

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 764 219**

51 Int. Cl.:

**G01N 33/38** (2006.01)

**G01N 27/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.05.2015 E 15168859 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.10.2019 EP 2947456**

54 Título: **Método para colocar un sensor para monitorizar hormigón**

30 Prioridad:

**22.05.2014 BE 201400393**

**22.05.2014 BE 201400394**

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

**02.06.2020**

73 Titular/es:

**ZENSOR BVBA (100.0%)  
Witte Patersstraat 4  
1040 Brussel, BE**

72 Inventor/es:

**VAN INGELGEM, YVES;  
DE WILDE, DAAN y  
NIEUBOURG, GORI**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 764 219 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 para colocar un sensor para monitorizar hormigón

**Campo de la invención**

5 La presente invención proporciona un método para aplicar un electrodo en áridos de construcción que se pueden fraguar, es decir, que se endurecen con el tiempo, tales como lechada, preferiblemente usada en una conexión mecánica. La presente especificación describe un método para verificar el estado de una lechada, usada preferiblemente como en una conexión mecánica.

**Antecedentes de la invención**

10 En el presente contexto, la lechada se describe como un producto formado mezclando cemento, arena, agua y posiblemente aditivos y rellenos. La lechada es muy adecuada para realizar conexiones mecánicas entre construcciones o partes de construcciones.

El uso y las propiedades de la lechada son similares a los del hormigón. Por lo tanto, la invención se puede aplicar también para monitorizar construcciones de hormigón, o en la monitorización de otros áridos de construcción.

15 Sin limitar la invención a estas aplicaciones, la invención es muy adecuada para su aplicación en construcciones en alta mar tales como aerogeneradores, subestaciones en alta mar, plataformas petrolíferas, etc. Tales construcciones en alta mar a menudo se mantienen en su lugar a través de uno o más pilotes que están parcialmente incrustados en el fondo del mar. La construcción principal se fija a estos pilotes usando lechada. Otras posibles aplicaciones son los cimientos de las turbinas de energía de las mareas y de las olas, presas hidroeléctricas de las mareas y clásicas, puentes, túneles y centrales de purificación de agua.

20 La lechada de las conexiones mecánicas entre un pilote y una construcción principal está sometida a fuerzas significativas a las que se somete la construcción principal y, en el caso de construcciones en alta mar, la lechada también se somete a agua de río o de mar. Estas influencias externas pueden dar como resultado daño o degradación de la lechada. Es de suma importancia que la degradación se identifique tan pronto sea posible de manera que se puedan tomar las medidas apropiadas tan pronto como sea posible. Después de todo, el daño o la degradación de la lechada puede dar lugar al fallo de las conexiones mecánicas realizadas a través de la lechada. Esto puede tener resultados desastrosos para construcciones en alta mar.

Una opción para comprobar el estado de las conexiones enlechadas es recoger muestras de perforación de núcleo de la conexión enlechada. No obstante, éste es un método destructivo, que da como resultado daños a la lechada.

30 Un método mejor hace uso de instrumentos de medición tales como electrodos que se sitúan en ubicaciones específicas en la lechada y entre los cuales se aplica una señal de medición tal como una señal de potencial o de corriente. El daño a la lechada se puede derivar a partir de la señal resultante.

La colocación de los instrumentos de medición o electrodos en la lechada necesita ser hecha con gran precisión en la medida que la precisión y la exactitud de las mediciones dependerán de ello.

35 La colocación de los electrodos durante el vertido puede dar como resultado la deformación o el daño a los electrodos en la medida que la lechada es muy rígida y tiene una alta viscosidad. Después de verter, la colocación de los electrodos en la lechada puede ser muy difícil o incluso imposible. Después de que la lechada haya fraguado lo suficiente, es decir, después de que la lechada haya desarrollado una capacidad de soporte de carga, es imposible incrustar sensores de manera no destructiva.

40 El fraguado de la lechada es un proceso gradual que, en algunos casos, puede tardar muchos años en completarse. La lechada, un material que típicamente comprende cemento Portland y arena, típicamente es fácilmente trabajable cuando está recién aplicada. Endurece gradualmente los "fraguados" con el tiempo, alcanzando típicamente al menos el 70% de su resistencia final después de alrededor de 21 días.

Una de las metas de la presente invención es colocar los electrodos en la lechada de una buena forma en cuanto a evitar que se dañen y asegurar de que se sitúen exactamente en la ubicación deseada.

45 La presente especificación describe un método para verificar el estado de una lechada usada en una conexión mecánica, por ejemplo, conexiones mecánicas en construcciones en alta mar tales como aerogeneradores, subestaciones en alta mar, plataformas petrolíferas, etc. Las construcciones en alta mar a menudo se mantienen en su lugar a través de uno o más pilotes que están parcialmente incrustados en el fondo del mar. La construcción principal se fija a estos pilotes usando una lechada.

50 En el caso, por ejemplo, de aerogeneradores se coloca una denominada pieza de transición sobre el pilote, o la pieza de transición se raja en el pilote, en donde en ambos casos se aplica una lechada entre el pilote y la pieza de transición. La lechada proporciona una conexión mecánica fuerte entre el pilote y la pieza de transición. Esta conexión se sitúa lo más a menudo por debajo del nivel del agua. La pieza de transición es parte del aerogenerador,

o se conectará a él. La lechada en la conexión mecánica se someterá a fuerzas significativas que se ejercen sobre la estructura y, en el caso de construcciones en alta mar, también al agua de mar o de río. Estas influencias externas pueden dar como resultado el daño o la degradación de la lechada. Es de suma importancia que la degradación se identifique tan pronto como sea posible, de manera que se puedan tomar las medidas apropiadas tan pronto como sea posible: el daño o la degradación de la lechada pueden dar lugar al fallo de la conexión mecánica realizada a través de la lechada. Esto puede tener resultados desastrosos para la construcción en alta mar.

Una opción para comprobar el estado de la conexión enlechada es recoger muestras de perforación de núcleo de la lechada. No obstante, este es un método destructivo, que da como resultado daños a la lechada.

Una alternativa es usar fibras ópticas en la lechada. Éstas se aplican durante el vertido de la lechada. Estas fibras ópticas también se pueden usar como sensor para detectar deformaciones o tensiones en la lechada. Una ventaja es que las fibras ópticas son muy adecuadas para detectar fuerzas. Una desventaja de las fibras ópticas es que son muy caras y también muy delicadas. Como resultado, se demuestra que es un desafío técnico instalar las fibras ópticas sin inducir daños a las fibras.

La presente invención se dirige a resolver al menos una de las desventajas mencionadas anteriormente. Steve Lyon ET AL: "Corrosion Monitoring Systems and Sensors to Track Material Durability in Concrete Structures", octubre de 2013, XP055155299 y CARMEN ANDRADE ET AL: "Embedded sensors for the monitoring of corrosion parameters in concrete structures", NDTCE'09, PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS EN INGENIERÍA CIVIL, 3 de julio de 2009, XP055155302, describe métodos de incrustación de sensores en hormigón fresco.

### Compendio de la invención

Fuera del alcance de la invención, la presente especificación describe un método para monitorizar el estado de la lechada (9') usada en una conexión mecánica, en donde el método usa un primer electrodo inerte (10') situado en la lechada (9') y un componente de acero (4', 6') que o bien es parte de la conexión mecánica o bien que se sitúa en sus inmediaciones, o un segundo electrodo inerte (10') que se sitúa en la lechada (9'), en donde los electrodos inertes (10') y el componente de acero (4', 6') son conectables eléctricamente, formando por ello un circuito (12'), en donde el método comprende los siguientes pasos:

- aplicar una señal de corriente o de potencial variable en el circuito (12');
- medir respectivamente la señal de potencial o de corriente resultante en el circuito (12').

En algunas realizaciones, la presente invención comprende un método para aplicar un electrodo (7) en lechada (6) usada en una conexión mecánica, en donde el electrodo (7) se usa para determinar la condición de la lechada (6), que comprende los siguientes pasos:

- incrustar el electrodo (7) en la lechada (6) de manera que el electrodo (7) se revista con la lechada (6), en donde una conexión quebradiza se incrusta parcialmente adicionalmente en la lechada (6) de manera que la conexión quebradiza esté sobresaliendo al menos parcialmente de la lechada (6);
- conectar el electrodo revestido (10) de la lechada (6), usando la conexión quebradiza, a una varilla (11) en una ubicación deseada;
- colocar la varilla (11) con el electrodo (7) en la ubicación deseada en el volumen (12) de la conexión mecánica donde se aplicará la lechada;
- aplicar la lechada (6) en la conexión mecánica, por ejemplo, a través de vertido;
- quebrar o romper la conexión quebradiza moviendo o desplazando la varilla (11) con respecto al electrodo (7);
- retirar la varilla (11) de la lechada (6).

En general, la presente invención comprende un método según la reivindicación 1 para aplicar un electrodo en un material de construcción que se puede fraguar, en donde el electrodo se usa para determinar la condición del material de construcción, que comprende los siguientes pasos:

- incrustar el electrodo en el material de construcción de manera que el electrodo se revista con el material de construcción, formando por ello un electrodo revestido, en donde una conexión quebradiza se incrusta parcialmente adicionalmente en el material de construcción de manera que la conexión quebradiza sobresalga al menos parcialmente de la carcasa del electrodo revestido;
- conectar el electrodo revestido usando la conexión quebradiza a una varilla;
- colocar la varilla con el electrodo revestido en una ubicación deseada en un volumen donde se aplicará el material de construcción;

- aplicar el material de construcción en el volumen, por ejemplo, a través de vertido;
- quebrar o romper la conexión quebradiza moviendo o desplazando la varilla (11) con respecto al electrodo;
- retirar la varilla del material de construcción.

5 Según la presente especificación, el material de construcción que se puede fraguar puede ser un árido de construcción.

En algunas realizaciones, la varilla (11) se coloca para sobresalir al menos parcialmente por encima del volumen antes mencionado cuando se coloca la varilla (11), en donde, preferiblemente, la longitud de la varilla (11) excede la profundidad (C) a la que se ha de colocar el electrodo (7) en el material de construcción (6) en al menos cincuenta centímetros.

10 En algunas realizaciones, se usan al menos dos imanes (13) para aplicar la varilla (11) en una ubicación deseada, en donde los imanes (13) se unen a la varilla (11), y en donde los imanes (13) se colocan en una parte de acero (2, 5), por ejemplo, una parte de acero de una conexión mecánica.

En algunas realizaciones, ambos imanes (13) están separados uno de otro al menos 40 centímetros, preferiblemente 10 centímetros.

15 En algunas realizaciones, la conexión quebradiza se quiebra o se rompe rotando la varilla (11).

En algunas realizaciones, se unen múltiples electrodos (7) a una única varilla (11).

En algunas realizaciones, se revisten múltiples electrodos en el material de construcción durante el proceso de revestimiento de los electrodos (7) con el material de construcción, formando por ello electrodos revestidos.

20 Fuera del alcance de la invención, la presente especificación también describe un método para monitorizar el estado de los áridos de construcción de soporte de carga, en donde el método usa un primer electrodo inerte (10') situado en el árido de construcción y o bien un componente de acero (4', 6') que está dentro del árido de construcción de soporte de carga o bien que está situado en sus inmediaciones, o un segundo electrodo inerte (10') que está situado en un árido de construcción de soporte de carga, en donde los electrodos inertes (10') y el componente de acero (4', 6') son conectables eléctricamente, formando por ello un circuito (12'), en donde el método comprende los siguientes pasos:

25

- aplicar una señal de corriente o de potencial variable en el circuito (12'); y
- medir respectivamente la señal de potencial o de corriente resultante en el circuito (12').

30 Según la presente especificación, el método para monitorizar el estado de los áridos de construcción de soporte de carga descritos anteriormente, y que está fuera del alcance de la invención, puede comprender además el paso: determinar o registrar la amplitud de la señal resultante medida, y puede comprender además preferiblemente el paso: registrar la variación de la amplitud de la señal resultante con el tiempo. La señal impuesta puede tener una forma sinusoidal, y la señal impuesta puede tener preferiblemente una amplitud constante.

El método para monitorizar el estado de áridos de construcción de soporte de carga fuera del alcance de la invención puede comprender además los pasos:

- 35
- proporcionar múltiples electrodos inertes situados en un árido de construcción;
  - acoplar eléctricamente los múltiples electrodos inertes con un componente de acero y/o con otro electrodo inerte formando por ello diferentes circuitos;
  - aplicar una señal variable, por ejemplo, un voltaje a los circuitos;
  - medir una señal resultante, por ejemplo, una corriente, en los circuitos;
- 40
- extraer la ubicación del daño del árido de construcción a partir de las señales resultantes medidas en los circuitos.

Los electrodos inertes (10') pueden estar hechos de titanio y/o los electrodos inertes (10') se pueden recubrir con un óxido de metal mezclado o platino.

45 Se puede usar una unidad lógica (11') que se conecta eléctricamente a los electrodos inertes (10') y al componente de acero (4', 6'), en donde la unidad lógica (11') realiza la conexión eléctrica entre el primer electrodo inerte (10') y o bien componente de acero (4', 6') o bien el segundo electrodo inerte (10'), y en donde la unidad lógica (11') impone la señal variable en el circuito (12').

Algunas veces, el volumen en donde se aplican los electrodos puede ser una conexión mecánica.

Algunas veces, el material de construcción puede ser hormigón, lechada u hormigón asfáltico. Según la presente especificación, el material de construcción se puede elegir de la lista que consiste en hormigón y lechada.

**Breve descripción de los dibujos**

5 La siguiente descripción de las figuras de las realizaciones específicas de la invención son meramente ejemplares en su naturaleza y no se pretende que limiten las presentes enseñanzas, sus aplicaciones o usos. A lo largo de los dibujos, números de referencia correspondientes indican partes y rasgos similares o correspondientes.

La FIG. 1 es una representación esquemática de una sección de una parte de un aerogenerador que comprende lechada (6) que forma una conexión entre un pilote (2) y una pieza de transición (5).

Las FIG. 2 a 7 presentan diferentes pasos de un método para instalar sensores en la lechada según la invención.

10 La FIG. 8 presenta esquemáticamente una posible aplicación de un método fuera del alcance de la invención descrita en la presente memoria.

La FIG. 9 presenta con más detalle la parte indicada por F2 en la FIG 8.

La FIG. 10 presenta un corte transversal según la línea III-III en la FIG 9.

15 Las FIG. 11 y 12 presentan una aplicación potencial diferente de un método fuera del alcance de la invención descrita en la presente memoria.

Las FIG. 13 y 14 presentan cámaras de turbina (18) en presas (15).

**Descripción detallada de la invención**

20 La presente invención se describirá con respecto a realizaciones particulares, pero la invención no se limita a las mismas sino solamente por las reivindicaciones. Cualquier signo de referencia en las reivindicaciones no se interpretará como que limita del alcance de las mismas.

Como se usa en la presente memoria, las formas singulares “un”, “uno”, “una”, “el” y “la” incluyen referentes tanto en singular como en plural a menos que el contexto lo dicte claramente de otro modo.

25 Los términos “que comprende”, “comprende” y “compuesto de” como se usan en la presente memoria son sinónimos de “que incluye”, “incluye” o “que contiene”, “contiene”, y son inclusivos o abiertos y no excluyen miembros, elementos o pasos de método adicionales no enumerados. Los términos “que comprende”, “comprende” y “compuesto de” cuando se refieren a miembros, elementos o pasos de método enumerados también incluyen realizaciones que “consisten en” dichos miembros, elementos o pasos de método enumerados.

30 Además, los términos primero, segundo, tercero y similares en la descripción y en las reivindicaciones, se usan para distinguir entre elementos similares y no necesariamente para describir un orden secuencial o cronológico, a menos que se especifique. Se ha de entender que los términos así usados son intercambiables bajo las circunstancias apropiadas y que las realizaciones de la invención descritas en la presente memoria son capaces de una operación en otras secuencias distintas de las descritas o ilustradas en la presente memoria.

35 El término “alrededor de” como se usa en la presente memoria cuando se hace referencia a un valor medible tal como un parámetro, una cantidad, una duración temporal y similares, se pretende que abarque variaciones de +/- 10% o menos, preferiblemente +/-5% o menos, más preferiblemente +/-1% o menos, y aún más preferiblemente +/- 0,1% o menos de y del valor especificado, en la medida en que tales variaciones sean apropiadas para realizar en la invención descrita. Se ha de entender que el valor al que se refiere el modificador “alrededor de” se describe en sí mismo también específicamente, y preferiblemente.

40 La enumeración de intervalos numéricos por puntos finales incluye todos los números y fracciones incluidos dentro de los intervalos respectivos, así como los puntos finales enumerados.

45 A menos que se defina de otro modo, todos los términos usados en la descripción de la invención, incluyendo los términos técnicos y científicos, tienen el significado que comúnmente se entiende por un experto ordinario en la técnica a la que pertenece esta invención. Por medio de orientación adicional, se incluyen definiciones para los términos usados en la descripción para apreciar mejor la enseñanza de la presente invención. Los términos o las definiciones usadas en la presente memoria se proporcionan únicamente para ayudar en la comprensión de la invención.

50 La referencia a lo largo de esta especificación a “una realización” significa que un rasgo, estructura o característica particular descrita en conexión con la realización se incluye en al menos una realización de la presente invención. De este modo, las apariciones de la frase “en una realización” en varios lugares a lo largo de esta especificación no todas hacen referencia necesariamente a la misma realización, pero puede. Además, los rasgos, estructuras o características particulares se pueden combinar de cualquier manera adecuada, como sería evidente para una

persona experta en la técnica a partir de esta descripción, en una o más realizaciones. Además, aunque algunas realizaciones descritas en la presente memoria incluyen algunos pero no otros rasgos incluidos en otras realizaciones, las combinaciones de rasgos de diferentes realizaciones están destinadas a estar dentro del alcance de la invención, y forman diferentes realizaciones, como se entendería por esos en la técnica. Por ejemplo, en las siguientes reivindicaciones, cualquiera de las realizaciones reivindicadas se puede usar en cualquier combinación.

Una realización de la presente invención se refiere a un método para colocar un electrodo en la lechada usada en una conexión mecánica, el electrodo que se usa para determinar la condición de la lechada, en donde el método comprende los siguientes pasos:

- incrustar el electrodo en la lechada de manera que el electrodo se cubra con la lechada, en donde una conexión quebradiza tal como un alambre, cuerda o similar está incrustada en la lechada junto con el electrodo, asegurando que la conexión quebradiza esté sobresaliendo al menos parcialmente de la lechada;
- fijar el electrodo revestido de lechada usando la conexión quebradiza a una varilla en la ubicación deseada;
- colocar la varilla con el electrodo unido en la ubicación deseada en el volumen de la conexión mecánica donde se aplicará la lechada;
- aplicar la lechada en la conexión mecánica, por ejemplo, mediante vertido;
- romper o quebrar la conexión quebradiza desplazando o moviendo la varilla con respecto al electrodo;
- retirar la varilla de la lechada.

Una ventaja es que tal método permite colocar el electrodo en la lechada de la conexión mecánica en una posición muy precisa en la medida que el electrodo se coloca en la ubicación deseada usando la varilla a la que se conecta el electrodo antes de que se vierta la lechada. Otra ventaja es que el electrodo se protege durante el vertido de la lechada a través del volumen de lechada en el que estaba incrustado de antemano.

Además, como resultado del método que sigue la invención, solamente la conexión quebradiza tal como el alambre o la cuerda o similar permanecerá en la lechada. Quebrando la conexión quebradiza, la varilla se puede retirar del suelo mientras que el electrodo encapsulado permanece en la lechada. Como la lechada es muy rígida, el electrodo encapsulado no se moverá durante el quebrado de la conexión quebradiza o cuando se retira la varilla. Una conexión quebradiza es una que permanecerá intacta durante la instalación y está diseñada para resistir una cierta fuerza, y que se romperá tras la aplicación de una fuerza por encima de un cierto límite, por ejemplo, tras rotación o desplazamiento.

Limitando el número de objetos que quedan en la lechada, la influencia sobre la resistencia de la lechada se puede mantener al mínimo.

En algunas realizaciones, el electrodo inerte puede tener una forma de malla. Una malla es típicamente un material en forma de lámina dispuesto con un patrón regular de aberturas. Las aberturas se pueden perforar en la lámina, o las aberturas pueden formarse a partir de una disposición entrecruzada de alambres que forman la lámina, por ejemplo, similar a una red. La lámina puede ser plana o estar enrollada en una estructura tal como un cilindro.

Las aberturas pueden tener un ancho máximo de 0,5 mm a 10 cm, preferiblemente el ancho de la abertura está entre 0,5 mm y el 1% de la dimensión más pequeña (ancho, alto o largo) del volumen de lechada en el que se aplican.

La malla puede ser o bien una estructura 2D (plana) o bien una estructura 3D (lámina enrollada o manojo de alambres). El grosor del material de malla (que puede comprender láminas o alambres) debería estar por debajo del 2,5% de la dimensión más pequeña (ancho, alto o largo) del volumen de lechada en el que se aplica.

La malla se conecta preferiblemente a un conductor de cobre aislado que puede funcionar para el acoplamiento operativo con una unidad lógica. En comparación con los electrodos inertes en forma de varilla, los electrodos inertes en forma de malla dimensionada de manera similar generalmente tienen un área de superficie más grande. Esto puede dar como resultado una sensibilidad de medición mejorada. Además, se puede configurar una malla para fallar (quebrarse) a una cierta fuerza de tensión; la rotura de la malla correspondiente a una degradación estructural grave de la lechada, puede conducir a un mayor cambio de señal.

En algunas realizaciones, la malla se conecta al conductor de cobre aislado usando una soldadura por puntos. El conductor de cobre está aislado eléctricamente (el aislamiento eléctrico puede ser similar al aislamiento del cable de alimentación), y después del proceso de soldadura por puntos, la conexión soldada por puntos, así como la parte del cable de cobre donde se retiró el aislamiento, se aíslan eléctricamente de nuevo usando un manguito termorretráctil. El manguito termorretráctil puede comprender un relleno termoplástico que se coloca sobre esta parte de la combinación electrodo-cable. Preferiblemente, el cable de cobre solamente sirve para transferir señales eléctricas y no tiene ninguna función mecánica con relación al electrodo.

Preferiblemente, la varilla se coloca de manera que al menos una parte de la varilla sobresalga al menos parcialmente por encima del volumen a ser llenado con lechada. La longitud de la varilla es preferiblemente 50 centímetros más larga que la profundidad a la que se coloca el electrodo en la lechada.

5 Esto permite retirar la varilla de la lechada por medio de la parte de la varilla que sobresale de la lechada. Además, esto permitirá mantener la varilla en la posición deseada uniendo la varilla a un componente de la conexión mecánica.

10 Preferiblemente al menos dos imanes conectados a la varilla se usan para situar la varilla en la posición deseada. Preferiblemente, los imanes se colocan en una parte de acero de la conexión mecánica. Los imanes permanecen conectados a este componente de acero a través de fuerzas magnéticas. En particular, los imanes se conectan a la varilla en la parte sobresaliente de la varilla de manera que los imanes no se sitúen en el volumen de la conexión mecánica que se llenará con lechada. Alternativamente, se pueden usar mordazas u otros métodos de contacto temporal en lugar de imanes. Por ejemplo, la varilla se puede sujetar a una barra de refuerzo o similar.

En una realización práctica, uno o múltiples electrodos se unen a una varilla única y/o múltiples electrodos se colocan en el volumen de la conexión mecánica donde se aplicará la lechada.

15 Esto tiene como ventaja que los electrodos se pueden colocar en diferentes ubicaciones y en diferentes alturas. Esto permitirá controlar todo el volumen de la lechada usando estos electrodos.

Con el objetivo de ilustrar mejor las características de la invención, la siguiente es una descripción de una serie de aplicaciones preferidas del método para aplicar un electrodo en la lechada usada en una conexión mecánica según la invención. Estos ejemplos no tienen carácter limitante. La descripción se refiere a las figuras añadidas, en donde:

- 20
- La FIG. 1 es una representación esquemática de una sección de una parte de un aerogenerador;
  - Las FIG. 2 a 7 presentan esquemáticamente los pasos posteriores del método según la invención.

La FIG. 1 presenta esquemáticamente una sección de una parte de un aerogenerador 1.

No obstante, es obvio que la invención no se limita a esta aplicación. El método según la invención se puede aplicar en todo tipo de conexiones mecánicas donde se aplica lechada.

25 En la FIG. 1 se presenta el pilote 2 que es un denominado monopilote usado para anclar un aerogenerador 1 al fondo del mar, en donde el pilote sobresale parcialmente del fondo del mar 3.

30 Una denominada pieza de transición 5 se coloca sobre esta parte sobresaliente 4. Alternativamente, también es posible que la pieza de transición 5 se coloque en el pilote 2. Esta pieza de transición 5 a su vez se conecta o es parte del aerogenerador 1. El pilote 2 y la pieza de transición 5 están hechos de acero. El diámetro interno A de la pieza de transición 5 es mayor que el diámetro externo B del pilote 2. El volumen entre el pilote 2 y la pieza de transición 5 se llena con la lechada 6. La lechada 6 realiza una conexión mecánica entre el pilote 2 y la pieza de transición 5, de manera que el aerogenerador 1 se conecte sólidamente al pilote 2 y, de este modo, al fondo del mar 3.

35 También es posible realizar la conexión mecánica entre el pilote 2 y la pieza de transición 5 usando pernos o similares en una denominada conexión rebordeada. La lechada 6 se aplica alrededor del rebordeado, formando por ello la denominada "falda de lechada". La "falda de lechada" proporciona estabilización mecánica, sellado y control de corrosión.

40 La lechada 6 comprende los electrodos 7. Estos electrodos 7 están hechos, en este caso, aunque no necesariamente, de una malla de titanio recubierta con una capa de óxido de metal mezclado (MMO) o platino. La malla se conecta eléctricamente a un conductor de cobre aislado. En comparación con los electrodos en forma de varilla, los electrodos en forma de malla dimensionada de manera similar generalmente tienen un área de superficie más grande. Esto podría dar como resultado una sensibilidad de medición mejorada.

45 Preferiblemente, las aberturas de la malla tienen un ancho máximo de 0,5 mm a 10 cm, idealmente el tamaño está entre 0,5 mm y el 1% de la dimensión más pequeña (ancho, alto o largo) del volumen de lechada en el que se aplica.

Los electrodos 7 se conectan a un cable eléctrico 8 o similar para permitir la conexión de los electrodos 7 a una unidad lógica (no presente en la figura). La unidad lógica impone una señal de corriente o de potencial entre los electrodos 7 o entre un electrodo 7 y el pilote 2 o la pieza de transición 5.

50 En base a la señal resultante medida usando la unidad lógica, se puede establecer si ocurrió o no una degradación mecánica en la lechada. La degradación puede comprender microgrietas, grietas, fisuras, huecos, entrada de agua, corrosión del acero, pero también desprendimiento o descohesión entre la lechada 6 y el pilote 2 o la pieza de transición 5.

Los electrodos usados son relativamente vulnerables, haciendo difícil aplicarlos en una lechada 6 que típicamente es muy resistente y viscosa antes del fraguado. Una forma correcta y precisa de colocar los electrodos 7 es muy importante para obtener buenos resultados de medición, para monitorizar correctamente el estado de la lechada 6. Un método descrito en la presente memoria permitirá realizar esto.

5 Las FIG. 2 a 7 presentan diferentes pasos de un método según la invención.

En un primer paso, el electrodo 7 se encapsula en la lechada 6 de manera que el electrodo 7 se recubra con la lechada 6. Esto se puede hacer usando un molde o similar en donde el electrodo 7 se aplica junto con una cantidad dada de la lechada 6.

10 Al mismo tiempo, una cuerda 9, un alambre o similar (es decir, la conexión quebradiza) se incrusta parcialmente en la lechada 6 también, de manera que el alambre esté sobresaliendo al menos parcialmente de la lechada 6.

15 Preferiblemente, al menos un extremo del alambre 9 se extiende al menos cinco centímetros desde la lechada 6 del electrodo incrustado. En el presente caso, se usa un alambre 9 hecho de 5 de nailon. En el presente caso, aunque no es esencial, la forma del electrodo incrustado es cilíndrica. La forma también puede depender de la forma del electrodo. También es posible incrustar múltiples electrodos 7 juntos en la lechada 6, donde la forma final, por ejemplo, puede ser un cilindro más largo en comparación con el caso donde solamente se incrusta 1 electrodo 7.

En un siguiente paso, el electrodo incrustado revestido con lechada 10 se une a una varilla 11 en la ubicación deseada usando un alambre 9. Preferiblemente, la varilla 11 tiene un diámetro de alrededor de ocho milímetros. En el presente ejemplo, la varilla 11 está hecha de acero inoxidable.

20 Debido a que al menos un extremo del alambre 9 sobresale al menos 5 centímetros de la lechada 6, la unión del electrodo encapsulado 10 a la varilla 11 en una ubicación deseada se puede hacer fácilmente envolviendo el alambre 9 alrededor de la varilla 11, y posteriormente atando el alambre 9 en un nudo. Un planteamiento alternativo puede emplear pequeños agujeros perforados a través de la varilla (en una dirección perpendicular a su eje X-X') a través de los cuales los alambres se pueden alimentar y conectar usando un nudo o un método alternativo tal como una junta de fusión.

25 Siguiendo este planteamiento, múltiples electrodos 10 incrustados se pueden conectar a la varilla 11, en donde los electrodos 7 se sitúan en diferentes ubicaciones a lo largo de la longitud de la varilla 11. En el ejemplo presentado en las figuras, dos electrodos incrustados 10 se conectan a la varilla 11.

Posteriormente, la varilla 11, con los electrodos unidos 7, se coloca en la ubicación deseada en el volumen 12 de la conexión mecánica en donde se situará la lechada.

30 Esto se presenta en las FIG. 2 y 3. Como se puede ver en estas figuras, los cables eléctricos 8 de los electrodos 7 se mantienen apuntando hacia arriba de manera que puedan moverse libremente cuando se vierte la lechada 6.

Se usan dos imanes 13 en este ejemplo, en donde los imanes se conectan a la varilla 11 por medio de un conector en forma de L o en forma de codo.

35 Usando los imanes 13, la varilla 11 se fija a la pared interna de la pieza de transición 5. Esto incluye tener cuidado de que los electrodos 7 se coloquen en la ubicación y profundidad deseadas.

Un método alternativo es usar un único imán que tiene dos o más puntos de conexión. Preferiblemente, la fuerza de tracción del uno o más imanes es suficiente para mantener la barra en su lugar durante el vertido de los áridos de construcción, tales como lechada u hormigón.

40 Preferiblemente, la distancia entre ambos puntos de fijación (es decir, la distancia entre dos imanes, dos puntos en el mismo imán, o una o más mordazas que tienen 2 o más puntos de fijación) se selecciona en base a la rigidez y a la longitud de la varilla usada. Preferiblemente, la cantidad de puntos de fijación se elige para limitar el desplazamiento lateral de los electrodos conectados a la varilla durante el vertido de árido de construcción por debajo de un umbral preestablecido. El umbral preestablecido se puede seleccionar ventajosamente en base a los requisitos de aplicaciones específicas.

45 Como puede derivar claramente a partir de las FIG. 2 y 3, la longitud de la varilla 11 excede la profundidad C a la cual el electrodo inferior 7 se ha de colocar en la lechada 6. Como resultado, la varilla 11 sobresale al menos parcialmente del volumen 12 donde se aplicará la lechada.

50 La longitud de la varilla 11 excede preferiblemente esta profundidad C en al menos 50 cm. Esto permitirá tener ambos imanes 13 separados al menos 40 cm, preferiblemente 10 centímetros. Esto permitirá evitar un desplazamiento lateral de la varilla 11, por ejemplo, como resultado de las fuerzas que pueden estar presentes durante el vertido de la lechada.

Está claro que los electrodos 7 se pueden colocar más lejos o más cerca con respecto a la pared interna eligiendo las dimensiones apropiadas para el conector en forma de L 14.

Está claro que diferentes varillas 11 se pueden colocar en diferentes ubicaciones, por ejemplo, a lo largo de toda la pared interna de la pieza de transición 5 con una separación regular.

Además, está claro que los imanes 13 se pueden fijar también a la pared externa del pilote 4.

5 Este principio permitirá colocar la cantidad deseada de electrodos 7 con mucha precisión en la ubicación deseada. La combinación del uso de múltiples electrodos 7 en una única varilla 11, la aplicación de múltiples varillas 11 y el uso de múltiples dimensiones para los conectores en forma de L 14 permitirá situar un electrodo 7 en cualquier posición en la lechada 7.

10 En el siguiente paso, la lechada 7 se aplica, por ejemplo, vertiendo. Esto se presenta en las FIG. 4 y 5. Como se puede ver en estas figuras, los electrodos incrustados 10 y la varilla 11 se revestirán con lechada 6. La parte superior de la varilla 11 y los imanes 13 con los conectores en forma de L 14 se sitúan por encima de la conexión mecánica de manera que se sitúen por encima de la lechada 6. En el siguiente paso, el alambre 9 se quiebra moviendo o desplazando la varilla 11 con respecto al electrodo incrustado 10. Esto se presenta en la FIG. 6 en donde los imanes 13 y el conector en forma de L 14 ya fueron retirados.

15 La rotura del alambre 9 se puede realizar girando la varilla 11 alrededor de su eje X-X'. Como la lechada 6 es muy rígida y viscosa, el electrodo incrustado 10 no se moverá. A su vez, el alambre 9 se romperá. Como se usa comúnmente un alambre 9 de nailon débil, esto es relativamente sencillo. Posteriormente, la varilla 11 se puede retirar de la lechada 6 tirando de ella verticalmente hacia arriba. Esto se presenta en la FIG. 7.

20 Estos 2 últimos pasos se ejecutan preferiblemente después de verter la lechada 6 pero antes de que la lechada se haya fraguado para asegurar que la varilla 11 se pueda retirar de la lechada 6 de una manera relativamente sencilla. Esto permite colocar los electrodos en la ubicación deseada de manera muy precisa, al tiempo que se asegura que casi no queden cuerpos extraños en la lechada 6. De hecho, aparte del electrodo 7, solamente queda la conexión quebradiza, tal como el alambre 9, en la lechada 6. Esto tiene como ventaja que la integridad de la lechada 6 se mantiene al máximo. La presente invención no se limita de ninguna forma a los ejemplos dados ni a las realizaciones presentadas en las figuras.

25 En algunas realizaciones, el método se puede aplicar a diversos áridos de construcción tales como hormigón, lechada u hormigón asfáltico. Los áridos se pueden fraguar, es decir, se endurecen con el tiempo. En particular, el método se puede aplicar a áridos de construcción que se fraguan, estructurales o de soporte de carga. En particular, el método se puede aplicar a áridos de construcción después de 21 días de fraguado. Además, el método se puede aplicar a diversas estructuras de construcción tales como conexiones enlechadas, cimientos, carreteras, pistas, presas, etc.

30 Fuera del alcance de la invención, la presente especificación describe un método para verificar o monitorizar el estado de la lechada usada en las conexiones mecánicas, en donde el método usa un primer electrodo inerte situado dentro de la lechada y un componente de acero que es parte de la conexión mecánica o se sitúa en su proximidad o un segundo electrodo inerte situado en la lechada, en donde los electrodos inertes y el componente de acero se pueden conectar entre sí para generar un circuito eléctrico, en donde el método comprende los siguientes pasos:

- imponer una señal de corriente o de potencial variable con el tiempo en el circuito; y
- medir la señal de potencial o de corriente resultante en el circuito, respectivamente.

40 Una ventaja es que el método fuera del alcance de la invención permite la verificación del estado de la lechada que se puede derivar de la señal resultante. En base a la señal resultante, se puede determinar si están presentes microgrietas o grietas en la lechada, y/o si ocurrió una descohesión entre la lechada y la pared (de acero).

Tal método fuera del alcance de la invención permite un seguimiento o monitorización continuo (en tiempo real) de la condición de la lechada. Además, los electrodos inertes se pueden instalar fácilmente en la lechada y pueden ser más baratos, más fuertes y más robustos en comparación con las fibras ópticas.

45 Según la presente especificación, el electrodo inerte puede tener una forma de malla. Una malla es típicamente un material de tipo lámina dispuesto con un patrón regular de aberturas. Las aberturas se pueden perforar en la lámina, o las aberturas pueden formarse a partir de una disposición entrecruzada de alambres que forman la lámina, por ejemplo, similar a una red. La lámina puede ser plana o estar enrollada en una estructura tal como un cilindro.

50 Preferiblemente, el método fuera del alcance de la invención también comprende el proceso de determinar o registrar la amplitud de la señal resultante medida. Además, el método incluye preferiblemente determinar o registrar la variación en el tiempo de la amplitud de la señal resultante. En base a la amplitud y al cambio con el tiempo de la misma, puede permitirse determinar qué tipo de daño o degradación ha ocurrido, y en qué medida ha ocurrido el daño o la degradación. Esto puede permitir determinar qué pasos se requieren para limitar el daño o la degradación o para resolver el daño o la degradación que ocurrió.

El método fuera del alcance de la invención se puede adaptar para detectar la porosidad en materiales de tipo lechada o áridos de construcción, tales como lechada, hormigón, mortero, etc. Más específicamente, la porosidad de los áridos de construcción influye en su conductividad, la cual se puede medir usando los métodos descritos en la presente memoria. En condiciones secas, una mayor porosidad dará como resultado una mayor resistividad, mientras que en condiciones húmedas será cierto lo inverso: una mayor porosidad dará como resultado una mayor conductividad a medida que el agua llene los poros.

Además, la humedad y la temperatura también influyen en la conductividad de los áridos de construcción. Por lo tanto, los métodos descritos en la presente memoria se pueden aplicar para monitorizar la humedad y/o la temperatura de los áridos de construcción.

El método fuera del alcance de la invención se puede adaptar para determinar el lavado de la lechada. El lavado de la lechada puede ocurrir en el contexto de aerogeneradores en alta mar. Con referencia a la Fig. 7, la parte inferior de la lechada estará expuesta al agua de mar durante períodos de tiempo significativos. Las condiciones en alta mar pueden ser muy desafiantes y pueden incluir ciclos de congelación y descongelación, y la actividad de mareas y de olas. Como la parte inferior de la conexión enlechada no siempre está suficientemente sellada del entorno exterior, el lado inferior de la lechada puede interactuar con esas influencias externas. Esto puede dar como resultado una pérdida gradual o repentina de partes de la lechada debida, por ejemplo, a agrietamiento o pulverización progresiva. En el caso de la Fig. 7, la lechada situada en la parte inferior de la conexión se retirará de la conexión. A medida que este proceso progresa, alcanzará la ubicación del electrodo inferior 10. Esto dará como resultado un cambio repentino en la conductividad medida por este electrodo. Esto permite identificar el "lavado" de la lechada y su progreso. Preferiblemente, el electrodo de lechada inferior se instala a un nivel que es más bajo en comparación con el nivel crítico de cobertura de lechada de manera que se puedan tomar medidas correctivas (volver a enlechar, agregar soportes adicionales...) antes de que la estabilidad general de la estructura se vea afectada.

En un ejemplo práctico, se usa una unidad lógica, en donde la unidad lógica está conectada eléctricamente con los electrodos inertes y con el componente de acero, en donde la unidad lógica proporciona la conexión eléctrica entre el primer electrodo inerte y o bien el componente de acero o bien el segundo electrodo inerte, y en donde la unidad lógica impone la señal variable con el tiempo en el circuito. En otras palabras, la unidad lógica puede proporcionarse la implementación práctica del método. Una ventaja de tal unidad lógica es que se puede fraguar o sintonizar de antemano, es decir, antes de la instalación del sensor en la lechada, o desde una ubicación remota.

El término "sintonizado" como se hace referencia en la presente memoria se refiere a establecer la amplitud de señal y/o proporcionar valores de umbral por encima o por debajo de los cuales se emitirá una alarma.

El tratamiento adicional de los datos, tal como el almacenamiento de la señal resultante, la determinación de la amplitud y la evolución de la amplitud también se puede realizar a través de la unidad lógica, aunque esto no es esencial. Es posible que la unidad lógica transmita la señal medida a una unidad de tratamiento que no está situada necesariamente en las inmediaciones de la construcción bajo investigación. Además, la interpretación de los datos, es decir, determinar si el daño está presente o no y, si está presente, dónde se sitúa el daño en base a la amplitud y/o la variación de la misma, se puede realizar dentro de la unidad lógica o usando una unidad de tratamiento.

Preferiblemente, se pueden situar múltiples electrodos inertes en la lechada, cada uno de los cuales se puede conectar a la estructura de acero o a otro electrodo inerte para formar diferentes circuitos; en donde se puede aplicar una señal variable en cada uno de los circuitos.

Esto tiene la ventaja de que la señal resultante en los diferentes circuitos se puede comparar y, en base a esta comparación, se pueden determinar la orientación, la ubicación y el progreso de un daño tal como grietas y microgrietas. De esta forma, no solamente se puede detectar la presencia del daño o de la degradación, sino también su ubicación. Además, esto permite determinar la evolución del daño, es decir, la dirección y la velocidad a la que progresa. Esto se puede lograr a través de comparar la variación de la amplitud de las diferentes señales resultantes.

Se observa que el presente método fuera del alcance de la invención es aplicable a la lechada de soporte de carga. Ventajosamente no se usa para monitorizar el proceso de fraguado, sino para monitorizar los cambios estructurales en la lechada que surgen una vez que soporta una carga. Se aprecia en la técnica que la lechada puede llegar a ser un soporte de carga después de alrededor de 21 días de fraguado. Como regla general, alcanzará alrededor del 70% de su resistencia 21 días después del fraguado. La lechada continúa fraguando con el tiempo, el proceso de fraguado dura de meses a años, logrando un 90%, 95% o 100% del fraguado.

Lo siguiente presenta, como ejemplo del método para examinar el estado de la lechada usada en una conexión mecánica fuera del alcance de la invención, en donde:

La FIG. 8 presenta esquemáticamente una posible aplicación del método descrito en la presente memoria;

La FIG. 9 presenta con más detalle la parte indicada por F2 en la FIG. 8;

La FIG. 10 presenta un corte transversal según la línea III-III en la FIG. 9;

Las FIG. 11 y 12 presentan una aplicación potencial diferente del método descrito en la presente memoria.

La FIG. 8 muestra una representación esquemática de la parte inferior de un aerogenerador en alta mar 1' situado en el mar 2'. El aerogenerador 1' se conecta al fondo del mar 3' usando un pilote 4', un denominado 'monopilote'. Este pilote 4' se ancla en el fondo del mar en donde la parte superior 5' sobresale por encima del fondo del mar. Una denominada pieza de transición 6' se coloca sobre esta parte superior 5'. La pieza de transición 6' se conecta a o es parte del aerogenerador 1', que contiene una plataforma de trabajo 7' que es accesible usando una plataforma de aterrizaje 8'. El pilote 4' y la pieza de transición 6' están hechos de acero. El diámetro interno A' de la pieza de transición 6 es mayor que el diámetro externo B' del pilote 4'.

El espacio entre el pilote 4' y la pieza de transición 6' se llena con la lechada 9'. Esto se representa esquemáticamente en la FIG. 9. La lechada 9' realizará una conexión mecánica entre el pilote 4' y la pieza de transición 6', de manera que el aerogenerador 1' se ancle sólidamente al pilote 4', y, por tanto, al fondo del mar 3'. También es posible realizar la conexión mecánica entre el pilote 4' y la pieza de transición 6' usando pernos u objetos similares a través de una denominada conexión rebordeada. Alrededor de este reborde se aplicará una cantidad de lechada, la 'falda de lechada'. Esta 'falda de lechada' proporcionará estabilidad mecánica, pero también sellado y control de corrosión. En la lechada 9' se aplica una serie de electrodos inertes 10'. Estos se instalan preferiblemente durante el vertido de la lechada 9' en el volumen indicado anteriormente. Estos electrodos inertes 10' están hechos, en este caso, de titanio. Además, estos electrodos de titanio 10' se recubren con un óxido metálico mezclado. También es posible que los electrodos se recubran con platino.

Como los electrodos 10' se hacen de un material casi inerte, se supone que el potencial electroquímico de los electrodos 10' no evoluciona con el tiempo que resulta de la interacción con el material circundante, en este caso la lechada 9'. Además, los electrodos no se degradarán a través de corrosión y mucho más.

Estos electrodos inertes 10', en este caso, se distribuyen uniformemente sobre el volumen de la lechada 9'. Esto se puede ver en las FIG. 9 y 10. También es posible que los electrodos inertes 10' se concentren en una ubicación específica en la lechada 9', por ejemplo, donde se han de esperar cantidades significativas de degradación o daño. Otra posibilidad es que solamente un electrodo 10' se sitúe en la lechada 9', preferiblemente en una ubicación que sea sensible a la posible degradación o daño. Tal planteamiento se puede adoptar cuando se ha de monitorizar una cantidad relativamente alta de conexiones basadas en la lechada 9'. Todos los electrodos inertes 10' se conectan eléctricamente a una unidad lógica 11', donde también la pieza de transición de acero 6' se conecta eléctricamente a la unidad lógica 11'.

Además de la pieza de transición 6', también es posible que el pilote 4' u otro componente de acero en las inmediaciones de la lechada 9' se conecte eléctricamente a la unidad lógica 11'. La unidad lógica 11' tendrá la opción de conectar eléctricamente la pieza de transición 6' con cualquiera de los electrodos inertes 10', dando como resultado diferentes circuitos eléctricos 12'.

La FIG. 10 muestra un circuito 12' de una forma esquemática usando una línea discontinua. El circuito 12' compuesto de una unidad lógica 11' conectada a un electrodo 10' y a la pieza de transición 6'. Entre la pieza de transición 6' y el electrodo 10' se sitúa la lechada 9', en donde la lechada 9' que se sitúa entre la pieza de transición 6' y el electrodo 10' también es parte del circuito 12' o, por así decirlo, cierra el circuito 10'.

Seleccionando otro electrodo inerte 10', se puede realizar otro circuito 12', en donde otra parte de la lechada 9' será parte de este otro circuito 12'. En este caso, la unidad lógica 11' es capaz de imponer una señal de corriente variable en el circuito 12' resultante. Por tanto, la unidad lógica 11' también contiene una fuente de corriente. Alternativamente, la unidad lógica 11' es capaz de imponer una señal de potencial variable. El método fuera del alcance de la invención para controlar el estado de la lechada 9' es muy simple y puede resumir como tal.

Inicialmente, la unidad lógica 11' conecta eléctricamente la pieza de transición 6' con uno de los electrodos inertes 10', de manera que se genere un circuito eléctrico 12'. La unidad lógica 11' impondrá una señal de corriente variable en el circuito 12'. En otras palabras, la señal de corriente variable se impone entre el electrodo 10' y la pieza de transición 6'. La señal impuesta tiene preferiblemente una forma sinusoidal de la cual la amplitud es preferiblemente constante. La ventaja es que se puede usar corriente alterna estándar. Un método alternativo puede comprender imponer señales de frecuencia múltiple tales como las denominadas señales multisinusoidales. Las señales multisinusoidales comprenden una combinación lineal de ondas sinusoidales. Las amplitudes de las ondas sinusoidales pueden variar. También, las diferentes ondas sinusoidales se pueden desplazar en fase. Además, la señal de múltiples frecuencias puede comprender una convolución de múltiples señales sinusoidales, u otras formas de onda tales como ondas cuadradas, ondas de diente de sierra o formas de onda por modulación de frecuencia. Imponer señales de frecuencia múltiple tiene un efecto beneficioso en el tiempo de medición, así como en el contenido de información de la respuesta de señal.

La señal de corriente impuesta usará el circuito 12', en donde la señal pasará a través de la lechada 9' cuando está pasando desde la pieza de transición 6' hacia el electrodo inerte 10' o viceversa. A través de la ley de Ohm, la señal de corriente generará una señal de potencial en el circuito 12'. Siguiendo la ley de Ohm, la magnitud del potencial es

directamente proporcional a la amplitud de la corriente. En otras palabras, la amplitud del potencial medido depende de la resistencia del circuito 12'.

Esta señal de potencial se mide y, en este caso, se registra en la unidad lógica 11' de manera que los datos estén y permanezcan disponibles en un punto de tiempo posterior. En este caso, la unidad lógica 11' también determinará la amplitud de la señal registrada. La unidad lógica 11' también determinará la variación con el tiempo de la amplitud. En base a estos datos se puede determinar si se incurre o no en daño o degradación por la lechada 9'. De hecho, en caso de que se presenten microgrietas o grietas en la lechada 9 en las inmediaciones del electrodo 10', se modificará la resistencia de la lechada 9' y, de este modo, la resistencia del circuito 12'. Esto tendrá un impacto en la señal de potencial resultante.

Cuando, por ejemplo, la amplitud de la señal de potencial resultante aumenta lentamente durante un período más largo de, por ejemplo, múltiples meses, esto indica la presencia de microgrietas en la lechada 9'. Estas microgrietas aumentan la resistencia de la lechada 9'. Cuando la amplitud disminuye, esto indica una absorción de agua de la lechada 9' en la medida que la absorción de agua disminuirá la resistencia de la lechada. Una amplitud aumentada de la señal de potencial resultante indica una posible grieta en la lechada 9' o una descohesión potencial entre el pilote 4' o la pieza de transición 6' y la lechada. Como la amplitud de la señal de corriente variable (impuesta) es constante, es relativamente simple identificar una disminución de la señal de potencial resultante.

Es posible determinar el daño en base a una interpretación de la variación en la amplitud de la señal de potencial resultante en la unidad lógica 11' en sí misma, pero alternativamente la unidad lógica 11' puede transferir los datos relevantes a un módulo de tratamiento que no esté situado necesariamente en alta mar. La interpretación de los datos se puede realizar en el módulo de tratamiento en sí mismo o a través de expertos o profesionales.

El módulo de tratamiento se puede configurar para generar una señal de alarma o un equivalente cuando se observa daño o una cantidad demasiado grande de daño.

El método fuera del alcance de la invención descrito en la presente memoria permite monitorizar el estado de una lechada 9 en tiempo real, en donde el daño a la lechada se identifica casi inmediatamente. Esto tiene como ventaja que se pueden tomar medidas con mucha antelación, dando como resultado los pasos necesarios, por ejemplo, los trabajos de mantenimiento necesarios.

Como se sitúan múltiples electrodos 10' en la lechada 9', el estado de la lechada 9' se puede verificar en múltiples ubicaciones usando el principio antes mencionado. Preferiblemente, la ubicación de los diferentes electrodos 10' se puede guardar en la unidad lógica 11'. Preferiblemente, se aplica una señal de corriente variable en cada uno de los diferentes circuitos 12', y se registra la señal de potencial resultante. Esto significa que el circuito 12' se rompe después de medir la señal de potencial resultante en el circuito 12' que comprende uno de los electrodos 10' y la pieza de transición 6' y que otro electrodo 10' está conectado a la pieza de transición 6'. Se impone una señal de corriente variable en este nuevo circuito 12' y la señal de potencial resultante se mide y se registra en la unidad lógica 11'. El procedimiento continúa hasta que se hayan cubierto todos los electrodos 10', después de lo cual se puede repetir el procedimiento.

Preferiblemente, se puede imponer la misma señal en cada circuito 12'. Esto tiene como ventaja que la unidad lógica 11' requiere solamente 1 tipo de fuente de corriente y que la interpretación de los datos medidos es más sencilla. Siguiendo este principio, es posible verificar el estado de la lechada 9' cerca de la ubicación de los electrodos 10'.

Comparando la señal resultante de los diferentes circuitos 12', es posible identificar la orientación y el progreso de cualquier daño a medida que la ubicación de los electrodos 10' se retiene en la unidad lógica 11'. Por tanto, se puede determinar el daño, así como su ubicación y progreso.

Aunque el ejemplo presentado anteriormente siempre menciona un circuito 12' generado entre un electrodo 10' y la pieza de transición de acero 6', no se puede excluir que el circuito 12' se realice entre 2' de los electrodos inertes 10'. En ese caso, la unidad lógica 11' realizará, por ejemplo, una conexión eléctrica entre dos electrodos 10' para generar un circuito eléctrico 12'. Este puede ser el caso cuando, por ejemplo, la lechada 9' realiza una conexión mecánica entre partes que no están hechas de un material eléctricamente conductor tal como acero.

Las FIG. 11 y 12 presentan una aplicación alternativa del método descrito en la presente memoria. La especificación describe una construcción en alta mar donde un denominado cimientado de celosía 13' se ancla al fondo del mar usando 4 patas 14' que se pueden colocar sobre 4 pilotes 4'.

Como se puede ver en la FIG. 12, el vacío entre los pilotes 4' y las patas 14' se llena con la lechada 9' para realizar una conexión mecánica fuerte.

Los electrodos inertes 10' se incrustan posteriormente en la lechada 9', por lo que los electrodos se usan para monitorizar el estado de la lechada 9', de manera similar que en el ejemplo descrito anteriormente.

En este caso, el estado de la lechada 9' se controla para cuatro conexiones mecánicas. Esto se puede hacer usando una unidad lógica 11', o usando 4 unidades lógicas 11', una para cada pilote 4'.

Una aplicación alternativa se describe en las FIG. 13 a 14. La aplicación ilustra generadores alimentados por agua incrustados en una estructura de base de hormigón, tal como presas hidroeléctricas o presas 15 usadas para recoger energía de mareas. Estas presas comprenden una estructura de base de hormigón en la que se alojan una o más turbinas. Tal turbina se sitúa en una denominada cámara de turbina 18 que está hecha de acero. La turbina 17 gira durante una gran parte de su vida operativa. Como resultado, la cámara de turbina 18 en la que se sitúa ejerce fuerzas dinámicas sobre el material circundante que comúnmente es un árido de construcción tal como lechada u hormigón. Estas fuerzas dinámicas, junto con la presencia constante de agua y/o humedad, pueden dar como resultado una degradación del material circundante. Esto puede dar como resultado una estabilidad reducida de la turbina 17 en el material circundante 16. Como resultado, el rendimiento de la turbina 17, de este modo, la producción de electricidad se puede influenciar negativamente o pueden llegar a ser requeridas reparaciones. Esto se puede evitar, por ejemplo, modificando los parámetros operativos y/o inyectando el material circundante 16 con una lechada adicional una vez que se detectan grietas u otros daños.

Esta detección se puede realizar usando el método descrito en la presente memoria. Esto se puede lograr distribuyendo un conjunto de electrodos 10 alrededor de la estructura de soporte de acero 18 de la turbina 17. Los electrodos 10 se colocan en el volumen antes de enlechar o echar el hormigón. Aunque no es esencial, los electrodos 10 se pueden distribuir uniformemente alrededor de la circunferencia de la cámara de turbina 18, como se muestra en la FIG. 13.

Por ejemplo, dos conjuntos de electrodos se instalan rodeando la cámara de turbina 18 con el fin de capturar con suficiente detalle la ubicación y el potencial progreso del daño. Esto se muestra en la FIG. 14. Los electrodos 10, así como la cámara de turbina de acero 18, se conectan a la unidad lógica 11. Después de que haya fraguado el árido de construcción, y los sensores estén operativos, una señal de corriente AC se aplica entre los electrodos inertes 10 y la cámara de turbina 18. La respuesta de potencial de AC resultante se registra y se analiza. Esto permite detectar grietas en la lechada o en el hormigón, así como descohesión entre la lechada o el hormigón y el acero. También se puede detectar la absorción de agua o microgrietas. El mismo tipo de señal se puede aplicar también entre 2 electrodos vecinos 10. De nuevo, la señal de respuesta se captura y se trata. En base a la conductividad medida, que se deriva en sí misma de la corriente aplicada y el voltaje medido (o viceversa), se puede elegir uno o más diagnósticos de la lista que comprende: determinar si están presentes o no grietas en el volumen entre ambos electrodos, determinando si están teniendo lugar o no microgrietas en el mismo volumen, y determinando si el contenido de agua está cambiando o no (por ejemplo, a través de la entrada de humedad en el árido de construcción). Evidentemente, las cantidades específicas de electrodos y/o conjuntos de electrodos enumerados en la presente memoria no son limitantes; se pueden usar más o menos electrodos, en base al diseño particular de las construcciones en el contexto de qué electrodos se aplican como se ha descrito en la presente memoria.

Está claro que el método para aplicar un electrodo en un material de construcción que se puede fraguar según la invención, y sus aplicaciones, no se limita a los ejemplos presentados.

En particular, los métodos según la invención se pueden aplicar en conexiones mecánicas que no se sitúan en construcciones en alta mar.

De hecho, el método se puede aplicar virtualmente a cualquier conexión mecánica que se pueda realizar usando la lechada 9'.

En métodos compatibles con la presente invención, un daño se puede localizar comparando la respuesta de sensores en diferentes posiciones y/o mirando la evolución de la respuesta de los diferentes sensores individuales en el tiempo. Si la respuesta (por ejemplo, la amplitud de una señal de corriente o de voltaje) detectada por un único sensor comienza a desviarse en más de un cierto valor predeterminado, por ejemplo, dos por ciento en comparación con los valores obtenidos en un período anterior, y la respuesta de los otros sensores situados en la misma estructura o componente no cambia en más de un cierto valor predeterminado, por ejemplo, dos por ciento, entonces el daño se sitúa en las inmediaciones de este único sensor. Si ahora en una etapa posterior, por ejemplo, 3 días más tarde, la respuesta de amplitud de un sensor vecino comienza a desviarse también en una cantidad mayor que un cierto valor predeterminado, por ejemplo, más del dos por ciento en comparación con los valores registrados anteriormente, entonces la zona dañada se ha extendido y ahora está cubriendo una mayor parte del volumen de la estructura o del componente. Evidentemente, este procedimiento se puede aplicar cambiando lo que se deba de cambiar a sensores adicionales situados en el árido de construcción.

En algunas realizaciones, el método se puede aplicar a diversos áridos de construcción tales como hormigón, lechada u hormigón asfáltico. Los áridos se pueden fraguar, es decir, se endurecen con el tiempo. En particular, el método se puede aplicar a áridos de construcción que se fraguan, estructurales o de soporte de carga. En particular, el método se puede aplicar a áridos de construcción después de 21 días de fraguado. Además, el método se puede aplicar a diversas estructuras de construcción, tales como conexiones enlechadas, cimientos, carreteras, pistas, presas, etc.

Se observa que el método de monitorización fuera del alcance de la invención descrita en la presente memoria se puede aplicar a electrodos instalados usando el método de instalación según la invención descrita en la presente memoria.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para colocar un electrodo (7) en un material de construcción (6) que se puede fraguar, en donde el electrodo (7) se usa para determinar la condición del material de construcción (6), que comprende los siguientes pasos:
- 5       - incrustar el electrodo (7) en el material de construcción (6) de manera que el electrodo (7) esté revestido con el material de construcción (6), formando por ello un electrodo revestido (10), en donde una conexión quebradiza (9) está parcialmente incrustada adicionalmente en dicho material de construcción (6) de manera que la conexión quebradiza sobresalga al menos parcialmente de la carcasa del electrodo revestido dicha conexión quebradiza que es un alambre o cuerda o similar que permanecerán intactos durante la instalación y que están diseñados para quebrarse tras la aplicación de una fuerza por encima de un cierto límite;
- 10       - conectar el electrodo revestido (10) usando la conexión quebradiza a una varilla (11);
- colocar la varilla (11) con el electrodo revestido (10) en una ubicación deseada en un volumen (12) donde se aplicará el material de construcción (6);
- aplicar el material de construcción (6) en el volumen (12), por ejemplo, a través de vertido;
- 15       - quebrar o romper la conexión quebradiza moviendo o desplazando la varilla (11) con respecto al electrodo (7);
- retirar la varilla (11) del material de construcción (6).
2. El método según la reivindicación 1, en donde la varilla (11) se coloca para sobresalir al menos parcialmente por encima del volumen mencionado anteriormente cuando se coloca la varilla (11), en donde, preferiblemente, la longitud de la varilla (11) excede la profundidad (C) en la que el electrodo (7) se ha de colocar en el material de construcción (6) en al menos cincuenta centímetros.
- 20       3. El método según la reivindicación 1 o 2, en donde, para aplicar la varilla (11) en una ubicación deseada, se usan al menos dos imanes (13), en donde los imanes (13) se unen a la varilla (11), y en donde los imanes (13) se colocan en una parte de acero (2, 5), por ejemplo, una parte de acero de una conexión mecánica.
- 25       4. El método según la reivindicación 3, en donde ambos imanes (13) están separados uno de otro al menos 10 centímetros.
5. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la conexión quebradiza se quiebra o se rompe girando la varilla (11).
6. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde múltiples electrodos (7) se unen a una varilla simple (11).
- 30       7. El método según la reivindicación 6, en donde durante el proceso de revestido de los electrodos (7) con el material de construcción, se encierran múltiples electrodos en el material de construcción, formando por ello electrodos revestidos.
8. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde el material de construcción es hormigón, lechada u hormigón asfáltico.

35

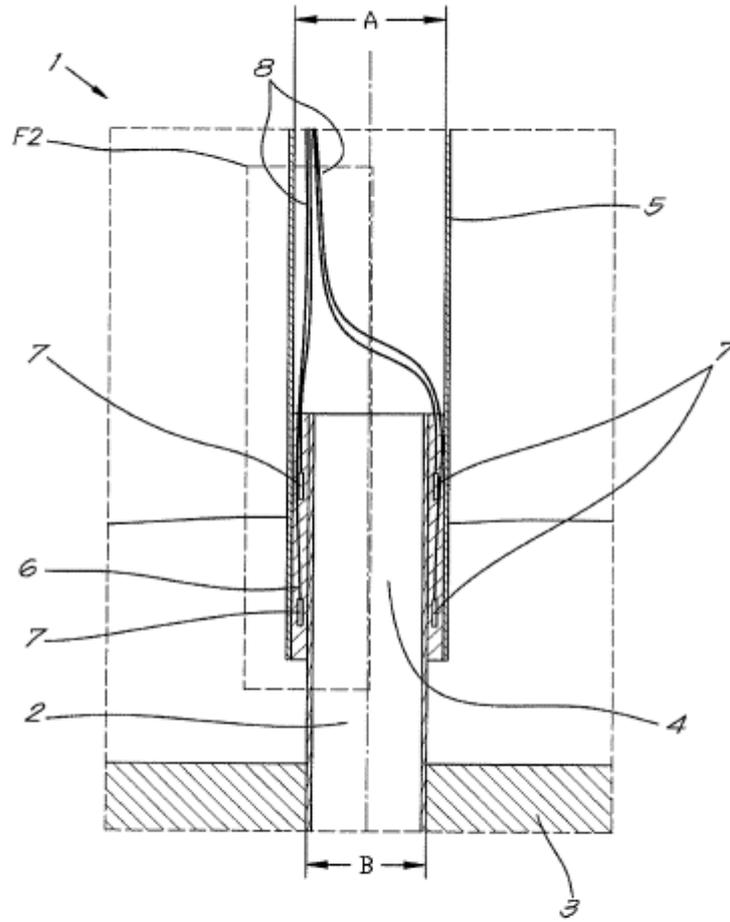


FIG. 1

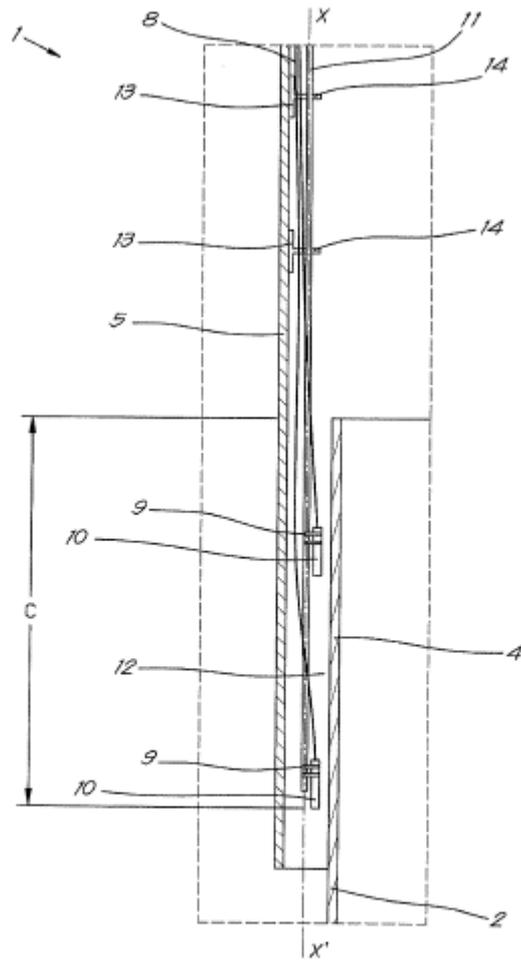


FIG. 2

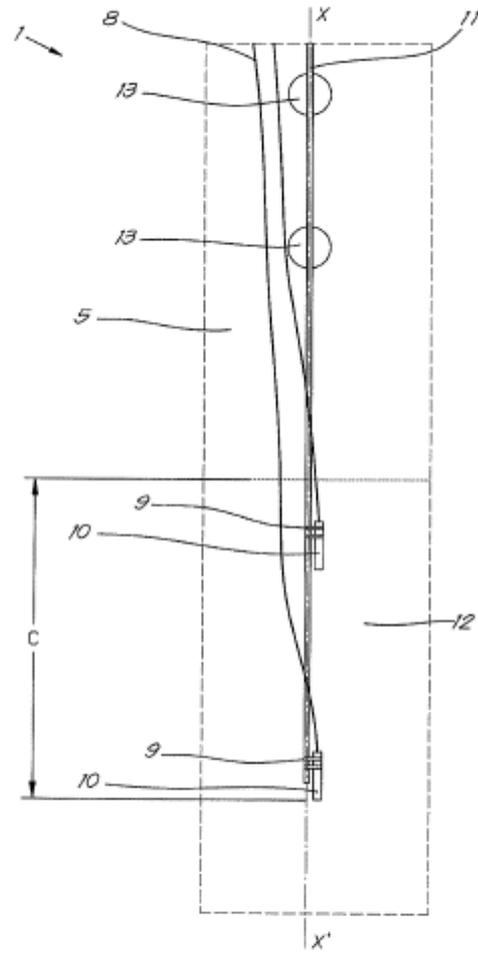


FIG. 3

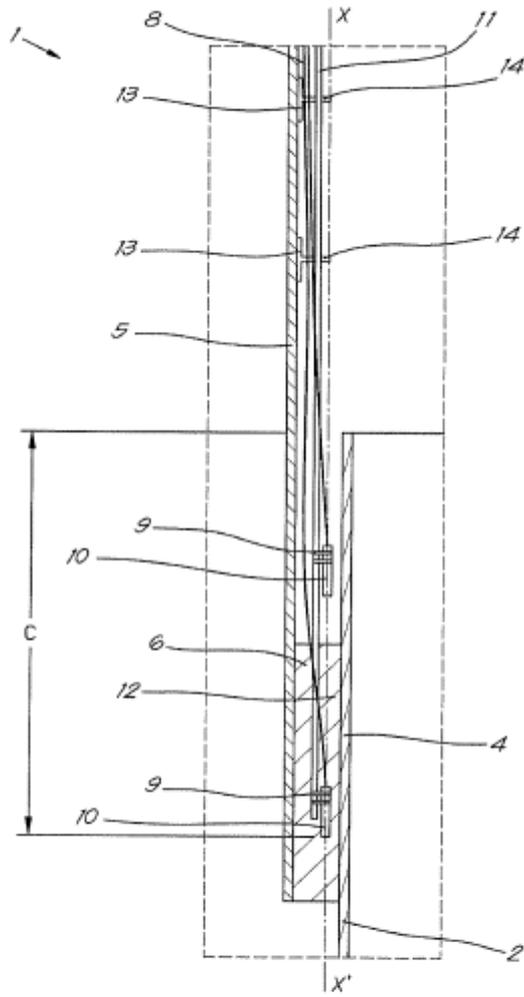


FIG. 4

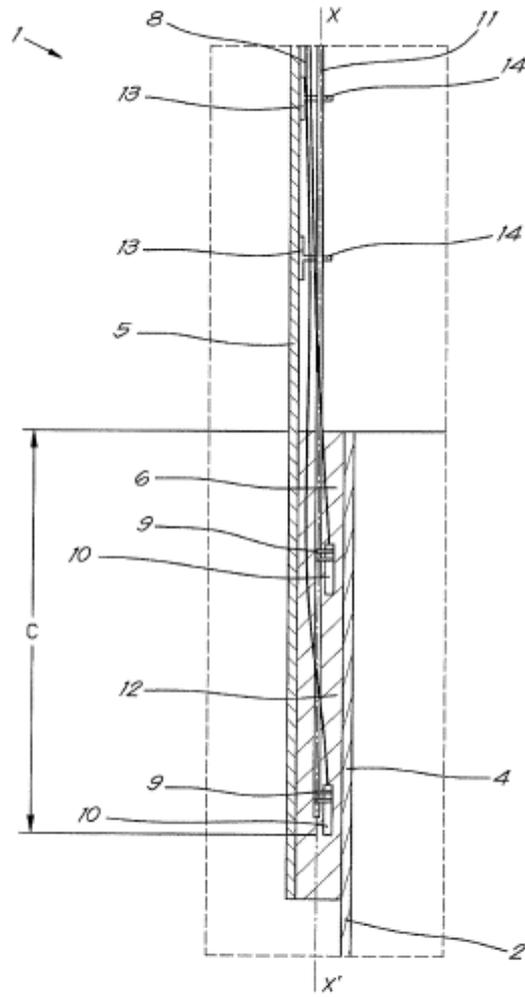


FIG. 5

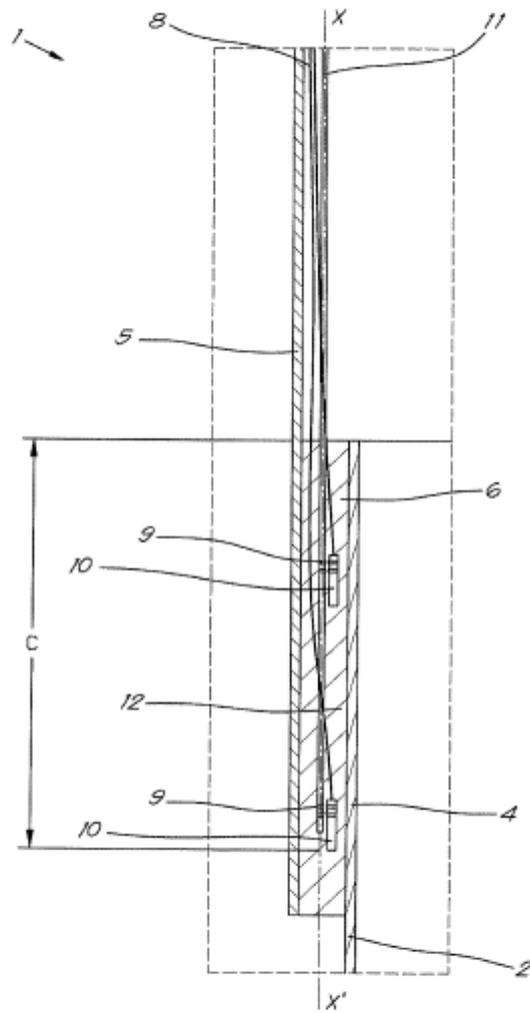


FIG. 6

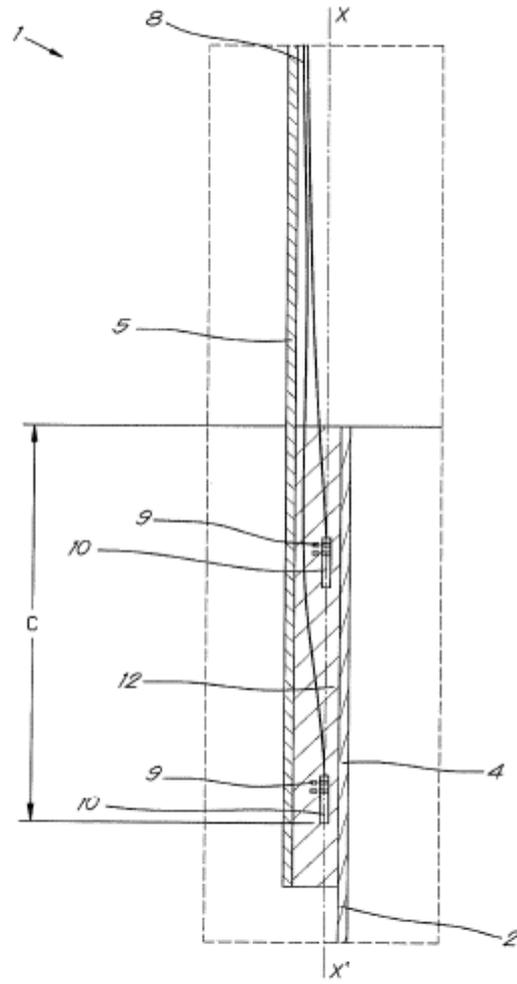


FIG. 7.

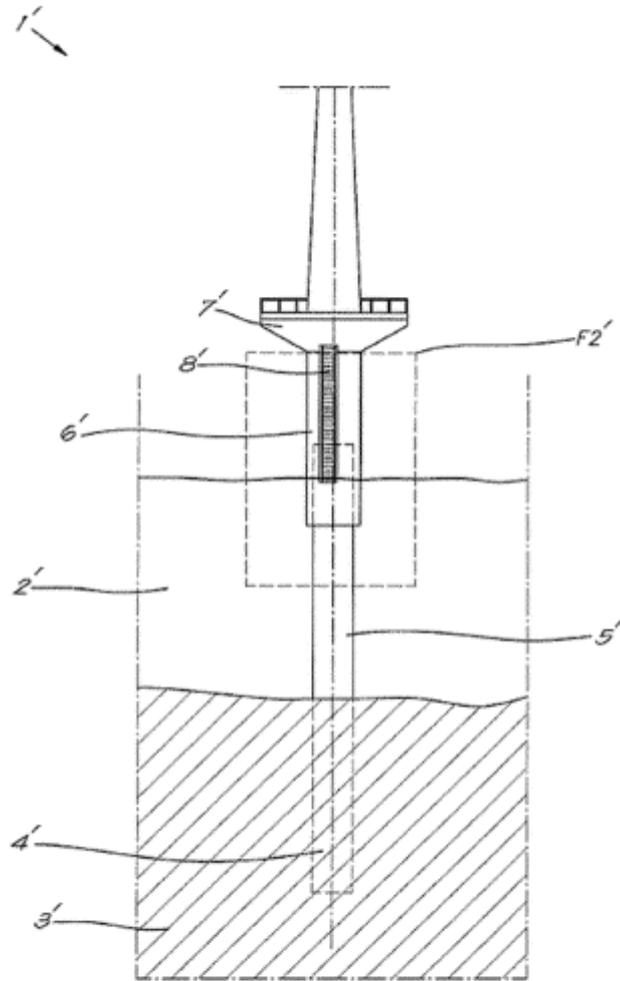


FIG. 8

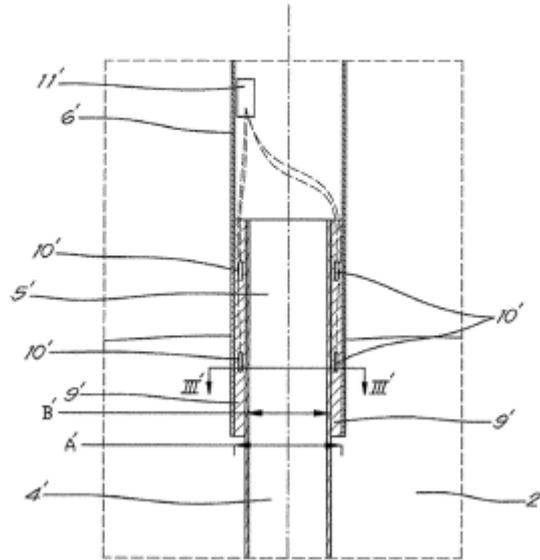


FIG. 9

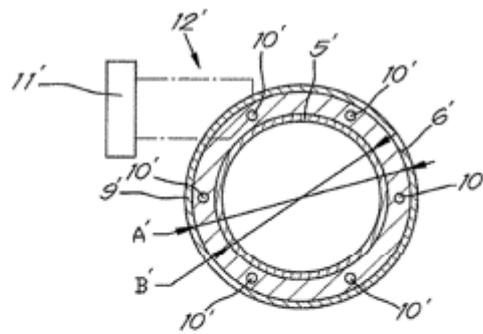


FIG. 10

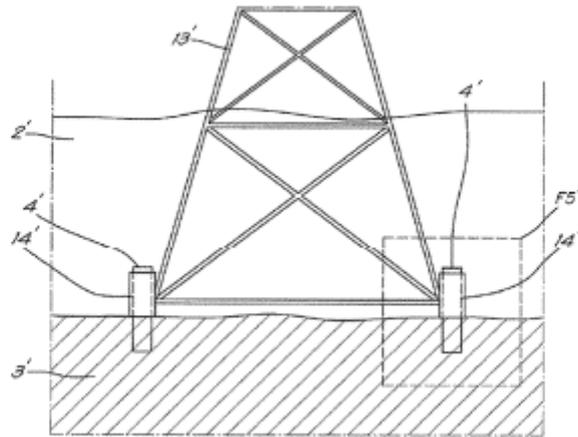


FIG. 11

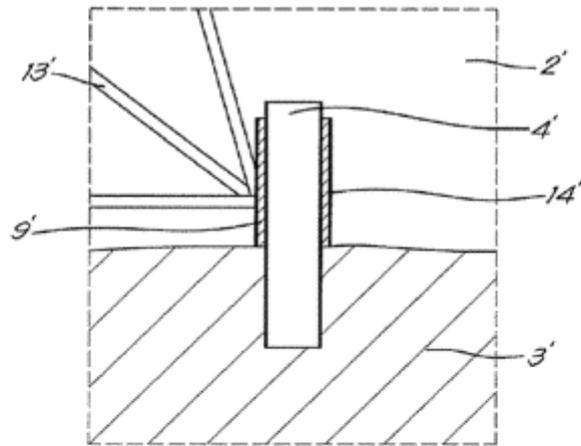


FIG. 12

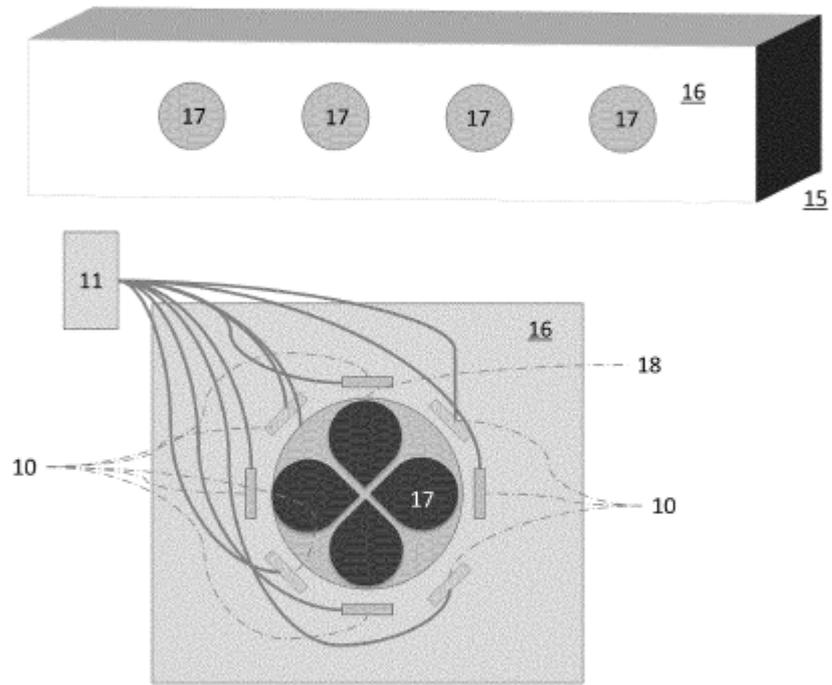


FIG. 13

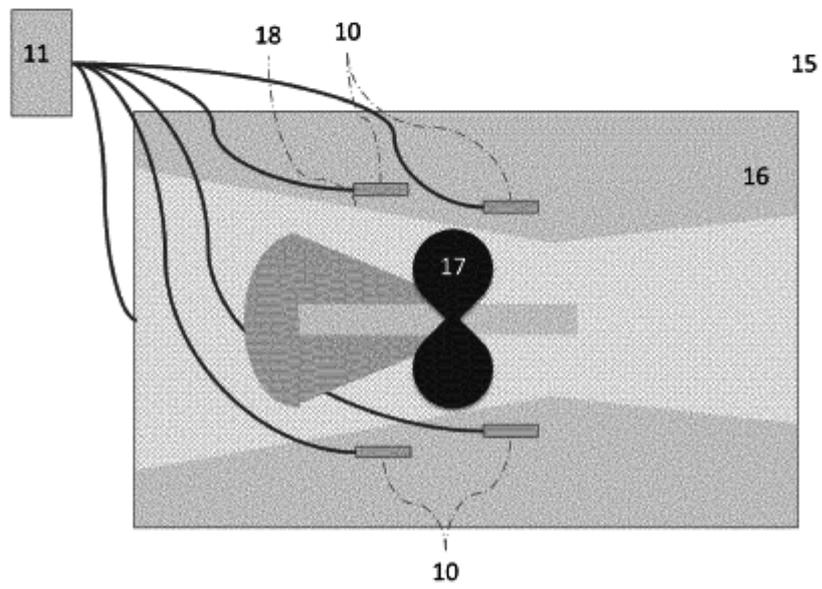


FIG. 14