

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 647 683**

51 Int. Cl.:

**G01N 22/04** (2006.01)

**G01F 1/66** (2006.01)

**G01F 1/74** (2006.01)

**G01N 9/24** (2006.01)

**G01S 13/00** (2006.01)

**E02D 3/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.12.2007 PCT/NL2007/050637**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.06.2008 WO08069670**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.12.2007 E 07851897 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.08.2017 EP 2089694**

54 Título: **Sistema y método para la medición de un parámetro de concentración de una mezcla de sólido/líquido en una tubería de transporte**

30 Prioridad:

**08.12.2006 NL 2000362**

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

**26.12.2017**

73 Titular/es:

**IHC HOLLAND IE B.V. (100.0%)  
Molendijk 94  
3361 EP Sliedrecht, NL**

72 Inventor/es:

**VAN EETEN, MARIUS JOHANNES CORNELIS;  
BEIJERINCK, HERMAN COENRAAD WILLEM;  
TIJHUIS, ANTONIUS GREGORIUS y  
DE KEIZER, CORNELIS**

74 Agente/Representante:

**TOMAS GIL, Tesifonte Enrique**

ES 2 647 683 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

Sistema y método para la medición de un parámetro de concentración de una mezcla de sólido/líquido en una tubería de transporte

5

[0001] La presente invención se refiere a un sistema para la medición de una concentración en una mezcla de sólido/líquido según el preámbulo de la reivindicación 1.

10

[0002] El sistema también se refiere a un método para la medición de una concentración en una mezcla de sólido/líquido. Se usan un sistema y un método de este tipo, por ejemplo, en las tuberías de transporte de dragas.

15

[0003] Para transportar eficaz y óptimamente una mezcla de sólido/líquido en una tubería de transporte, se hace uso de sensores para medir parámetros de proceso que pueden caracterizar la calidad del proceso de transporte. Estos parámetros de proceso también pueden usarse (automáticamente) para regular el proceso de transporte.

20

[0004] Un parámetro de proceso se refiere a la concentración de mezcla, es decir, una concentración de una materia sólida (por ejemplo arena) en un líquido de transporte (por ejemplo agua).

25

[0005] La regulación de la concentración de mezcla es importante en un proceso de dragado. Una concentración de mezcla excesivamente baja lleva a un proceso de dragado ineficiente porque se bombea demasiado poco sólido mediante el líquido de transporte por unidad de tiempo. Por otro lado, una concentración excesivamente alta es también indeseable, ya que puede causar que la tubería quede encenegada. Para un proceso de dragado eficaz y óptimo, resulta por lo tanto convencional mantener la concentración de mezcla durante el dragado tan constante como sea posible en función del tipo de tierra, la profundidad de dragado, la velocidad de excavación, la elevación de la bomba, la capacidad disponible de la bomba y la velocidad de mezcla deseada.

30

[0006] Para determinar la concentración de mezcla, se usa en la industria de dragado de un sistema y un método que determinan la concentración de mezcla en la tubería mediante una fuente radiactiva.

35

[0007] Una concentración de mezcla se puede derivar midiendo la intensidad relativa de la radiación radiactiva ( $\gamma$ ) que pasa a través de la tubería de transporte durante el transporte de la mezcla de dragado a través de la tubería de transporte. Sin embargo, el uso de una fuente radiactiva no carece de determinados inconvenientes.

40

[0008] En algunos países, hay restricciones legales en el transporte y/o uso de fuentes radiactivas. Esto complica frecuentemente el uso a bordo de una draga. Tampoco queda sin verificar por la ley el transporte de una fuente a una draga desde una central nuclear o el almacenamiento de material radiactivo. Además, el uso de fuentes radiactivas está sujeto a varios requisitos con respecto a la protección contra la radiación y la seguridad. Además, la opinión pública desaprueba frecuentemente el uso de fuentes radiactivas.

45

[0009] La técnica anterior utiliza ondas electromagnéticas para determinar la densidad en mezclas de líquido/sólido. JPH09159623 describe un sistema y un método para medir la cantidad de materia sólida en una mezcla de sólido/líquido con la ayuda de radiación de onda de radio. Se posicionan antenas en el borde externo de la tubería de transporte. Para permitir la irradiación de la mezcla, la tubería de transporte debería estar hecha de un material plástico en el sitio de las antenas.

50

[0010] Un inconveniente de JPH09159623 es que la radiación de onda de radio se usa sin protección. Además, el uso de una tubería de material plástico en sistemas donde se bombean mezclas de sólido/líquido, tales como, por ejemplo, los sistemas de dragado, resulta indeseable a causa de la resistencia relativamente baja del material plástico al desgaste provocado por partículas sólidas tales como, por ejemplo, la arena. La resistencia a la compresión relativamente baja de los materiales plásticos puede ser también un impedimento a causa de la presión usada en la tubería de transporte de dragado.

55

[0011] El objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema y un método para la medición de concentraciones en una mezcla de sólido/líquido que no tiene inconvenientes o que tiene menos que el sistema según la técnica anterior.

60

[0012] Este objetivo se consigue con un sistema tal y como se define en la reivindicación 1.

65

[0013] La presente invención utiliza el hecho de que las antenas se pueden situar contra la pared de la tubería sin afectar así negativamente al funcionamiento electromagnético de las antenas.

[0014] Una ventaja de la invención es que la tubería de transporte puede estar hecha totalmente de metal, permitiendo así que aumente la fuerza de la pared de la tubería con respecto a la técnica anterior. Además, la invención filtra del medio ambiente la radiación emitida por las antenas a través de la pared de la tubería metálica, proporcionando así una mejor proporción entre señal y ruido y, por lo tanto, protegiendo el medio ambiente de la radiación en la tubería, por lo que se consigue mejor compatibilidad electromagnética. Al poder situar las antenas directamente en la pared de la

tubería, la invención tiene la ventaja de que se puede fijar una capa de recubrimiento protegida al interior de la pared de la tubería sustancialmente inalterada vía las antenas.

5 [0015] La invención se describirá de ahora en adelante con mayor detalle con referencia a varios dibujos que representan formas de realización ejemplares de la invención. Estas formas de realización ejemplares se destinan exclusivamente para los fines de ilustración y no para limitar la idea de la invención que se define en las reivindicaciones.

10 [0016] En los dibujos:

La figura 1 es una sección transversal esquemática de una tubería de transporte provista de un sistema según la presente invención;

15 La figura 2 es una vista aumentada de una porción de la sección transversal de la figura 1;

La figura 3 es una vista en planta esquemática de una antena;

La figura 4 es una sección transversal esquemática de la antena según la figura 4;

20 La figura 5 muestra una forma de realización alternativa;

La figura 6 es una sección transversal esquemática de una tubería de transporte provista de un medidor de conductividad externo adicional; y

25 La figura 7 muestra una forma de realización que comprende una pluralidad de antenas para la medición de una distribución de mezcla como una imagen "tomográfica".

[0017] La figura 1 es una sección transversal esquemática de una tubería de transporte T provista de un sistema según la presente invención. Una porción de la tubería de transporte T sirve como un alojamiento para un volumen de medición V donde el sistema puede medir un parámetro de concentración de una mezcla de sólido/líquido M. El término "un parámetro de concentración" se refiere a un parámetro que describe una composición de la mezcla de sólido/líquido como la densidad de la mezcla o la concentración de materia sólida en la mezcla.

35 [0018] El alojamiento del volumen de medición V dispone de una primera antena A1 y una segunda antena A2, siendo la primera y la segunda antena A1, A2 del tipo de antena de parche. También se hace referencia al tipo de "antena de parche" como una antena microstrip. La manera en la que se implementa este tipo de antena en la presente invención será examinada con mayor detalle de ahora en adelante.

40 [0019] Las antenas A1 y A2 están ambas situadas en la pared W de la tubería de transporte T en el volumen de medición V.

[0020] Preferiblemente, la segunda antena A2 se sitúa opuesta a la primera antena A1 (es decir, en una línea de visibilidad directa) y el volumen de medición está situado entre la primera y la segunda antena.

45 [0021] La pared W se forra con una capa de recubrimiento C que protege eléctrica y mecánicamente tanto a la pared W como a la primera y a la segunda antena A1, A2 del volumen de medición V que contiene la mezcla de sólido/líquido M durante el uso.

50 [0022] La posibilidad de posicionar las antenas contra la pared proporciona así un pasaje para la tubería de transporte sin obstáculos para una mezcla que fluya a lo largo de la tubería.

[0023] La capa de recubrimiento C está hecha de un material dieléctrico resistente al desgaste que es relativamente resistente a un efecto abrasivo de la mezcla de sólido/líquido M.

55 [0024] La pared W del alojamiento del volumen de medición está hecha de un metal adecuado para ser capaz de resistir durante el funcionamiento la presión que se da en la tubería. Además, esto filtra las antenas del medio ambiente en el exterior de la tubería de transporte T.

60 [0025] El primer transmisor A1 se conecta a un transmisor R1 para el envío de señales de radio desde el transmisor R1 hasta el medio que rodea a la antena A1.

[0026] La segunda antena A2 se conecta a un receptor R2 para el envío de señales de radio desde el medio que rodea a la segunda antena A2 hasta el receptor R2.

65 [0027] Durante el uso, el transmisor R1 emite señales de radio con energía irradiada E1 al volumen de medición V de la tubería de transporte T con la mezcla M que se debe medir. Las señales de radio (radiación electromagnética) que se

propagan a través del medio se representan con la flecha RS. El receptor R2 recibe las señales de radio con energía residual E2 después de pasar a través del volumen de medición.

5 [0028] Dependiendo de las propiedades físicas de la mezcla tales como la permitividad dieléctrica y la permeabilidad magnética, la energía del campo electromagnético se absorbe de un modo que puede ser en principio determinado a partir de la proporción entre la energía E1 irradiada por el transmisor R1 en el volumen de medición y la energía residual E2 medida por el receptor R2.

10 [0029] La composición de la mezcla M se puede derivar de esta proporción.

[0030] Además, se puede obtener también información más precisa acerca de la mezcla a partir del retraso temporal que experimentan las señales de radio cuando pasan a través del volumen de medición.

15 [0031] Son posibles varias formas de señales de radio utilizables. Ejemplos incluyen impulsos, señales de las que una amplitud circundante varía de manera sinusoidal a lo largo del tiempo y señales de barrido de frecuencia.

20 [0032] En la figura 1, R1 denota un transmisor y R2 denota un receptor. Se puede usar para R1 y R2 transceptores que se pueden usar tanto como un transmisor y como un receptor, de manera que se puede invertir opcionalmente la dirección de las mediciones.

[0033] En la invención, los transceptores R1 y R2 se conectan a una unidad de control B tal como, por ejemplo, un ordenador, con el objetivo de ser capaz de tomar mediciones de la pérdida de energía y/o el tiempo de retraso en la mezcla M automáticamente y posiblemente durante un periodo de tiempo específico y/o conforme a un modelo ajustable. La unidad de control también puede proporcionar un cálculo de un parámetro de concentración de mezcla basado en los resultados obtenidos de la prueba.

25

[0034] La figura 2 es una vista aumentada de una porción de la sección transversal de la figura 1 en una primera forma de realización.

30 [0035] En la figura 2, los números de referencia, al igual que en la precedente figura 1, se refieren a componentes correspondientes.

[0036] La primera y la segunda antena de parche A1, A2 están compuestas por una placa de base metálica P1 y una banda metálica P2 que están separadas entre sí mediante un dieléctrico P3. Aunque no se muestra en esta figura, la figura 2, la placa de base P1 y la banda P2 están unidas, como será ilustrado más precisamente en las figuras 4 y 5.

35

[0037] La placa de base P1 está en contacto con la pared W de la tubería de transporte T. Debido a las propiedades de la antena de parche A1, A2, puede haber contacto conductivo entre la pared W y la placa de base P1 de la antena sin que esto afecte a la función de la antena (el efecto electromagnético). Como resultado y a diferencia de otros tipos de antena que, por el contrario, requerirían aislamiento entre la antena y la pared, la antena de parche A1, A2 se puede posicionar ventajosamente muy cerca de la pared W.

40

[0038] Situada entre la pared W y la placa de base P1 está, en esta forma de realización, una cavidad que se rellena con un relleno D. El relleno D se utiliza para sostener la antena A1, A2 de modo que durante el funcionamiento, la elevada presión en la tubería de transporte T no deformará la antena A1, A2.

45

[0039] Alternativamente, la pared W puede realizar la función electroconductora de la placa P1, por lo que se puede prescindir de la placa P1. Para este propósito, se aplanan la pared W.

50 [0040] Alternativamente, en esta forma de realización, la placa P1, el dieléctrico P3 y la banda P2 se pueden curvar en la forma del margen interno de la pared W, de manera que se puede prescindir del relleno D.

[0041] La capa de recubrimiento C separa la banda P2 del espacio que contiene la mezcla de sólido/líquido M durante el funcionamiento.

55

[0042] El relleno D está compuesto por un material resistente a la compresión, puede comprender un material plástico tal como Irathane u otros materiales plásticos, pero puede también estar compuesto por materiales cerámicos tales como, por ejemplo, óxido de aluminio.

60 [0043] La capa de recubrimiento C está compuesta por un material plástico aislante eléctrico que tiene alta resistencia al desgaste provocado por la mezcla de sólido/líquido M que fluye a lo largo de la tubería durante el uso. Los ejemplos incluyen Irathane. Dependiendo de la composición de la mezcla de sólido/líquido, la capa de recubrimiento C puede estar también compuesta por un material aislante eléctrico diferente o por placas cerámicas que pueden estar o no revestidas con un material plástico. Para prevenir que se propague una cantidad excesiva de la energía E1 emitida por la antena de parche A1 a la antena de parche A2 a lo largo de la pared de la tubería W vía la capa de recubrimiento C,

65

se puede hacer la capa de recubrimiento localmente conductora, por ejemplo dopando el material plástico en estas ubicaciones con partículas metálicas.

5 [0044] La figura 3 es una vista en planta esquemática de una antena de parche en la dirección longitudinal X de la tubería de transporte.

10 [0045] La antena A1, A2 es del tipo de "antena de parche", también conocida como una "microstrip". Una antena microstrip típica consiste en una banda rectangular electroconductora fina P2, conocida también como un "parche", separada de la placa de base rectangular electroconductora P1 por un elemento aislante P3 conocido también como un "sustrato". Los dos conductores separados espacialmente P1, P2 forman en esencia la antena microstrip.

15 [0046] Para la medición de la señal de radio para los fines de mediciones de densidad, es importante que las propiedades de la antena sean tales que la señal de radio usada pueda tener una frecuencia y longitud de onda tales que el diámetro del volumen de medición (es decir, la distancia en línea recta desde la primera antena vía el volumen de medición hasta la segunda antena) sea igual que al menos una mitad de la longitud de onda de la señal de radio.

[0047] En la presente invención, las dimensiones de la antena están, por lo tanto, adaptadas a este requisito en función del diámetro del volumen de medición.

20 [0048] Conjuntamente con la frecuencia correspondientemente seleccionada de las ondas electromagnéticas, la longitud de la banda P2 (paralela a la dirección longitudinal X de la tubería de transporte T) es sustancialmente del mismo orden de magnitud que el diámetro de la tubería de transporte. El ancho de la banda P2 es inferior a la longitud de la banda P2. El ancho se puede adaptar de tal manera que se optimice la posición a lo largo de la pared. La impedancia de conexión de la antena aumenta a medida que se reduce el ancho; el ancho de la banda también influye en el perfil de radiación de la antena, aunque esto no impide la funcionalidad del sistema.

25 [0049] Dependiendo del diseño de la antena, la longitud de la placa de base P1 puede ser igual o mayor que la longitud de la banda P2. El ancho de la placa de base P1 también puede ser igual o mayor que el ancho de la banda P2, dependiendo de las propiedades de antena deseadas.

30 [0050] Se tendrá en cuenta que la banda P2 puede tener, en vez de una forma rectangular con un ancho constante, cualquier otra forma deseada con un ancho extensible en función de la longitud, por ejemplo una forma que se estrecha en la dirección longitudinal X. Un ancho extensible de la banda P2 permite que la antena forme un perfil de radiación con un ancho de banda relativamente mayor que una antena con una banda con forma rectangular P2.

35 [0051] En un lado, la banda P2 de la antena de parche A1, A2 comprende una conexión P5 a la placa de base P1. La antena de parche A1, A2 también comprende una conexión P4 para un transceptor en la banda P2.

40 [0052] La permitividad relativa de la mezcla M que se debe determinar también tiene un papel en el diseño de la antena, ya que puede influir en la impedancia de conexión.

[0053] La permitividad del elemento aislante P3, que en las antenas microstrip convencionales también puede consistir en una cámara de aire, tiene una influencia marcada en las dimensiones necesarias del parche.

45 [0054] Las pérdidas de la antena resultantes de la transición entre la antena y la mezcla de sólido/líquido se reducen a un mínimo si la permitividad del elemento P3 corresponde a la permitividad de la mezcla de sólido/líquido. La permitividad de la mezcla de sólido/líquido varía en el rango de frecuencias seleccionado típicamente entre 10 y 80, dependiendo de la concentración de materia sólida.

50 [0055] En la presente invención, el elemento aislante P3 está compuesto por un material con permitividad dentro de los límites típicos para la permitividad de la mezcla de sólido/líquido. Ejemplos incluyen, si el líquido de transporte es agua, un polímero donde se mezcla titanato de bario pulverizado o en polvo fino, u otro material con permitividad relativamente alta, para proporcionar una permitividad de aprox. 80. El elemento aislante P3 podría también consistir en una capa cerámica con una permitividad adecuada, por ejemplo óxido de aluminio con una permitividad de aprox. 10, o en un material compuesto. Visto el elevado precio de coste de materiales con alta permitividad, puede ser deseable usar un material con permitividad relativamente baja. El uso de un material con permitividad inferior a 10 y en cualquier caso mayor que 1 proporciona una (menos costosa) alternativa que se puede usar si la conductividad eléctrica de la mezcla de sólido/líquido permanece limitada, de manera que una antena subóptima es suficiente.

55 [0056] La permitividad relativamente alta del elemento aislante P3 también asegura que el tamaño de la antena A1, A2 puede reducirse (proporcionalmente a la raíz cuadrada de la permitividad) mientras la frecuencia de transmisión permanece constante. Esto supone un beneficio significativo para la utilidad práctica de la antena en la tubería de transporte, ya que esto permite que se adapten las dimensiones de la antena a las dimensiones de la tubería de transporte. También es importante en este aspecto que las propiedades de la antena sean tales que permitan que la señal de radio usada tenga una frecuencia y una longitud de onda tales que el diámetro del volumen de medición (es decir, la tubería de transporte) sea igual a al menos una mitad de la longitud de onda.

- 5 [0057] La designación "microstrip" representa en la presente invención exclusivamente el tipo y, por lo tanto, "micro" no indica de ninguna manera el tamaño de la antena: en casos donde antenas microstrip aéreas convencionales tienen una longitud y un ancho de parche de una a varias decenas de milímetros, la antena para la presente invención puede tener, dependiendo del diámetro de la tubería de transporte que debe ser irradiada y conforme a la frecuencia seleccionada de las ondas electromagnéticas, una longitud y un ancho de parche de una a varias decenas de centímetros; típicamente, la longitud de parche es del mismo orden de magnitud que el diámetro de la tubería de transporte.
- 10 [0058] En la presente invención es posible usar el sistema en una tubería de transporte con un diámetro que varía desde aproximadamente 10 cm hasta aproximadamente 150 cm.
- 15 [0059] Tanto el elemento aislante P3 como la banda P2 se introducen en la capa de recubrimiento C. Además de proteger cada una de las antenas A1, A2 y la pared W de la mezcla de sólido/líquido que rasca a lo largo de la tubería, esta capa de recubrimiento también agranda la esfera potencial de actividad de las antenas: sin la capa de recubrimiento de aislamiento C, una proporción excesivamente grande de la energía E1 emitida por la antena de parche A1 se perdería en una mezcla de sólido/líquido conductora como resultado de la conducción eléctrica. La capa de recubrimiento C combate esta pérdida resultante de la conducción. Además, la capa de recubrimiento C influye en las frecuencias de resonancia de las antenas y la configuración de la antena lo compensa. Con el fin de poder ajustar la frecuencia de resonancia de la antena de parche, se calcula la antena de parche, incluida la capa de recubrimiento C, usando un modelo numérico.
- 20 [0060] La figura 4 es una sección transversal esquemática de la antena según la figura 3, tomada a lo largo de la línea IV-IV.
- 25 [0061] En la figura 4, los números de referencia, al igual que en las figuras precedentes, se refieren a componentes correspondientes.
- [0062] El elemento aislante P3 se fija a la placa de base P1. La banda P2 se sitúa en el elemento aislante P3. La placa de base P1 se conecta a la banda P2 vía la conexión P5 a un lado frontal estrecho de la banda P2.
- 30 [0063] La banda P2 se conecta a un transceptor R1, R2 vía una conexión S. Se pasa un cable coaxial, consistente en el conductor interno S, un protector conductorivo I y aislante (no mostrado), a través de una abertura en la pared W y en el elemento aislante P3, el conductor interno S está en contacto eléctrico con la banda conductiva P2 vía la conexión P4 y el protector conductorivo I en contacto eléctrico con la pared W y/o la placa de base P1. El conductor interno S se conecta a la banda P2 vía pasos a través en la placa de base P1 y el elemento aislante P3.
- 35 [0064] La figura 5 es una vista aumentada de una porción de la sección transversal de la figura 1 en una forma de realización alternativa.
- 40 [0065] En la figura 5, los números de referencia, al igual que en las figuras precedentes, se refieren a componentes correspondientes.
- [0066] En esta forma de realización alternativa, hay unida a la pared W una superficie plana y empotrada W1 donde se puede recibir la placa de base, donde la antena de parche A1, A2 puede estar, con toda el área de superficie de la placa de base P1, en contacto con la pared W.
- 45 [0067] En particular, para un diámetro relativamente pequeño de la tubería de transporte, la forma de realización alternativa puede ser ventajosa con el objetivo de ser capaz de instalar una antena de parche con dimensiones adecuadas.
- 50 [0068] En otra forma de realización, la pared W sirve como una placa de base P1 de una antena de parche. La pared W asume la función electromagnética de la placa de base P1.
- [0069] La figura 6 es una sección transversal esquemática de una tubería de transporte provista de un sistema en otra forma de realización.
- 55 [0070] En la figura 6, los números de referencia, al igual que en las figuras precedentes, se refieren a componentes correspondientes.
- 60 [0071] En otra forma de realización, el sistema comprende, además de elementos ya mostrados en la figura 1, un medidor de conductividad eléctrica externo GM; donde el medidor de conductividad eléctrica GM está conectado a la unidad de control B para el envío de señales de conductividad a la unidad de control B y el medidor de conductividad eléctrica GM está configurado para la medición durante el uso de la conductividad de solo el líquido de transporte.
- 65 [0072] El medidor de conductividad eléctrica se sitúa durante el uso sustancialmente en el líquido de transporte de la mezcla de sólido/líquido.

- 5 [0073] Se conoce que la atenuación de ondas electromagnéticas en un medio conductor aumenta conjuntamente con la conductividad del medio y con la frecuencia de las ondas electromagnéticas. Como resultado de esta atenuación creciente, el límite superior de la frecuencia que se debe usar se determina con la atenuación de señal máxima admisible en el medio conductor. El límite inferior de la frecuencia que se debe usar de las ondas electromagnéticas se selecciona de tal manera que, en una composición de mezcla media, al menos una mitad de la longitud de onda encaje entre las dos antenas.
- 10 [0074] Como se ha declarado anteriormente, la densidad de la mezcla de sólido/líquido se puede determinar a partir de una pérdida de energía o un retraso temporal de señales de radio que pasan desde la primera antena, a través del volumen de medición, hasta la segunda antena. Esta pérdida de energía o este retraso temporal se relaciona con la permitividad relativa eficaz de la mezcla de sólido/líquido  $M$  de la que se toma una medición. Los componentes (es decir, un sólido y un líquido) de los que consiste la mezcla tienen de por sí permitividad relativa diferente.
- 15 [0075] Como resultado del hecho de que la permitividad relativa medida corresponde a la permitividad relativa eficaz que varía entre los valores de permitividad relativa de los (dos) componentes separados, se puede determinar así una proporción de volumen de los componentes.
- 20 [0076] La permitividad de la mezcla se puede medir mediante irradiación con ondas electromagnéticas, donde un tiempo de propagación  $t$ , definido como el tiempo que un frente de onda requiere para alcanzar la segunda antena  $A_2$  desde la primera antena  $A_1$ , es indicativo de una permitividad aparente de la mezcla de sólido/líquido. La permitividad aparente difiere de la permitividad eficaz en el sentido de que la influencia de cualquier conductividad de la mezcla se incluye en la permitividad aparente.
- 25 [0077] El tiempo de propagación  $t$  se determina con la señal de origen, emitida por una de las antenas, que se debe comparar con la señal recibida por la otra antena. La concentración de la mezcla de sólido/líquido se puede determinar a partir de una diferencia  $t_r$  entre el tiempo de propagación  $t_m$  de la señal de radio en la mezcla de sólido/líquido y el tiempo de propagación  $t_0$  de la señal de radio en solo el líquido de transporte.
- 30 [0078] Durante el funcionamiento normal del sistema, se determina a partir del cambio en el tiempo de propagación  $t_r$ , proporcionado como  $t_r = t_m - t_0$ , la concentración de la mezcla de sólido/líquido con respecto a la concentración del líquido de transporte.
- 35 [0079] Debido a que el tiempo de propagación  $t_0$  de la señal en solo el líquido de transporte es dependiente también de la conductividad eléctrica del líquido de transporte, que varía típicamente entre menos de 0,5 S/m para agua de río y 4 S/m para agua de mar, se debería incluir la dependencia de la conductividad en el cálculo de la densidad de la mezcla de sólido/líquido.
- 40 [0080] Para este propósito, se realiza una calibración antes de una sesión de medición (durante el funcionamiento) y se mide el tiempo de propagación  $t_0$  en solo el líquido de transporte. Esta calibración se puede usar siempre que la conductividad del líquido de transporte no cambie significativamente durante el funcionamiento normal posterior del sistema.
- 45 [0081] Sin embargo, la conductividad del líquido de transporte puede cambiar durante el funcionamiento normal del sistema, y esto puede ocurrir, por ejemplo, en aguas de marea, desembocaduras de río, aguas costeras y similares.
- 50 [0082] Si la conductividad del líquido de transporte, medida con el medidor de conductividad eléctrica GM, cambia significativamente, la unidad de control B puede usar las señales de conductividad del medidor de conductividad eléctrica GM para corregir las mediciones de tiempo de propagación tomadas de la mezcla de sólido/líquido.
- 55 [0083] El medidor de conductividad eléctrica externo GM mide la conductividad eléctrica fuera de la tubería de transporte y no dentro de ella porque en la tubería de transporte la conductividad eléctrica depende (obviamente) de la concentración sólido/líquido.
- 60 [0084] En el caso de una draga, la conductividad eléctrica se puede medir en el agua, posicionando el medidor de conductividad eléctrica GM en la región del punto de excavación, de manera que la conductividad eléctrica medida corresponde en la mayor medida posible a la conductividad eléctrica del líquido de transporte.
- [0085] El medidor de conductividad eléctrica determina la conductividad instantánea de solo el líquido de transporte durante la calibración y durante el funcionamiento normal del sistema. Un cambio así determinado de la conductividad debería usarse para corregir el tiempo de propagación  $t_0$  durante el funcionamiento normal del sistema.
- 65 [0086] También debe observarse que, en el caso de un líquido de transporte con conductividad relativamente más alta, puede ser beneficioso usar una frecuencia de señal de radio que sea lo más baja posible, porque a esta frecuencia la señal de radio experimenta una atenuación relativamente mínima. Debido a que la longitud de onda en un medio con conductividad relativamente alta se reduce mientras la frecuencia permanece constante; esto permite que se reduzca la

frecuencia de transmisión mientras la conductividad aumenta sin incumplir el requisito de que, en una composición de mezcla media, al menos una mitad de longitud de onda debe encajar entre las dos antenas. Con regulación activa de la frecuencia de transmisión basada en la conductividad medida, se puede obtener así una medición óptima para un rango más amplio de conductividades de mezcla.

5

[0087] En otra forma de realización de la invención, se posicionan más de dos antenas una junto a la otra a lo largo de la circunferencia interna de la pared W del volumen de medición V. Todas las antenas se conectan a la unidad de control de la misma manera que se ha descrito anteriormente para un sistema que comprende dos antenas. Mediante la transmisión, bajo el control de la unidad de control, a partir de una antena y la recepción de la señal transmitida con la ayuda de las antenas restantes, se puede obtener información acerca de la concentración de mezcla en cada una de las rutas de medición entre la antena de transmisión y una de las antenas de recepción. Las más de dos antenas se conectan a la unidad de control de manera que la unidad de control se configura para obtener, combinando las concentraciones de mezcla medidas para cada ruta de medición, datos acerca de la distribución de concentración de mezcla sobre el diámetro de la tubería, por ejemplo en forma de determinación de una imagen tomográfica de una mezcla en la tubería.

10

15

[0088] La figura 7 muestra un ejemplo de un sistema de medida que comprende seis antenas A1, A2, A3, A4, A5, A6 que se conectan separadamente a un transceptor respectivo R1, R2, R3, R4, R5, R6. Los transceptores se conectan a la unidad de control B que se configura para controlar cada uno de los transceptores (para la transmisión y/o recepción de señales) y para la recepción de señales de cada uno de los transceptores. La unidad de control B también es capaz de determinar a partir de las señales recibidas información acerca de la distribución de concentración de mezcla en el volumen de medición M.

20

[0089] Por ejemplo, la unidad de control B controla el primer transceptor R1 para transmitir una señal de radio RS vía la primera antena A1, y los otros transceptores R2 - R6 se ajustan para recibir la señal de radio (una vez ha pasado a través del volumen de medición M). Basándose en las señales recibidas, la unidad de control determina entonces información acerca de la composición de la mezcla en el volumen de medición en función de la respectiva ruta de medición atravesada entre la primera antena y cada una de las antenas restantes.

25

[0090] La unidad de control puede efectuar cíclicamente una medición de este tipo en un modelo de todos contra todos, donde en cada caso una de las antenas emite sucesivamente una señal de radio y las otras antenas reciben la señal y la unidad de control recoge y procesa las señales de una manera adecuada.

30

[0091] Se tendrá en cuenta que en una forma alternativa, la unidad de control se puede conectar a los transceptores vía un multiplexor.

35

**REVINDICACIONES**

- 5 1. Sistema para la medición de un parámetro de concentración de una mezcla de sólido/líquido (M) que comprende un volumen de medición (V), una primera antena (A1) y al menos una segunda antena (A2), donde:
- 10 - la primera y la segunda antena son cada una del tipo de antena de parche y cada una (A1; A2) comprende una placa de base conductora (P1), una banda conductora (P2) y un elemento aislante (P3); el elemento aislante (P3) está situado entre la placa de base (P1) y la banda (P2), y la banda tiene en un lado frontal una conexión conductora (P5) a la placa de base (P1);
- la primera y la segunda antena se fijan a la placa de base conductora (P1) en una pared (W) del volumen de medición, y
- 15 - la pared (W) del volumen de medición está hecha de metal;
- además comprende un transmisor (R1) para una señal de radio (RS), un receptor (R2) para la señal de radio y una unidad de control (B), donde una salida del transmisor (R1) se conecta a la primera antena (A1); una entrada del receptor (R2) se conecta a la segunda antena (A2); la unidad de control (B) se conecta al transmisor y al receptor y la
- 20 unidad de control (B) se configura para controlar el transmisor y el receptor;
- donde la unidad de control (B) se conecta a una salida de datos del transmisor para la recepción de datos vía la señal de radio generada por el transmisor y también se conecta a una salida de datos del receptor para la recepción de datos vía la señal de radio recibida por el receptor;
- 25 donde la longitud de onda de la señal de radio se selecciona de manera que una distancia en línea recta desde la primera antena vía el volumen de medición hasta la segunda antena sea sustancialmente igual durante el uso a al menos una mitad de la longitud de onda de la señal de radio.
- 30 2. Sistema según la reivindicación 1, donde la unidad de control (B) se configura para determinar durante el uso un parámetro de concentración de la mezcla de sólido/líquido (M).
3. Sistema según la reivindicación 2, donde el sistema también comprende un medidor de conductividad eléctrica (GM), la unidad de control (B) se conecta al medidor de conductividad eléctrica para la recepción de una señal de conductividad y la unidad de control se configura para determinar durante el uso, basándose en la señal de conductividad, una corrección de conductividad para el parámetro de concentración.
- 35 4. Sistema según la reivindicación 3, donde el medidor de conductividad eléctrica (GM) está situado de tal manera que sustancialmente se mida solo la conductividad del líquido en la mezcla de sólido/líquido (M).
- 40 5. Sistema según la reivindicación 1, donde una capa de recubrimiento (C) se fija a la pared (W) y la primera y la segunda antena (A1, A2) se fijan a la pared para proteger la pared y las antenas de la mezcla de sólido/líquido (M).
6. Sistema según la reivindicación 1, donde un relleno (D) se sitúa entre cada una de la primera y la segunda antena (A1, A2) y la pared (W) del volumen de medición (V).
- 45 7. Sistema según la reivindicación 1, donde la pared (W) para la recepción de una antena de parche (A1; A2) en la placa de base (P1) comprende una superficie aplanada (W1) para dicha antena.
- 50 8. Sistema según la reivindicación 1, donde la placa de base (P1), el dieléctrico (P3) y la banda conductora (P2) son de configuración curvada de manera que se conectan directamente a la pared (W).
9. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde la pared (W) es la placa de base (P1) de una antena de parche (A1; A2).
- 55 10. Sistema según la reivindicación 1, donde el elemento aislante (P3) es un dieléctrico con permitividad relativa más alta que el aire, preferiblemente con la permitividad relativa del líquido en el sólido/mezcla perteneciente a una frecuencia o rango de frecuencia de la señal de radio.
- 60 11. Sistema según la reivindicación 10, donde el elemento aislante consiste en un compuesto de titanato de bario/material plástico o un material cerámico.
12. Sistema según la reivindicación 10, donde la placa de base (P1) y la banda (P2) se extienden en una dirección longitudinal (X) del volumen de medición (V), con la longitud de la banda (P2) de sustancialmente el orden de magnitud de la distancia entre la primera antena y la segunda antena.
- 65

13. Sistema según la reivindicación 12, donde la longitud de la placa de base (P1) es igual a al menos la longitud de la banda (P2).
- 5 14. Sistema según la reivindicación 10, donde la conexión entre la primera antena (A1) o la segunda antena (A2) y el transmisor (R1) comprende respectivamente el receptor (R2), un conductor portador de señal (S) y otro conductor (I); el conductor portador de señal se conecta (P4) a la banda (P2) de la antena respectiva (A1; A2) y el otro conductor se conecta a la pared (W) del volumen de medición (V) y/o la placa de base (P2) de la antena respectiva (A1; A2).
- 10 15. Sistema según la reivindicación 14, donde se proporciona un paso a través en el elemento aislante (P3) y en la placa de base (P1) para el paso a través del conductor portador de señal (S).
16. Sistema según la reivindicación 10, donde la banda (P2) de la antena (A1; A2) es de forma rectangular.
- 15 17. Sistema según la reivindicación 10, donde la banda (P2) de la antena (A1; A2) tiene un ancho extensible en función de la longitud.
18. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde la unidad de control (B) se configura para adaptar durante el uso una frecuencia básica de la señal de radio del transmisor (R1) en función de la conductividad, medida por el medidor de conductividad eléctrica, del líquido de tal manera que la longitud de onda de la señal de radio sea sustancialmente constante en función de la conductividad medida.
- 20 19. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde más de dos antenas se posicionan a lo largo de una circunferencia interna de la pared (W) y donde las más de dos antenas se conectan de tal manera que exista durante el uso entre una antena de transmisión y cada antena de recepción una ruta de medición asociada a lo largo de la que se puede determinar la concentración de mezcla; la unidad de control se configura para determinar, combinando las concentraciones de mezcla en función de las rutas de medición, datos sobre una distribución de concentración de mezcla en el volumen de medición.
- 25 20. Sistema según la reivindicación 19, donde la unidad de control se configura para la toma cíclica de mediciones en un modelo de turnos rotativos, donde en cada caso una antena emite una señal de radio y las otras antenas reciben la señal y la unidad de control recoge y procesa las señales de una manera adecuada.
- 30 21. Método para la medición de un parámetro de concentración de una mezcla de sólido/líquido (M), que incluye: provisión de un volumen de medición (V) para contener la mezcla de sólido/líquido (M); provisión de una primera antena (A1) y una segunda antena (A2), siendo las antenas del tipo de antena de parche y cada una (A1; A2) con una placa de base conductora (P1), una banda conductora (P2) y un elemento aislante (P3), donde el elemento aislante (P3) se sitúa entre la placa de base (P1) y la banda (P2), y la banda tiene en un lado frontal una conexión (P5) a la placa de base (P1); cada una de la primera y la segunda antena se fijan a la placa de base conductora (P1) en una pared (W) del volumen de medición y la pared del volumen de medición está hecha de metal;
- 35 40 también incluye: transmisión de una señal de radio con la primera antena; recepción de la señal de radio en la segunda antena y determinación a partir de una diferencia entre la señal de radio transmitida y la señal de radio recibida de un parámetro de concentración de la mezcla de sólido/líquido; donde una longitud de onda de la señal de radio se selecciona de tal manera que la distancia en línea recta desde la primera antena vía el volumen de medición hasta la segunda antena sea igual sustancialmente durante el uso a al menos una mitad de longitud de onda de la señal de radio.
- 45 22. Método según la reivindicación 21, que también incluye: la medición de la conductividad eléctrica de solo un líquido de la mezcla de sólido/líquido y la corrección del parámetro de concentración de la mezcla de sólido/líquido con la ayuda de la conductividad eléctrica medida del líquido:
- 50 23. Método según cualquiera de las reivindicaciones 21 - 22, que incluye la provisión de más de dos antenas posicionadas a lo largo de una circunferencia interna de la pared (W); la conexión de las más de dos antenas entre una antena de transmisión y cada antena de recepción de tal manera que exista durante el uso una ruta de medición asociada para determinar la concentración de mezcla; la combinación de las concentraciones de mezcla en función de las rutas de medición para determinar una distribución de concentración de mezcla en el volumen de medición.
- 55

Fig 1

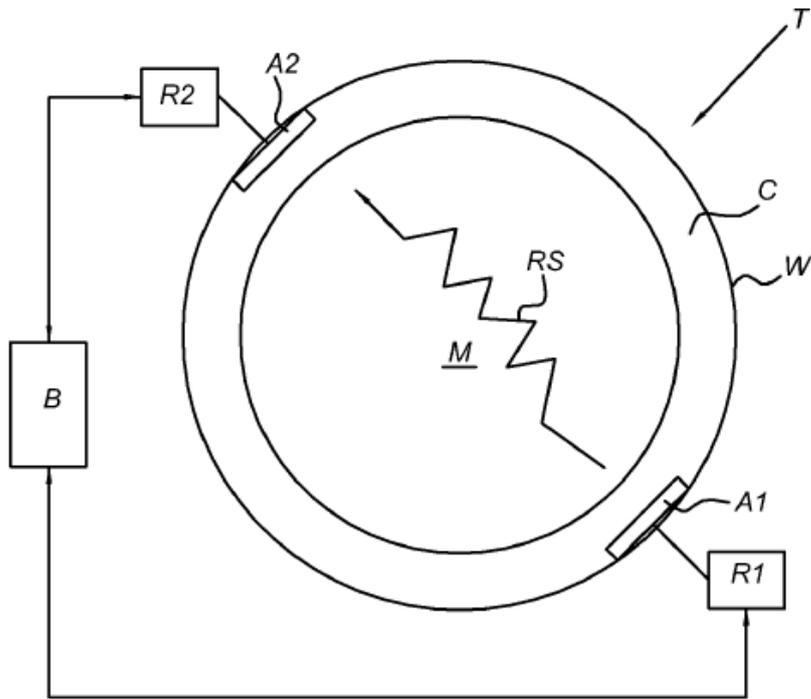


Fig 2

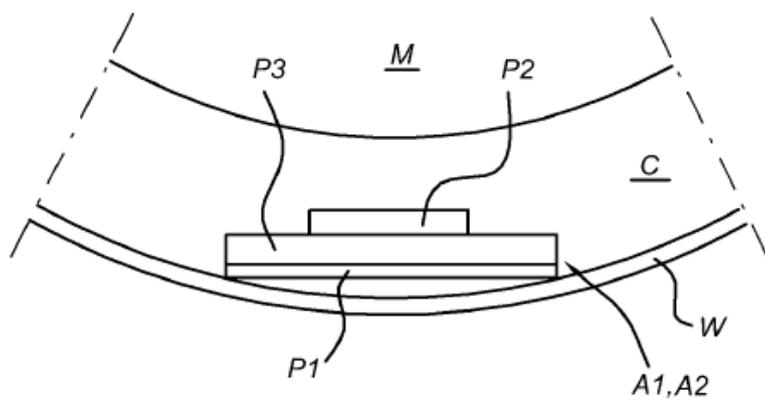


Fig 3

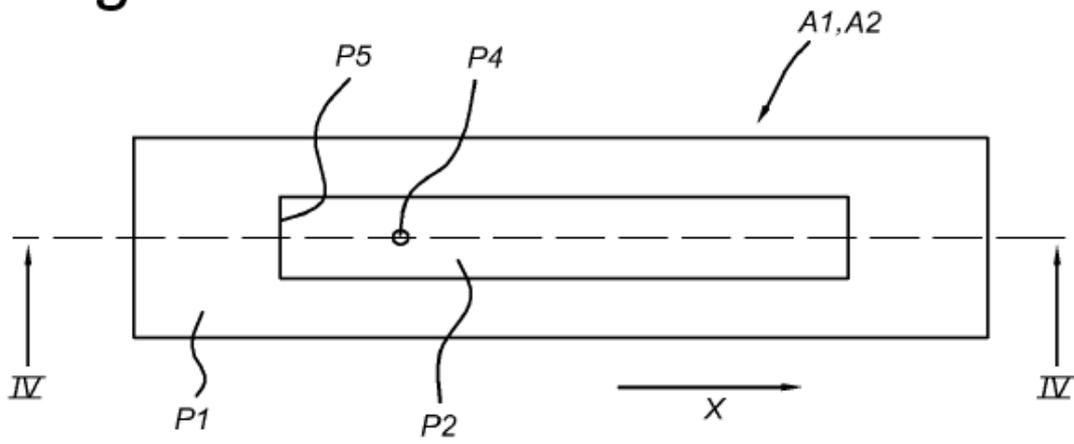
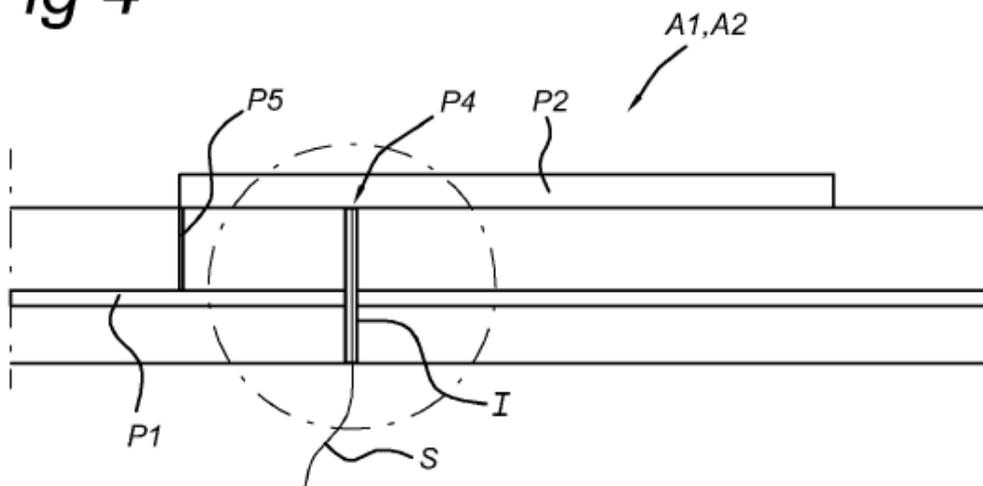
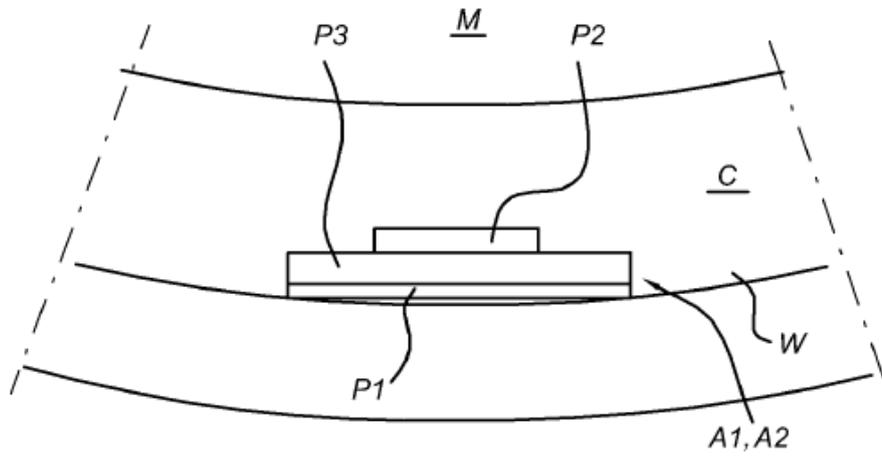


Fig 4



**Fig 5**



**Fig 6**

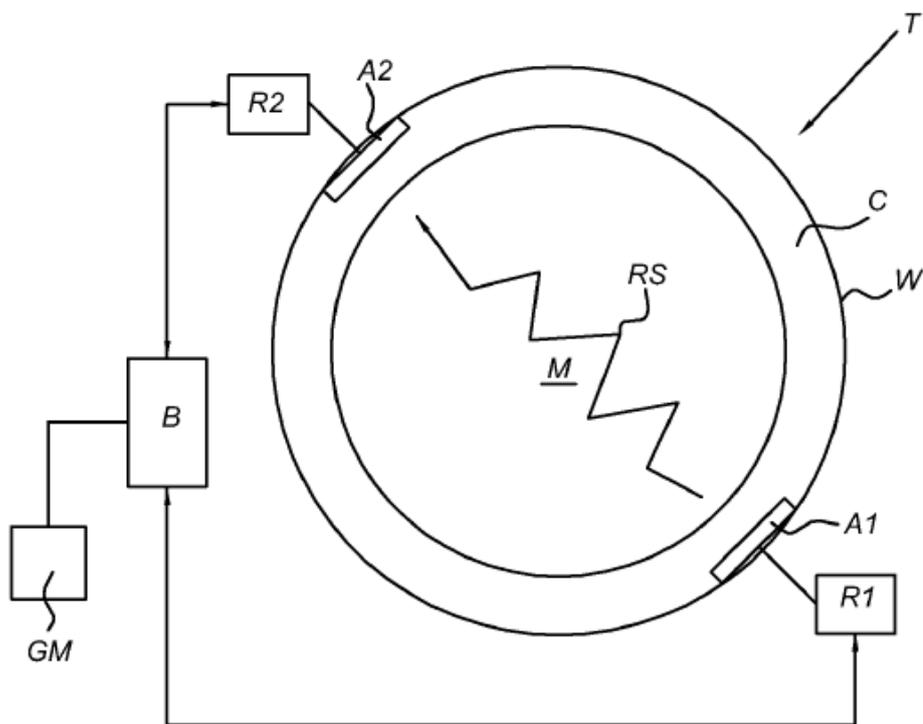


Fig 7

