

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 985 884**

51 Int. Cl.:

F04B 43/00 (2006.01)

F04B 43/08 (2006.01)

F04B 43/10 (2006.01)

F04F 5/10 (2006.01)

F04F 5/46 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.07.2019** **PCT/EP2019/070022**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.01.2021** **WO21013350**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.07.2019** **E 19749278 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2024** **EP 4004371**

54 Título: **Método y sistema de bombeo de funcionamiento cíclico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
07.11.2024

73 Titular/es:

ALTOP PATENTS III B.V. (100.0%)
Matjeskolk 23
7037 DZ Beek (Montferland), NL

72 Inventor/es:

SPEIJERS, SAM

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 985 884 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 sistema de bombeo de funcionamiento cíclico

La presente invención se refiere a un método para transportar un material, a un sistema para transportar un material y a un programa informático para controlar el sistema y aplicar el método.

5 El material que se ha de transportar puede ser una sustancia más o menos viscosa en un sistema horizontal o vertical, pero el método también se puede aplicar en condiciones submarinas, tal como para la minería y el transporte a la superficie de materiales, por ejemplo, nódulos y otros depósitos que se encuentran en fondos oceánicos de profundos. En ese caso, el material para transportar comprende sólidos presentes en un líquido, es decir, agua.

10 El documento WO 2017/019560 divulga un sistema y un método para transportar un material a través de una serie interconectada de tramos de miembro de tubo. El miembro de tubo tiene un espacio interior provisto de vejigas flexibles inflables. Un tramo de tubo situado aguas abajo alberga el material que va a transportarse. Las vejigas son presurizadas selectivamente por medio de un procesador controlado por microprocesador que controla un compresor para proporcionar un medio de presión a las vejigas. En una secuencia peristáltica, las vejigas se presurizan y despresurizan, dando como resultado una flexión hacia dentro o hacia fuera de las vejigas con el fin de transportar el
15 material a través del miembro de tubo.

El documento US 2,747,510 divulga un método para transportar un material por medio de al menos una serie de etapas de tubos interconectados, configuradas para abrirse o cerrarse por medio de válvulas de retención. Al menos un tramo de tubo de la misma situado aguas abajo alberga el material que va a transportarse en una polifase de múltiples etapas. La apertura y el cierre de las etapas de tubo se controla por manivela conjuntamente de manera opuesta.
20 Cada uno de los tramos de tubo tiene tramos de alojamiento axialmente móviles, al unísono, así como tramos de alojamiento fijados, respectivamente, a un bastidor secundario. Cada uno de los tramos de tubo interconectados tiene un tubo interior flexible que se controla presurizando o despresurizando una cámara de espacio de presión entre los tramos de tubo y los tubos interiores flexibles. Una flexión resultante hacia dentro o hacia fuera de los tubos interiores flexibles proporciona la acción de bombeo para cerrar y abrir los respectivos tramos de tubo. Las sucesivas partes del
25 material confinado entre los tramos de tubo son transportadas de manera controlable a través de la serie de tramos de tubo interconectados.

Se reivindica un método para transportar un material por medio de al menos una serie de tramos de tubo interconectados, de la cual al menos un tramo de tubo situado aguas abajo retiene el material que se ha de transportar, por el que se genera un chorro de líquido que acelera el material retenido en dirección aguas arriba, hacia fuera de al
30 menos el primer tramo de tubo aguas abajo, al interior de al menos un tramo de tubo aguas arriba que se abre, el cual seguidamente retiene la parte de material esperando que un siguiente chorro de líquido propague esa parte al siguiente tramo de tubo aguas arriba.

Además, se reivindica un sistema para transportar material, que comprende:

- 35 - al menos una serie de tramos de tubo unidos entre sí, de manera que los tramos de tubo de esta serie retienen el material para transportar durante el funcionamiento, y
- medios de generación de chorro de líquido, dispuestos en, o constituidos por, los tramos de tubo respectivos, por los que el chorro de líquido generado acelera material de al menos un tramo de tubo aguas abajo, parcialmente al interior de un tramo de tubo aguas arriba que se abre, el cual seguidamente retiene la parte de material.

40 Tales método y sistema son conocidos por el documento US 3,857,651, el cual describe un método para transportar un material por medio de al menos una serie de tramos de tubo –abiertos– interconectados. Al menos un tramo de tubo de esta, aguas abajo, retiene el material que va a transportarse, por el que se genera un chorro de líquido por medio de bombeo ciclónico, que acelera el material retenido en dirección aguas arriba, fuera de al menos el primer tramo de tubo aguas abajo, al interior de al menos un tramo de tubo abierto aguas arriba, que seguidamente transporta, por medio de un siguiente chorro de líquido, esa parte al siguiente tramo de tubo abierto.

45 Es un propósito de la presente invención proporcionar un método y un sistema asociado para el transporte eficaz de materiales en general, con énfasis en la extracción y elevación de nódulos que comprenden composiciones y metales útiles.

Para ello, el procedimiento según la invención se caracteriza por que:

- 50 - mediante la apertura y el cierre de los tramos de tubo controlados individualmente, partes sucesivas del material confinado entre tramos de tubo cerrados son transportadas paso a paso a través de la serie de tramos de tubo interconectados, y
- los tramos de tubo interconectados que tienen un tubo interior flexible fijado en su interior se controlan de manera que presurizando o despresurizando un espacio de presión situado entre el tramo de tubo y el tubo interior flexible, una flexión resultante hacia dentro o hacia fuera del tubo interior flexible cierra o abre los tramos de tubo respectivos.

Además, el sistema de acuerdo con la invención se caracteriza por que los tramos de tubo interconectados:

- tienen un tubo interior flexible fijado en los mismos para controlar individualmente una apertura y un cierre de los tramos de tubo de tal manera que partes sucesivas del material confinado entre tramos de tubo cerrados se transportan paso a paso a través de la serie de tramos de tubo interconectados, y
- 5 - tienen un espacio de presión entre el tramo de tubo y el tubo interior flexible, de tal manera que una presurización o despresurización del espacio de presión da como resultado una flexión hacia dentro o hacia fuera del tubo interior flexible que cierra o abre los respectivos tramos de tubo.

El presente inventor tuvo la idea de que el bombeo de un material que comprende sólidos en un líquido solo puede realizarse acelerando los sólidos en el mismo. Puesto que la magnitud de la aceleración está limitada en la práctica, se sugiere un ciclo de parada y de marcha en el que los sólidos contenidos en el material son retenidos secuencialmente, acelerados por medio de un chorro de líquido y retenidos después de nuevo, pero ahora al menos parcialmente aguas arriba en un tramo de tubo siguiente. Durante la fase de aceleración, los sólidos, que normalmente son más pesados que el líquido en el que están, no tienen tiempo de hundirse. De este modo, el ciclo repetido de retención, aceleración y retención de, en particular, los sólidos salvaguarda su movimiento sucesivo en dirección aguas arriba, de un tramo de tubo al siguiente tramo de tubo situado aguas arriba.

Mediante el control individual de los tramos de tubo tiene lugar un transporte secuencial paso a paso de al menos un lote de material. Esto conduce ventajosamente a la posibilidad de que lotes sucesivos sean impulsados durante ciclos en la disposición en serie de tramos de tubo sucesivos. Aún otra ventaja más proporciona una disposición paralela de tales series en caso de que requiera una mayor producción de sólidos, tal como puede ser el caso en la minería de nódulos de manganeso, en la que el método se aplica en un sistema alineado verticalmente en mar profundo. Tal disposición paralela tendrá aún más ventajas en términos de eficiencia de bombeo porque entonces las acciones de bombeo en una de las series de tramos de tubo y en su serie vecina pueden operar en fase mutuamente opuesta.

Además, es una ventaja de la presente invención que esta realización del método de control y disposición del tramo de tubo puede funcionar, o bien como una válvula controlable, o bien como una bomba de fuerza y bomba de succión, es decir, una bomba de doble acción para líquidos con sólidos.

Otra realización del procedimiento de acuerdo con la invención presenta las características de la reivindicación 3.

En condiciones de mar profundo por lo que respecta al agua, que tiene una presión dependiente de la profundidad, solo tendrá que añadirse una diferencia de presión deseada mediante la bomba, para propulsar el material confinado a lo largo de uno o más tramos de tubo, en cuyo caso será suficiente una bomba centrífuga o de engranaje común.

Una realización del sistema de acuerdo con la invención tiene las características de la reivindicación 8.

Este abocinamiento favorece un flujo inequívocamente dirigido aguas arriba de líquido y sólidos contenidos por el tramo de tubo aguas abajo, al interior del tramo de tubo aguas arriba, cuando el espacio de presión se presuriza.

Otra realización del sistema según la invención tiene las características de la reivindicación 9.

El control programable por el procesador salvaguarda un curso suave de las acciones de control necesarias en el sistema. Además, se pueden tomar acciones apropiadas por medio de software operativo que se ejecuta en el procesador, normalmente basándose en sensores localmente presentes que proporcionan valores de parámetros de control y temporización reales.

En lo que sigue, se elucidarán adicionalmente las características de acuerdo con la invención junto con sus ventajas adicionales, al tiempo que se hace referencia a los dibujos adjuntos, en los que componentes similares se refieren por medio de los mismos números de referencia. En los dibujos:

La Figura 1 muestra un sistema según la invención que tiene tramos de tubo controlables interconectados, aquí, en una configuración vertical;

La Figura 2 muestra un detalle de una posible realización de un tramo de tubo de acuerdo con la invención, para su uso en el sistema de la Figura 1;

La Figura 3 muestra una vista en planta superior de medios unidireccionales en forma de ménsulas pivotantes montadas en un extremo del tramo de tubo mostrado en la Figura 2; y

La Figura 4 muestra un gráfico matricial del sistema de la Figura 1, con tramos de tubo interconectados representados en una fila denotada como A-Z, y, en cada columna, con el estado abierto / cerrado del tramo de tubo de esa fila durante la secuencia de sucesos denotados como 1-14 mientras el material contenido se transporta aguas arriba.

La Figura 1 muestra un sistema 1 para transportar material principalmente en forma de un líquido, tal como agua, en particular agua de mar, en el que están presentes sólidos, tales como nódulos, en particular nódulos de manganeso.

El sistema 1 comprende una serie de tramos de tubo 2 interconectados, pero en caso necesario, el sistema 1 puede comprender dos o más series operativas paralelas de tales tramos de tubo 2. Cada tramo de tubo 2 puede controlarse para abrirse o cerrarse, lo que se describirá más adelante. Si se instalan en configuración vertical para ser aplicada en agua, por ejemplo, en mar profundo, todos los tramos 2 están abiertos y se hacen descender en el agua por su propio peso hasta que alcanza el fondo marino el tramo de tubo 2 situado más aguas abajo, que seguidamente se cierra, como se observa en la fila 2B del gráfico matricial de la Figura 4. Los tramos de tubo estirados más estrechos 2A, 3C, 4E, etc., pueden considerarse como válvulas de retención, si bien estas pueden incluso materializarse por tales tramos de tubo 2 multifuncionales. La clave con respecto al mecanismo de transporte reflejado por el gráfico es que al menos parte del material confinado entre los tramos cerrados 2 exteriores, se propaga entre un tramo aguas abajo más interior 2 que se cierra, y un tramo de tubo más interior 2 que se abre simultáneamente aguas arriba. Esto se aclarará adicionalmente más adelante.

Para al menos promover alguna propagación adicional del material, unos medios 3 de generación de chorro de líquido en forma de una boquilla 4 accionada por bomba, están situados bajo del material M que va a acelerarse y dispuestos en el tramo de tubo 2 tal como se muestra en la Figura 2.

La propagación básica paso a paso en la dirección de las flechas en la Figura 2 se efectúa, sin embargo, por la acción de presión de los tramos de tubo 2 que generan un chorro de líquido para que el material del tramo de tubo se propague, por decirlo así, se desplace, al interior del tramo de tubo 2 aguas arriba, que simultáneamente se está abriendo y admitiendo / recibiendo el material. De esta manera, solamente el material que se encuentra confinado en sus contornos exteriores entre los tramos de tubo 2 cerrados es transportado paso a paso de un tramo al siguiente en un modo de retención y marcha. Así, se requieren cantidades limitadas de energía de bombeo para tales movimientos paso a paso en los que los sólidos son acelerados durante cada paso. Durante una parada, la presión del agua dentro de los tramos se hace igual a la presión del agua exterior. Esto evita que el agua, o el gas que se escapa del agua o del material, se expanda de manera no deseada. Múltiples trenes sucesivos de material confinado pueden viajar a través de la serie de tramos de tubo 2 de manera controlada, como se observa en la Figura 4, o a través de un sistema 1 con varias series de tramos de tubo unidas en paralelo.

Para efectuar la acción de presión, el tramo de tubo 2 comprende un tubo interior flexible 5 fijado en el tramo de tubo 2 aguas abajo. Entre la pared interior del tramo de tubo y el tubo interior flexible 5 hay un espacio de presión 6 que puede ser presurizado o despresurizado por medio de una bomba de fluido líquido 7. La bomba 7, que también puede accionar la boquilla 4, puede ser una bomba de agua que posiblemente suministre como salida agua salada que tenga una presión que se derive de la presión local del agua a una profundidad a la que están situados los tramos de tubo 2 en cuestión. En ese caso, es necesaria una cantidad limitada de potencia de la bomba, ya que solo es necesario en cada paso levantar el material confinado, lo que solo requiere una bomba centrífuga común o una bomba de engranaje. Una presurización del espacio 6 da como resultado una flexión hacia dentro del tubo interior flexible 5, lo que fuerza el material que incluye agua y sólidos del interior del tubo flexible 5 hacia el tramo de tubo 2 aguas arriba, a medida que el tramo de tubo 2 situado directamente aguas abajo de ese tramo aguas arriba se cierra. Aunque una despresurización da como resultado una flexión hacia fuera finalmente contra la pared interior del tramo 2 que puede aspirar material, más importante aún es que hace espacio para que dicha parte de material forzada hacia fuera entre en el tubo interior flexible 4 del tramo de tubo interior aguas arriba.

Con el fin de propulsar y acelerar aún más el material al exterior del tramo de tubo, el tubo interior flexible puede abocinarse radialmente hacia fuera en dirección aguas arriba. Entonces la presurización del espacio 5 proporciona una fuerza adicional para impulsar el material al interior del siguiente tramo.

La regulación de la secuencia temporal de la apertura y el cierre de los diversos tramos de tubo para llegar a una especie de onda del material que discurre paso a paso en dirección aguas arriba, se efectúa mediante un procesador programable μ . El procesador es capaz de comunicar de forma generalmente bidireccional una señal de dirección de datos a través de una estructura de bus, como en un bus de computadora, al menos a los medios 3, 4 generadores de chorro de líquido, a los tramos de tubo 2 controlables y a las válvulas, así como a los sensores S que miden cantidades de parámetros cruciales. Estas direcciones son únicas para permitir al procesador μ controlar todos y cada uno de los componentes controlables del sistema 1 por medio de un programa informático y con la ayuda de los parámetros de los sensores. En particular, las acciones de apertura y cierre requeridas para ejecutar el método de transporte del material están adecuadamente programadas. Posiblemente estas acciones, en particular sus duraciones individuales dependiendo de la profundidad de funcionamiento de los tramos de tubo 2 o de la presión en su interior, y del tipo y tamaño del material, así como de la viscosidad y/o la proporción de sólido a líquido del material y/o las velocidades y/o el grado de llenado de un tramo 2, pueden ser introducidas a través del bus al software en cuestión.

El tramo de tubo 2 como se muestra en las Figuras 2 y 3 en vista en planta superior, comprende unos medios unidireccionales 8 fijados dentro del mismo para evitar que los sólidos del material se muevan aguas abajo. Estos medios 8 están formados, aquí, como ménsulas antirretorno que en la Figura 2 pivotan o, posiblemente, se flexionan solamente en la dirección aguas arriba. La Figura 2 muestra que un anillo de montaje 9 está fijado a la pared interior del tramo de tubo 2. El pivote 10 de las ménsulas está fijado a la pared interior por medio del anillo 9 situado en el extremo del tramo 2. Aquí, el anillo 9 también comprende la boquilla 4 y ayuda a abrazar de manera eficaz una parte de extremo del tubo interior flexible 5. Esto facilita la producción de los tramos de tubo.

5 Volviendo al gráfico de la Figura 4, se aprecia mejor en las filas 8-14 que en el caso mostrado hay tres tramos 2 llenos de material que se desplazan uno a uno gradualmente paso a paso, en este caso aguas arriba, hacia la derecha, por el cierre y la apertura simultáneos y controlados de, en este caso, los dos tramos interiores que son contiguos al material confinado. Se pueden llenar menos o más tramos con material, lo que requiere una potencia de bombeo local menor o mayor e influirá en las fuerzas de fricción ejercidas sobre, en particular, el tubo interior 5 que se flexiona repetidamente. También es posible confinar el tramo o tramos de material entre dos o más tramos a cada lado de los mismos, al tiempo que los tramos más internos se cierran y abren simultáneamente.

REIVINDICACIONES

1. Un método para transportar un material (M) por medio de al menos una serie de tramos de tubo (2; 1A-14Z) interconectados, en donde al menos un tramo de tubo (2) de la misma, situado aguas abajo, retiene el material (M) que se ha de transportar, por el que se genera un chorro de líquido que acelera el material retenido (M) aguas arriba, fuera de al menos el primer tramo de tubo (2) aguas abajo, al interior de al menos un tramo de tubo (2) aguas arriba abierto, que retiene entonces la parte de material (M) esperando que un siguiente chorro de líquido propague esa parte al siguiente tramo de tubo (2) aguas arriba, caracterizado por que:
 - al abrir y cerrar los tramos de tubo controlados individualmente (2; 1A-14Z), las partes sucesivas del material (M) confinadas entre tramos de tubo cerrados (2; 1A-14Z) son transportadas paso a paso a través de la serie de tramos de tubo interconectados (2; 1A-14Z), y
 - los tramos de tubo interconectados (2; 1A-14Z) que tienen un tubo interior flexible (5) fijado en su interior se controlan de manera que presurizando o despresurizando un espacio de presión (6) situado entre el tramo de tubo (2; 1A-14Z) y el tubo interior flexible (5), una flexión resultante hacia dentro o hacia fuera del tubo interior flexible (5) cierra o abre los respectivos tramos de tubo (2; 1A-14Z).
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que el chorro de líquido dirigido hacia el material (M) que se ha de transportar se genera:
 - por medio de una boquilla (4) accionada por bomba en el tramo (2) de tubo situado aguas abajo con respecto al material retenido, y/o
 - por un tramo de tubo (2) aguas abajo con respecto al material retenido (M), tramo de tubo que tiene el tubo interior (5) que se flexiona hacia dentro, cuyo espacio de presión (6) es accionado por una bomba (7).
3. El método de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado por que las bombas (4, 7) actúan, si están unidas a tramos de tubo (2) alineados principalmente de manera vertical en condiciones de mar profundo, designados en relación con el agua que tiene una presión dependiente de la profundidad, basándose en una diferencia de presión de agua en relación con la presión de agua local.
4. Un sistema (1) de transporte de material (M), que comprende:
 - al menos una serie de tramos de tubo (2; 1A-14Z) interconectados, por lo que, en funcionamiento, los tramos de tubo (2) de dicha serie retienen el material para transportar, y
 - medios (3) de generación de chorro de líquido, dispuestos en, o constituidos por, tramos de tubo (2; 1A-14Z) respectivos mediante los cuales el chorro de líquido generado acelera el material (M) de al menos un tramo de tubo (2) aguas abajo parcialmente al interior de un tramo de tubo (2) aguas arriba que se abre, el cual retiene entonces esa parte de material, caracterizado por que los tramos de tubo (2; 1A-14Z) interconectados:
 - tienen un tubo interior flexible (5) fijado en su interior para controlar individualmente una apertura y un cierre de los tramos de tubo (2; 1A-14Z) de tal manera que partes sucesivas del material (M) confinadas entre los tramos de tubo (2; 1A-14Z) cerrados se transportan paso a paso a través de la serie de tramos de tubo interconectados (2; 1A-14Z), y
 - tienen un espacio de presión (6) entre el tramo de tubo (2; 1A-14Z) y el tubo interior flexible (5), de manera que una presurización o despresurización del espacio de presión (6) da como resultado una flexión hacia dentro o hacia fuera del tubo interior flexible (5) que cierra o abre los respectivos tramos de tubo (2; 1A-14Z).
5. El sistema (1) de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado por que los medios (3) de generación de chorro de líquido comprenden una boquilla (4) accionada por bomba en el tramo de tubo (2) aguas abajo, colocada bajo del material (M) que se ha de acelerar.
6. El sistema (1) de acuerdo con la reivindicación 4 o la reivindicación 5, caracterizado por que el sistema (1) comprende una bomba de fluido líquido (7) conectada al espacio de presión (6).
7. El sistema (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 4-6, caracterizado por que las bombas de líquido controlables (4, 7) están designadas para funcionar en un grupo de tramos de tubo interconectados alineados principalmente de manera vertical (2; 1A-14Z) en condiciones de mar profundo con respecto al agua que tiene una presión dependiente de la profundidad, de manera que cada bomba de líquido es una bomba de agua (7) que genera agua que tiene una presión que se deriva de la presión dependiente de la profundidad local.
8. El sistema (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 4-7, caracterizado por que el tubo interior flexible (5) que está fijado en el tramo de tubo (2) está abocinado radialmente hacia el exterior en dirección aguas arriba.
9. El sistema (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 4-8, caracterizado por que el sistema (1) comprende un procesador programable (μ) capaz de comunicar una señal de dirección de datos al menos a los medios (3) de

generación de chorro de líquido y a los tramos (2; 1A-14Z) de tubo, que son, cada uno, direccionables de manera única para generar chorros sucesivos con acciones de apertura y cierre coincidentes de los tramos (2; 1A-14Z), estando dicho procesador (μ) programado de tal manera que dichas partes (M) de material son empujadas aguas arriba como una onda que discurre desde ese tramo de tubo (2; 1A-14Z) al siguiente.

- 5 10. El sistema (1) de acuerdo con la reivindicación 9, caracterizado por que el sistema (1) comprende sensores (S) dispuestos para comunicarse con el procesador (μ) para proporcionarle cantidades operativas tales como, por ejemplo, las presiones instantáneas del líquido y las velocidades del líquido en el (los) tramo(s) de tubo (2; 1A-14Z).

- 10 11. El sistema (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 4-10, caracterizado por que el tramo de tubo (2; 1A-14Z) comprende medios unidireccionales (8) fijados en el mismo para evitar que los sólidos del material (M) se muevan aguas abajo.

12. Un programa informático que contiene instrucciones que hacen que el sistema (1) de acuerdo con la reivindicación 9 o la reivindicación 10 lleve a cabo el método según una cualquiera de las reivindicaciones 1-3.



