que se adapte a posibles cambios en la geometría del pozo y que por tanto mantenga su función como material de obturación.

Es posible diseñar la mayor parte de los parámetros de la ley de Darcy. La permeabilidad en el tapón de material particulado depende de la clasificación y la compactación de las partículas. Además, la permeabilidad está relacionada con la saturación de poros del fluido que fluye, que se denomina permeabilidad relativa en terminología de campos petrolíferos. La longitud del tapón también puede controlarse. El fluido en los poros del tapón también puede consistir en sustancias de espesamiento de fluido que aumentan la viscosidad del fluido.

Según la ley de Darcy un fluido no fluirá a través de un material permeable si la caída de la presión entre (P_{entrada}-P_{salida}) = 0, o posiblemente si el producto (μ • L) = ∞. La caída de presión puede eliminarse simplemente disponiendo un líquido adecuado a lo largo de una longitud de pozo suficiente para obtener una presión de altura hidrostática igual a la presión del fluido de formación. De manera estrictamente teórica, esto debería ser suficiente para evitar que los fluidos de formación entren en el pozo. En la práctica, la presión en los fluidos del yacimiento cambiará ligeramente a lo largo del tiempo, y además la presión hidrostática del líquido mencionado anteriormente también puede cambiar a lo largo del tiempo, por ejemplo como consecuencia de filtraciones hacia/desde las formaciones circundantes en el suelo. Para un pozo lleno de líquido, una caída de presión puede desarrollarse en estas condiciones dando como resultado un flujo de fluidos de formación en ascensión a través del pozo. Un tapón de material particulado impedirá/reducirá tal filtración en el futuro.

La colocación de un tapón de material particulado en un pozo puede realizarse de la manera más sencilla mezclando el material particulado con un líquido adecuado para hacer posible bombearlo o volcarlo como un lodo. Por ejemplo, la masa puede bombearse a través de la tubería de producción de manera simultánea a su retirada del pozo, o el lodo se bombea posiblemente de manera adecuada al interior del pozo tras la retirada de la tubería de producción. Frecuentemente se obturan pozos con una presión en la boca del pozo superior a 1 atmósfera. Puede ser necesario

5 utilizar entonces una técnica operativa de alta presión, denominada *snubbing* (inserción de tubería contra presión), para que la operación en el pozo se realice con un control total. Tal técnica de *snubbing* puede realizarse, por ejemplo, con una unidad de *snubbing*, una tubería enrollada o cañería de perforación. Cuando se retira la tubería de producción, y cuando es imposible inyectar un fluido portador en un yacimiento subterráneo, usar una tubería enrollada puede ser la manera más rápida y aplicable de colocar un tapón de material particulado largo, ya sea para pozos con la boca del pozo en una plataforma, en el lecho marino o en tierra. Para obturar y abandonar un pozo cuando está disponible una sarta de perforación, la colocación de un tapón de material particulado a través de cañerías de perforación normales puede ser la manera más práctica y económica. La técnica de colocación del tapón de material particulado se evaluará para cada pozo individual con respecto a las condiciones mecánicas del pozo y con respecto a qué equipo hay disponible.

10 El pozo se llenará en la medida requerida, preferiblemente mediante una masa fluidizada que, una vez colocada y en su forma final, es un material más rígido pero todavía maleable. Componentes que dan como resultado concentración y floculación y una sedimentación más rápida de las partículas más pequeñas, tales como partículas de arcilla, pueden añadirse posiblemente al material particulado.

15 Ventajas logradas mediante la presente invención

Además del prolongado tiempo para que un frente de fluido migre a través del tapón de material particulado, el tapón tiene la capacidad de permanecer en gran medida en un estado maleable durante un tiempo prolongado tras la colocación. Esta capacidad supone que el tapón de material particulado puede adaptarse a posibles cambios en la geometría del pozo y por tanto mantendrá su función como tapón. Tales cambios pueden aparecer como consecuencia de desplazamientos en la corteza terrestre, pudiendo estar provocados los desplazamientos por movimientos de la corteza terrestre más grandes, que se producen de forma natural, o como consecuencia de cambios relacionados con la producción en un yacimiento. También pueden tener lugar cambios volumétricos como resultado de la corrosión del metal en el pozo.

Además, el tapón de material particulado puede utilizarse/consistir en parte en recortes de perforación del propio pozo, posiblemente también de otros tiros. Un producto de desecho de las operaciones de perforación, que de lo contrario suele ser problemático, puede tener entonces una utilización útil y que ahorra costes.

Una vez colocado en el pozo, los poros del material particulado pueden llenarse con un líquido salado (salmuera), por ejemplo cuando el fluido portador consiste en un líquido salado. El fluido ejercerá entonces una presión hidrostática en el tiro que en en sí misma puede representar una barrera de presión total frente a la presión de los poros de la formación.

30 Breve descripción de los dibujos

A continuación se hará referencia a 3 figuras diferentes, de las que dos figuras representan una técnica convencional y una figura muestra un ejemplo de cómo usar la invención. Un número de referencia se refiere al mismo detalle en todas las figuras en las que se muestre tal detalle, donde:

35 la figura 1 muestra una sección transversal esquemática de cómo se construye un pozo de producción típico;

la figura 2 muestra una sección transversal esquemática de cómo se obtura y se abandona un pozo de producción típico de la manera convencional; y

la figura 3 muestra una sección transversal esquemática de un pozo de producción en el que la tubería de producción se ha retirado, y en el que el material particulado constituye la mayor parte del tapón del pozo.

40 Ninguna de las figuras está a escala en absoluto con respecto a las dimensiones físicas, longitudes y detalles de componente.

Descripción de una realización del presente método

La invención se refiere, tal como se mencionó anteriormente, a un método de obturación y abandono de un pozo en relación con la explotación de hidrocarburos con el fin de impedir/reducir la migración de fluidos de formación en pozos. El equipamiento y/o las condiciones del pozo que no afectan directamente a la propia invención, pero que son condiciones previas necesarias para poder aplicar la invención, no se dan ni se describen en detalle ya que son ampliamente conocidas por los expertos en la técnica.

La figura 1 se incluye como referencia con el fin de ilustrar una construcción típica de un pozo de producción. El pozo consiste en una serie de intervalos perforados en los que cada intervalo subsiguiente tiene un diámetro de tiro más pequeño que el anterior en el intervalo menos profundo. Cada intervalo de diámetro de tiro está equipado con un entubado 10, 12, 14 y 16 que lo acompaña dentro del / de los entubado(s) 10,12 ó 14 anterior(es) y menos profundo(s). Tales entubados 10, 12, 14 y 16 habitualmente terminan en una boca de pozo situada en la superficie. El último entubado 18 más profundo en la sección inferior penetra y discurre a través de un yacimiento 20, mientras que el extremo superior está sujeto dentro de la parte más inferior del entubado 16 previo. Cuando este entubado 18 no se

extiende hasta la superficie, habitualmente se denomina revestimiento. Las coronas circulares entre la pared 22 del tiro y los entubados 12, 14 y 16 habitualmente se llenan total o parcialmente con cemento 24. En ubicaciones en las que es posible, el entubado 10 más superficial se lleva habitualmente hacia abajo hasta el interior del material superficial por debajo de la superficie, sin una posterior cementación.

5 La comunicación con y la producción desde el yacimiento 20 se produce a través de al menos una perforación 26 a través del revestimiento 18 y el cemento 24 alrededor del mismo (o desde una sección de agujero abierto, es decir una "terminación a pozo abierto"). En este ejemplo el fluido del yacimiento se extrae a través del revestimiento 18 introduciéndolo en una tubería 28 de producción. La dirección de flujo se indica en la figura 1 mediante flechas. Además, cerca de la superficie y dentro de la tubería 28 de producción se coloca una válvula 30 de seguridad en el fondo del pozo.

10 La tubería 28 de producción está fijada al entubado 16 por medio de un obturador 32 de producción. El obturador 32 de producción está equipado con uno o varios elementos 34 de sellado para evitar que los fluidos del yacimiento puedan fluir desde el yacimiento 20 y al interior de la corona 36 circular entre la tubería 28 de producción y el entubado 16. En el extremo superior, el obturador 32 de producción también tiene un diámetro interno que hace posible introducirlo y conectarlo con la parte inferior de la tubería 28 de producción, y este extremo está equipado con anillos 38 obturadores externos para conseguir una conexión estanca a la presión. Asimismo, tal configuración facilita la desconexión de la tubería 28 de producción con respecto al obturador 32 de producción. La parte inferior del obturador 32 de producción funciona como la entrada para los fluidos extraídos del yacimiento, y suele realizarse con un diámetro más pequeño que el de la sección superior. La sección inferior suele tener una forma realizada de manera especial para poder hacer pasar más fácilmente, por ejemplo, equipos de mantenimiento del pozo a través de esta abertura biselada y dentro o fuera de la tubería 28 de producción.

15 La obturación y abandono convencional de un pozo de producción de este tipo se muestra en la figura 2. En este ejemplo, la tubería 28 de producción está desconectada y se ha retirado. Un tapón 40 mecánico está colocado justo encima de las perforaciones 26 dentro del revestimiento 18, y un tapón 42 de cemento está colocado justo sobre el tapón 40 mecánico. El entubado 16 se obtura por encima del obturador 32 de producción mediante un tapón 44 mecánico y un tapón 46 de cemento directamente sobre el tapón 44 mecánico. En este ejemplo, la parte superior del entubado 16 se ha retirado. Un tapón 48 mecánico se pone en el entubado 14 justo encima del extremo de corte del entubado 16. Uno o varios tapones 50 de cemento más largos se colocan entonces encima del tapón 48 mecánico en el volumen restante del entubado 14 hasta cerca del fondo del mar, y posiblemente hasta la superficie.

25 La figura 3 muestra un ejemplo de aplicación de la invención, en el que un pozo de producción, una vez retirada la tubería de producción, se obtura mediante material particulado a través de la mayor parte de su longitud. En este ejemplo se coloca un tapón 52 continuo de material particulado en el revestimiento 18 y también por todo el camino en el entubado 16. Opcionalmente, puede colocarse un tapón 50 de cemento en la parte superior como un sello sobre el tapón 52 de material particulado, y posiblemente hasta la superficie.

REIVINDICACIONES

1. Método para obturar y abandonar un pozo en relación con la explotación de hidrocarburos impidiendo la migración de fluidos de formación en dicho pozo,

comprendiendo el método las etapas de:

5

colocar en el pozo una masa de material particulado no hinchable que se produce de manera natural y/o producido sintéticamente, del tamaño de grava, arena, limo o arcilla, según se define por la escala de tamaño de partícula de Udden-Wentworth, o una mezcla de los mismos;

constituyendo dicha masa de material particulado el material principal para obturar el pozo y con una composición de tamaños de partícula tal y una longitud tal en el pozo que el tiempo para que el fluido migre a través de la masa resulta aceptablemente prolongado para fines de obturación y abandono; y

10

permaneciendo la masa, una vez colocada y en su forma final, en un estado maleable.

2. Método según la reivindicación 1, en el que la masa de material particulado forma un tapón (52) continuo que tiene una permeabilidad y una longitud (L) que puede dar lugar a un tiempo de migración de fluido teórico a través del tapón (52) de al menos 1.000 años basándose en la ley de Darcy que dice que:

$$v = k \bullet (P_{entrada} - P_{salida}) / (\mu \bullet L);$$

15

siendo:

v - la velocidad de migración del fluido a través del tapón (52), en cm/s;

k - la permeabilidad efectiva respecto al fluido en el tapón (52), en Darcy;

P_{entrada} - la presión de entrada del fluido en el tapón (52), en atmósferas;

P_{salida} - la presión de salida del fluido desde el tapón (52), en atmósferas;

20

μ - la viscosidad cinemática del fluido que fluye en el tapón (52), en centiPoise;

L - la longitud del tapón (52) en el pozo, en cm.

3. Método según la reivindicación 1 ó 2, en el que la masa de material particulado comprende una mezcla de partículas mal clasificada, según se define en valores Φ de Krumbein.

25

4. Método según la reivindicación 1, 2 ó 3, en el que la masa de material particulado comprende material particulado homogéneo y con tamaño de limo, según se define por la escala de tamaño de partícula de Udden-Wentworth.

5. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la etapa de colocar la masa de material particulado en el pozo comprende variar la composición de la masa de material particulado a lo largo de su longitud.

30

6. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la masa de material particulado comprende partículas de forma irregular.

7. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende una etapa de mezclar la masa de material particulado con un fluido para formar un lodo bombeable, y después colocar dicha masa en el pozo bombeando el lodo al interior del pozo.

35

8. Tapón (52) para obturar y abandonar un pozo en relación con la explotación de hidrocarburos impidiendo la migración de fluidos de formación en dicho pozo,

- estando formado el tapón (52) a partir de una masa de material particulado no hinchable que se produce de manera natural y/o producido sintéticamente, del tamaño de grava, arena, limo o arcilla, según se define por la escala de tamaño de partícula de Udden-Wentworth, o una mezcla de los mismos;

40

- en el que dicha masa de material particulado constituye el material principal que obtura el pozo y tiene una composición de tamaños de partícula tal y una longitud tal en el pozo que el tiempo para que el fluido migre a través de la masa resulta aceptablemente prolongado para fines de obturación y abandono; y

- en el que la masa, una vez colocada y en su forma final, permanece en un estado maleable en el pozo.

9. Tapón (52) según la reivindicación 8, teniendo el tapón (52) permeabilidad y un longitud (L) que puede dar lugar a un tiempo de migración de fluido teórico a través del tapón (52) de al menos 1.000 años basándose en la ley de Darcy que dice que:

$$v = k \bullet (P_{\text{entrada}} - P_{\text{salida}}) / (\mu^* L);$$

5 siendo:

v - la velocidad de migración del fluido a través del tapón (52), en cm/s;

k - la permeabilidad efectiva respecto al fluido en el tapón (52), en Darcy;

P_{entrada} - la presión de entrada del fluido en el tapón (52), en atmósferas;

P_{salida} - la presión de salida del fluido desde el tapón (52), en atmósferas;

10 μ - la viscosidad cinemática del fluido que fluye en el tapón (52), en centiPoise;

L - la longitud del tapón (52) en el pozo, en cm.

10. Tapón (52) según la reivindicación 8 ó 9, en el que la masa de material particulado comprende una mezcla de partículas mal clasificada, según se define en valores Φ de Krumbein.

15 11. Tapón (52) según la reivindicación 8, 9 ó 10, en el que la masa de material particulado está formada a partir de un material particulado homogéneo y con tamaño de limo, según se define por la escala de tamaño de partícula de Udden-Wentworth.

12. Tapón (52) según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, en el que la composición de la masa de material particulado varía a lo largo de la longitud del tapón (52).

20 13. Tapón (52) según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, en el que la masa de material particulado comprende partículas de forma irregular.

14. Tapón (52) según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13, en el que los poros de la masa de material particulado se rellenan con un líquido.

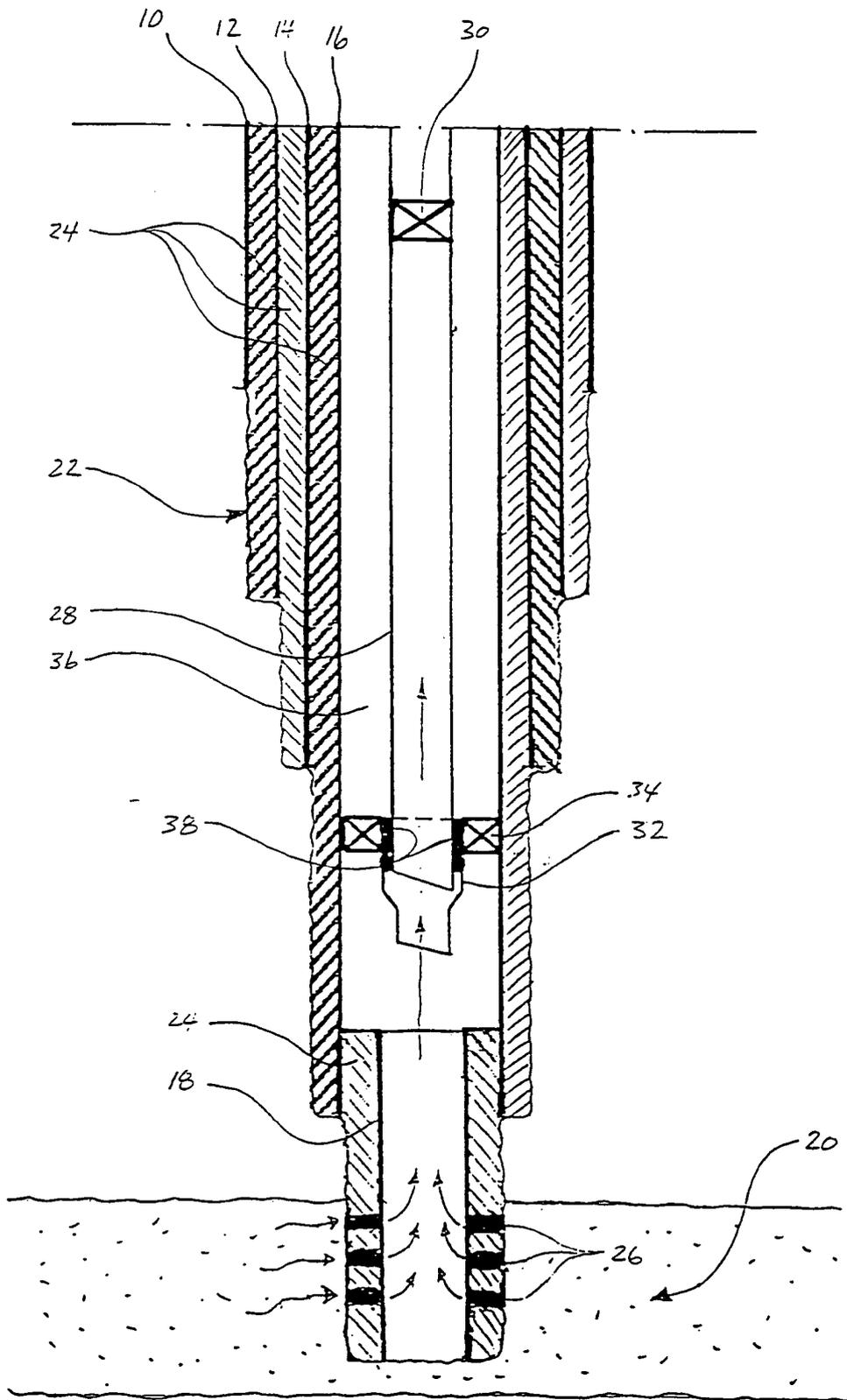


FIG. 1

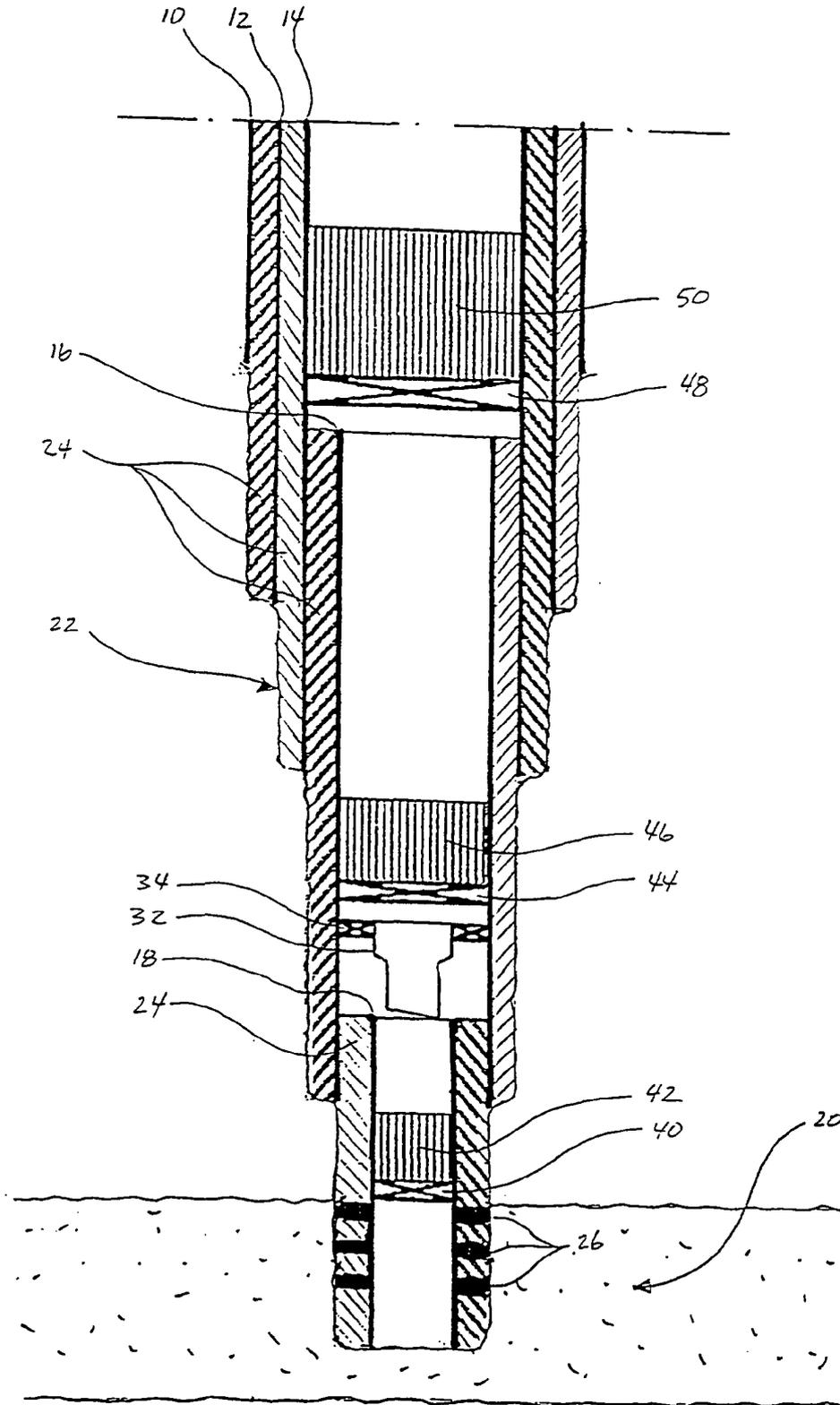


FIG. 2

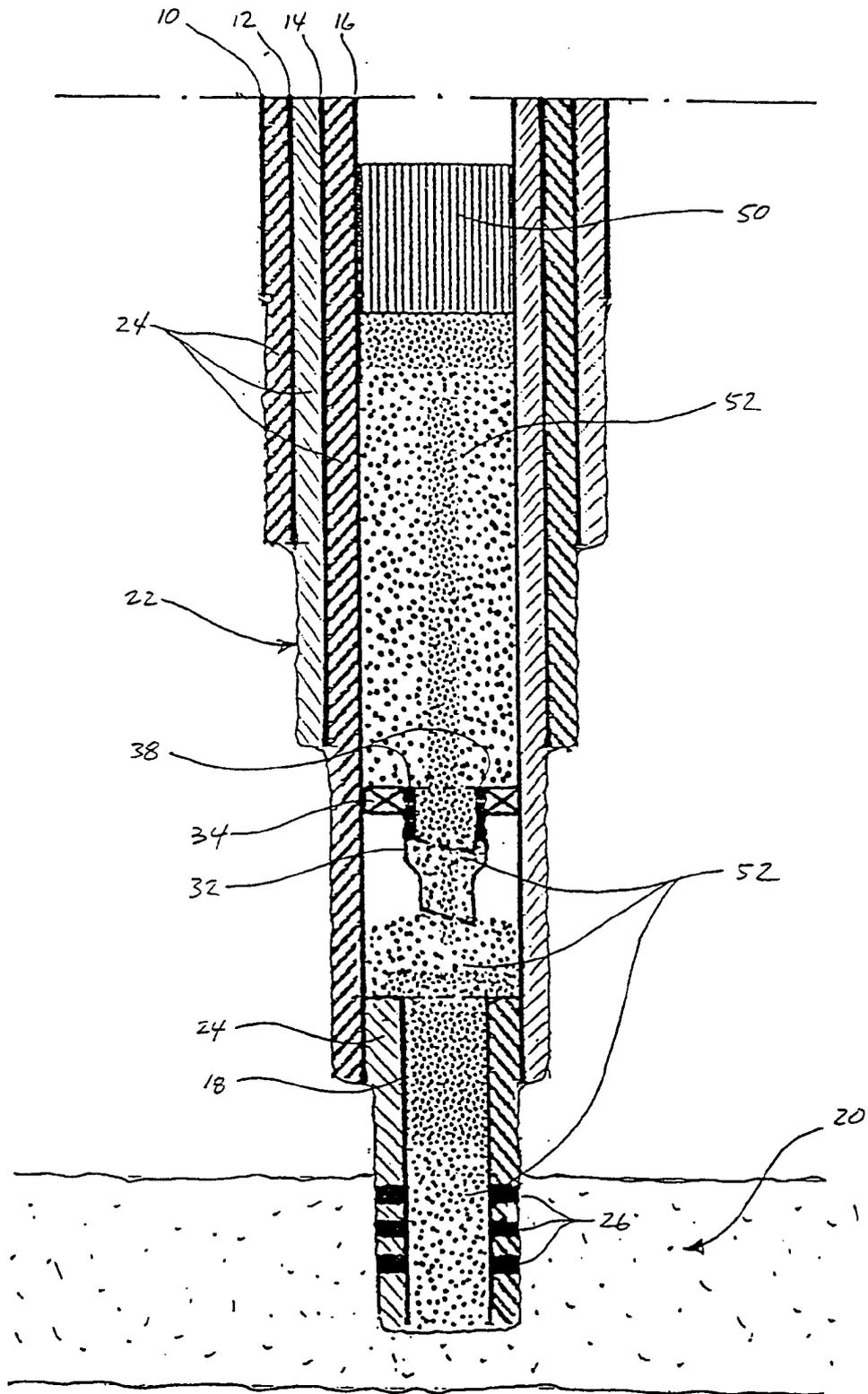


FIG. 3