

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 400 245**

51 Int. Cl.:

G01K 1/14 (2006.01)

G01K 11/32 (2006.01)

G01M 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.09.2008 E 08015793 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.11.2012 EP 2037246**

54 Título: **Procedimiento para el control del estado de un tubo flexible para un revestimiento en un sistema de tubos o canales**

30 Prioridad:

07.08.2007 DE 102007042546

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

08.04.2013

73 Titular/es:

**GLOMBITZA, ULRICH (100.0%)
UNTERHEIDER WEG 23
51429 BERGISCH GLADBACH, DE**

72 Inventor/es:

GLOMBITZA, ULRICH

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 400 245 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

Procedimiento para el control del estado de un tubo flexible para un revestimiento en un sistema de tubos o canales

La invención se refiere a un procedimiento para el control del estado de un tubo flexible para un revestimiento en un sistema de tubos o canales.

5 En tuberías de flujo por gravedad más antiguas (tuberías de aguas residuales, canalización) existe una alta necesidad de saneamiento. Un procedimiento para el saneamiento de sistemas de tubos o canales es el denominado procedimiento de revestimiento de tubo flexible (por ejemplo, el documento EP 0712352 B1 o WO 2006061129). En esta técnica se usan soportes flexibles para tubo flexible de fibras sintéticas y/o de vidrio estables frente a la corrosión que están impregnados con un material de moldeo de resina de reacción. El material de moldeo
10 puede estar compuesto de resina de poliéster, resina de éster vinílico o resina epoxídica. La instalación en el canal se realiza casi exclusivamente a través de los sumideros, en los que se incorpora el tubo flexible (revestimiento) o bien mediante inversión (doblado hacia dentro) por medio de presión hidrostática o presión atmosférica, mediante inserción por medio de torno de cable y colocación posterior con presión atmosférica o de agua, o bien mediante una combinación de ambas técnicas de instalación. El curado para obtener el tubo de plástico sólido (revestimiento)
15 puede realizarse mediante curado térmico por medio de agua caliente o vapor o mediante curado por luz UV (técnica UVA o LED).

Los requisitos estructurales y de funcionamiento en canales saneados son altos. Los procedimientos de revestimiento de tubo flexible se encuentran bajo control y comprobación especiales, dado que su realización en campo se lleva a cabo en condiciones de trabajo difíciles. La garantía de una norma de calidad constante se verifica
20 tras la incorporación mediante ensayos de control. Los defectos de calidad en el revestimiento en su instalación pueden producirse, por ejemplo, mediante sobrecalentamiento local (producido mediante polimerización demasiado fuerte de la resina, con una conducción de calor demasiado alta o en una formulación defectuosa) o mediante curados incompletos.

La comprobación de la calidad del revestimiento se realiza actualmente de manera habitual mediante inspecciones ópticas en la zona de pozo. En caso de irregularidades o como prueba para la realización en regla del saneamiento se extrae en el pozo una muestra y se evalúa en el laboratorio. El Instituto de Infraestructura Subterránea, *Institut für Unterirdische Infrastruktur GmbH* ha realizado, en un periodo de tiempo de 6 años, alrededor de 4.400 ensayos en revestimientos. Las evaluaciones muestran que no pueden sacarse conclusiones, basándose en una inspección técnica, sobre la calidad del revestimiento.

30 El reconocimiento de anomalías y su localización exacta a lo largo del revestimiento dificulta el control y el muestreo de revestimientos. Por tanto, existe por parte de los fabricantes y de los empresarios un alto interés en un procedimiento de comprobación que sea adecuado para el control de revestimientos.

El control del procedimiento de curado para procedimientos de curado con luz se describe, entre otros, en el documento EP-A 122 246. En este procedimiento se mide la temperatura en forma de puntos en distintos sitios de la cadena de luces (lado interior del revestimiento) y se conduce al control para la conducción de flujo de aire y para la velocidad de paso de la fuente de luz. Con ayuda de los sensores de temperatura puntuales se ha de conseguir un curado uniforme, óptimo del tubo flexible de fibras. En otro documento (documento DE 101 22 565 A1) se describe un dispositivo para el control de la fuente de radiación UV en combinación con temperaturas de IR. Los sensores de temperatura en forma de punto tienen la desventaja de que no cubren completamente la superficie interior del
40 revestimiento.

Según el estado de la técnica citado se facilita un control de los parámetros de procedimiento para el efecto térmico en el revestimiento. No es posible de manera suficientemente buena una conclusión sobre la calidad del revestimiento en cuanto a un curado homogéneo, dado que no se consideran o no se pueden considerar las temperaturas del entorno del revestimiento y tampoco las propiedades de conducción térmica de la tierra circundante. La temperatura de procedimiento óptima para el procedimiento de curado se consigue muy raras veces en el sitio de construcción con los procedimientos conocidos, dado que dependiendo de la estación y del tiempo, la tierra circundante enfría de manera más o menos intensa el tubo antiguo y el revestimiento. Las irregularidades en la consistencia y humedad de la tierra conducen, además, a un enfriamiento de distinta intensidad, de modo que no existe una distribución de temperatura homogénea a lo largo de la sección del canal. Un control manual de la
45 velocidad de curado con sensores de temperatura en forma de punto en pocos sitios del revestimiento es inseguro y, en la mayoría de los casos, insuficiente, de modo que el peligro de sobrecalentamientos o de curado incompleto en el revestimiento no puede excluirse.

El documento US 6 935 376 B1 describe un procedimiento para el ensamblaje de sistemas tubulares, en los que se introduce adicionalmente un sensor eléctrico u óptico para la detección de la presión interior que se produce, por ejemplo mediante un cierre (obstrucción) en el tubo. Se introducen elementos de soporte en el interior de un revestimiento y en la superficie del revestimiento, que sirven para el alojamiento de conductos de calefacción eléctricos para el calentamiento de los revestimientos y para el alojamiento de líneas eléctricas y ópticas para la transferencia de datos y para la medición de la presión en el revestimiento.

5 En el documento DE 195 09 129 A1 se representa un procedimiento y un dispositivo para el control y la supervisión del estado de tubos o tuberías, en los que se transportan fluidos, cuya temperatura es distinta a la temperatura del entorno de los tubos o tuberías, con la aplicación de la medición de temperatura de fibra óptica distribuida. El objetivo de esta aplicación es la localización y la detección de fugas a lo largo de tubos o tuberías. La salida de fluido se determina mediante una modificación de la temperatura con respecto al entorno.

10 Se conocen adicionalmente disposiciones para la determinación de una temperatura de objetos alargados, particularmente tuberías, en las que un guíaondas usado como sensor térmico está colocado en los objetos alargados preferentemente en dirección longitudinal (documentos DE 9318404 U1, EP 0555846 A2; DE 19844753 A1). El documento DE 9318404 U1 muestra una disposición en la que el guíaondas está diseñado de manera plana. En la disposición según el documento EP 0555846 A2 se usa, como tecnología de sensores térmica, el procedimiento de retrodifusión Raman.

15 Para la tecnología de sensores de temperatura de fibra óptica, de resolución espacial por medio de fibras detectoras LWL se mencionan aún la técnica de medición Raman (documento EP 0 692 705 A1) o la medición de temperatura por medio de la técnica Brillouin de fibra óptica (documento DE 199 50 880 C1).

El objetivo de la invención es indicar un procedimiento para el control de un tubo flexible para un revestimiento de un sistema de tubos o canales, que pueda realizarse durante un periodo de tiempo largo, en el que sean posibles mediciones temporalmente únicas o que puedan repetirse temporalmente de manera discrecional.

Las etapas de procedimiento individuales son las siguientes

- 20 - fabricar un tubo flexible impregnado con resina curable, preferentemente reforzado con fibra de vidrio,
- poner en contacto termoconductor al menos un sensor de fibra óptica con el tubo flexible y
- generar una imagen termográfica de resolución espacial de la temperatura dependiendo del sitio y del momento del tubo flexible por medio de tecnología de sensores de temperatura de fibra óptica, de resolución espacial.

25 Con la puesta en contacto termoconductor se produce una disposición de un sensor de temperatura localmente distribuido, que permite una medición (casi) completa de la distribución de la temperatura superficial del tubo flexible en forma de una imagen termográfica de resolución espacial dependiendo del sitio y tiempo. Las mediciones pueden repetirse temporalmente, comenzando con la fabricación (del tubo aun no curado, su transporte y su almacenamiento), la instalación (particularmente el curado realizado durante la instalación) en un sistema, durante el tiempo de funcionamiento hasta una reparación posterior del revestimiento transformado mediante curado.

30 Con la ayuda de la imagen espacial termográfica (a continuación "imagen de temperatura") puede controlarse *in situ* el procedimiento de curado del tubo flexible y puede facilitarse a una gestión del procedimiento. Tras su fabricación deben almacenarse los tubos flexibles de modo que no estén expuestos a la luz y/o al calor. Algunos fabricantes realizan también un enfriamiento de los tubos flexibles hasta su instalación. Si se pone en contacto termoconductor un sensor de fibra óptica ya en esta fase con un tubo flexible, puede iniciarse el control de la temperatura, por así decirlo, completamente desde el momento de la fabricación en adelante.

35 Con la aparición de desarrollos de calor imprevisibles dentro y fuera del tubo flexible pueden controlarse, modificarse y/o adaptarse los parámetros de procedimiento a través de la gestión de procedimiento. Con la inclusión de un modelo térmico para las propiedades térmicas del entorno del tubo flexible puede optimizarse aún más la gestión de procedimiento.

40 Adicionalmente, la invención proporciona un procedimiento de prueba, con el que se proporcionan valores de medición por medio de la imagen de temperatura, con los que es posible una evaluación de la calidad de la canalización (la hidráulica, la estabilidad de los materiales y la hermeticidad del revestimiento). Mediante el procedimiento de prueba, que puede repetirse temporalmente una y otra vez, puede gestionarse siempre una comprobación para una instalación profesional (saneamiento).

45 El uso de, por ejemplo, sensores de temperatura Raman de fibra óptica permite la medición de temperatura distribuida, de resolución espacial a lo largo de un trayecto de fibra óptica de una longitud de hasta algunos kilómetros. La resolución espacial que puede conseguirse se encuentra entre 0,5 m y 1 m, la precisión de temperatura asciende a < 1 K y depende del tiempo de medición y del sitio de medición (radio de alcance). Una resolución espacial de, por ejemplo, 1 m significa que el valor indicado corresponde con el valor de temperatura promediado de un trozo de fibra de 1 m de longitud. Es decir, los acontecimientos de temperatura que se producen dentro de esta sección longitudinal no pueden medirse exactamente y separarse.

50 La figura 1 muestra una disposición básica de un canal revestido.

La representación del desarrollo de la temperatura temporal y espacial puede usarse ventajosamente:

- 55 (a) para controlar la gestión de procedimiento en cuanto a un curado homogéneo del revestimiento (véase la figura 2);
- (b) para realizar conclusiones sobre la calidad del curado a lo largo del revestimiento (véase la figura 3);

(c) para una localización exacta de puntos defectuosos, por ejemplo para colocar robots de fresado para una extracción de muestras (véase la figura 4).

Siguen realizaciones en cuanto a

(d) disposiciones y realizaciones de los sensores LWL (LWL: guíaondas) (véase la figura 5):

5 (e) otros usos (sinergias) de las disposiciones y realizaciones de los sensores LWL en la zona de tubos y canales para la

(e1) detección de fugas

(e2) medición de nivel y

(e3) medición de imagen térmica

10 de fibra óptica.

Explicaciones con respecto a (a) la gestión de procedimiento del curado

15 Con el uso de un modelo térmicamente dinámico puede calcularse la temperatura para un curado óptimo en cualquier sitio del revestimiento. El modelo térmicamente dinámico se basa en el conocimiento de las resistencias térmicas de la resina de revestimiento dependiendo del grado de curado (que se conocen a partir de ensayos de laboratorio) así como el conocimiento de las resistencias térmicas de la disposición de medición usada (cable detector, pre-revestimiento, lámina deslizante, tubo antiguo, tierra etc.). El modelo matemático está concebido de modo que, con ayuda de una imagen térmica equivalente considerando la energía térmica alimentada y las resistencias térmicas, se calculan las pérdidas de calor resultantes a lo largo del revestimiento. Mediante las pérdidas de calor puede determinarse la temperatura de curado que ha de esperarse tanto en dirección transversal como en dirección longitudinal del revestimiento. Este resultado se compara con la distribución de temperatura espacial de los sensores LWL, de modo que son posibles conclusiones sobre irregularidades locales. Si existe un sumidero de calor local, por ejemplo, debido a agua externa, puede volverse a calcular con ayuda del modelo el aumento de la energía térmica, para compensar la pérdida de calor durante el curado. Este procedimiento puede compararse con el denominado procedimiento RTTR (*Real Time Temperature Rating*, estimación de la temperatura a tiempo real) que se usa en el cálculo de carga térmica de cables de energía.

20 Para considerar durante la medición el grado de curado actual (temporal) para el cálculo de las resistencias térmicas de la resina de revestimiento, el sistema de medición de la temperatura debe registrar el desarrollo de la temperatura local y temporal de los sitios de medición. La representación de los valores de temperatura como función del sitio de medición y del tiempo de repetición de medición es la imagen de temperatura.

30 Explicaciones con respecto a (b) la calidad del curado

La imagen de temperatura facilita, además, una conclusión sobre el estado de la calidad a lo largo del revestimiento. Por procesamiento del software puede compararse el desarrollo medido temporalmente con el desarrollo pronosticado temporalmente. La comparación muestra si a lo largo del revestimiento existen sitios, cuya temperatura de curado se encuentre fuera de una banda de tolerancia predeterminada.

35 Explicaciones con respecto a (c) la localización de puntos defectuosos

40 En caso de defectos de calidad en el revestimiento existe el interés de extraer muestras. Para la extracción de muestras se usan generalmente robots de fresado controlados por TV, móviles que se desplazan en dirección longitudinal del canal (revestimiento). Las coordenadas para la colocación del robot de fresado y las de la disposición de colocación de los sensores LWL se diferencian generalmente, de modo que deben adaptarse una con respecto a la otra. La medición del cable detector en sitios conocidos de los sensores LWL permite una asignación al trayecto de medición. Para conseguir una colocación más precisa, más exacta del robot de fresado en la zona del punto deteriorado, se instala una fuente térmica (por ejemplo, emisor de infrarrojos) en el robot de fresado, que induce un calentamiento local en los sensores y produce un punto caliente en la curva de temperatura local (véase la figura 4). El robot de fresado se acciona de modo que el punto caliente se mueve hacia el sitio de temperatura donde se determinó el punto deteriorado. Si coinciden ambos sitios de temperatura de manera exacta, puede extraerse la muestra.

Explicaciones con respecto a (d) los sensores LWL

50 En la disposición de sensores LWL (fibras o conductores por grupos o cables) deben considerarse los desarrollos de temperatura distintos en el curado (disposición longitudinal y transversal de los sensores LWL) así como las dimensiones geométricas del revestimiento.

Ejemplo 1: en tubos flexibles de curado térmico se realiza la colocación de los sensores LWL preferentemente en el eje longitudinal del tubo flexible con revestimiento interior, así se obtienen con una longitud de tubo de 100 m y una resolución espacial de 1 m por disposición de sensor horizontal 100 puntos de medición de temperatura.

55 En el procedimiento de curado térmico se colocan los sensores LWL preferentemente en la zona de la cresta (posición de 12 h) y de la base (posición de 6 h) para registrar la banda de tolerancia de temperatura del

procedimiento de curado. Mediante la formación de condensados, en el procedimiento con vapor se enfría la temperatura en la zona de la base de manera algo más intensa que en la zona de cresta. En el procedimiento con agua se realiza durante el procedimiento de calentamiento el transporte del agua caliente a través de tubos flexibles desde el vehículo de suministro hacia el revestimiento. En la entrada del agua caliente se forman capas espaciales de temperatura tanto en dirección longitudinal como en dirección transversal del revestimiento. En la zona de cresta se configuran capas de agua algo más calientes que en la zona de base.

Ejemplo 2: en tubos flexibles de curado con luz puede seleccionarse igualmente una disposición longitudinal. Mediante una disposición transversal de sensores LWL existe la posibilidad de aumentar la densidad de los puntos de medición en la zona del efecto térmico de la cadena de luces. Con un diámetro de tubo de 1 m, la longitud del cable detector por vuelta asciende a 3,14 m. Con una distancia promedio de las vueltas de 25 cm pueden incorporarse en una longitud de tubo de 100 m aproximadamente 400 vueltas con una longitud total de LWL de 1250 m. Por consiguiente, están a disposición del usuario más de mil puntos de medición para el control del procedimiento de curado.

Un sensor LWL puede realizarse como cable detector, fibra detectora o estera detectora. La estructura del cable detector está constituida habitualmente por un conductor por grupos revestido (tubos de acero inoxidable, tubos de plástico) con al menos una fibra detectora LWL integrada. El diámetro del cable detector asciende normalmente a de 4 a 5 mm. De manera condicionada por la construcción del conductor por grupos, los cables detectores tienen una rigidez relativamente alta que impide o dificulta una colocación en superficies pequeñas. Por este motivo se coloca el cable detector LWL (véase la figura 5b) preferentemente entre el tubo antiguo y el pre-revestimiento / la lámina deslizante (véase la figura 5a) o entre el pre-revestimiento / la lámina deslizante y el revestimiento.

Con la integración de un sensor LWL en el pre-revestimiento / la lámina deslizante o directamente en el revestimiento (véase la figura 5c) se requiere un conductor por grupos de LWL con diámetro reducido (entre 0,8 mm y 2 mm) y con fibra incorporada o una fibra LWL (véase la figura 5d). Dado que los elementos sensores LWL en el revestimiento durante el saneamiento se exponen a altas fuerzas de tracción y compresión mecánicas, debe usarse un tipo de LWL adecuado que sea insensible a microcurvaturas. Se prefieren las denominadas fibras multimodo con gran diámetro de núcleo (62,5 µm y superior) y gran diámetro de cubierta (500 µm). La fibra LWL adicionalmente puede protegerse mecánicamente mediante un conductor por grupos (por ejemplo de plástico o acero inoxidable) con la ventaja de que se compensan dilataciones térmicas del material de la fibra LWL con respecto a su entorno. Para garantizar una buena protección mecánica durante la medida de saneamiento se une la fibra LWL con una unión de empalme a un cable detector LWL robusto.

Otra forma de realización de un sensor LWL es una estera detectora LWL (véanse las figuras 5g y 5i). El concepto de estera detectora permite la integración de la fibra detectora LWL en un tejido de fibra de vidrio con buena protección mecánica así como la instalación entre el tubo antiguo y el pre-revestimiento o la lamina de deslizamiento (véanse las figuras 5g y 5i). Adicionalmente puede introducirse en la estera detectora LWL una longitud adicional de los sensores LWL

- a) en dirección radial (véase la figura 5f) para aumentar en dirección transversal del revestimiento la exactitud local,
- b) en dirección horizontal (véase la figura 5i) para aumentar en dirección longitudinal del revestimiento la exactitud local.

Para cumplir los requisitos mecánicos en la instalación de la estera detectora entre el tubo desgastado y el pre-revestimiento o la lámina deslizante, la estera detectora presenta hacia el tubo antiguo una capa inferior dura y hacia el pre-revestimiento o la lámina deslizante, una capa superior blanda.

En la fabricación de la estera detectora debe usarse un tipo de LWL que sea insensible frente a microcurvaturas, de modo que en la incorporación de la fibra detectora LWL en el material compuesto (incorporación directa o en combinación con un conducto por grupos) las pérdidas suplementarias siguen siendo tolerables y corregibles. Para conferir una buena protección mecánica se conecta la fibra LWL con una unión de empalme a un cable detector LWL robusto (véanse las figuras 5f y 5i).

En canales transitables existe la posibilidad de fijar el sensor LWL (cable detector, fibra detectora o estera detectora) al tubo antiguo.

Explicaciones con respecto a (e1) la detección de fugas

En el saneamiento de canales pueden aparecer puntos no herméticos, que pueden producir un derrubio del canal. Estas fugas son indeseables y pueden localizarse sólo difícilmente.

El agua del canal que fluye tiene, generalmente, una temperatura más alta que la temperatura exterior del tubo flexible con revestimiento interno así como una temperatura más alta que la temperatura del agua subterránea. El desarrollo de la temperatura local en dirección longitudinal del canal es casi constante (gradiente de temperatura local sólo pequeño). En una fuga, el agua del canal fluye a través del revestimiento hacia la base del tubo flexible con revestimiento interno. Mediante la colocación del cable detector por debajo del tubo flexible con revestimiento

interno (posición de 6 h, entre el tubo de hormigón y el tubo flexible con revestimiento interno, véase la figura 2) existe la posibilidad de localizar fugas con ayuda de la medición de temperatura. Las fugas provocan una desviación local del gradiente de temperatura local, de modo que pueden localizarse estos puntos no herméticos.

Explicaciones con respecto a (e2) la medición de nivel

- 5 En el área de aguas residuales se usan distintos procedimientos de medición de nivel. El mayor problema es que las contaminaciones proporcionan valores de medición imprecisos y erróneos.

Un concepto de estera detectora (véanse las figuras 5f y 5i) así como disposiciones de sensor LWL horizontales (véase la figura 1d) pueden usarse para la medición de nivel en el canal. Con la evaluación de los valores de temperatura locales puede determinarse el nivel de agua debido a las distintas temperaturas del medio de flujo y del aire. Las ventajas de la técnica LWL son:

10

- ningún peligro de explosión, debido al sensor pasivo,
- ningún suministro de corriente,
- pequeña modificación de la sección transversal en la instalación posterior,
- medición distribuida bidimensionalmente, por tanto, insensible frente a ondas,
- 15 • son posibles varias mediciones con un cable.

Explicaciones con respecto a (e3) la medición de imagen térmica

Las aguas residuales se transportan diariamente en grandes cantidades por las canalizaciones de aguas residuales, se purifican en depuradoras y a continuación se introducen en los cauces de desagüe. Básicamente, representa un producto de desecho sin valor económico. Sin embargo, con las aguas residuales de casas privadas, explotaciones agropecuarias e industriales no sólo se descargan sustancias nocivas, también tiene lugar un calentamiento de agua. Como consecuencia, las aguas residuales que se descargan presentan una temperatura más alta que, por ejemplo, el agua potable.

20

Existe un interés cada vez mayor de aprovechar este potencial energético de las aguas residuales para el suministro de calor, es decir, para la calefacción y suministro de agua caliente de bienes inmuebles. La conducción del agua calentada no es constante, sino que depende de muchos factores (estación, tiempos de trabajo, productividades, suministros y descargas). Para la optimización del procedimiento de intercambio de calor es necesaria una medición *in situ* del calentamiento de agua. Las disposiciones de sensor LWL según la invención y las realizaciones son adecuadas para la medición de la distribución de la temperatura en el canal de aguas residuales.

25

Otras características de las invenciones se mencionan a continuación. Las características pueden realizarse de manera individual o conjunta.

30

El sensor de fibra óptica puede estar colocado directamente en el cuerpo del tubo flexible impregnado con resina curable, reforzado con fibra de vidrio.

El sensor de fibra óptica puede estar colocado como cable detector LWL. Según esto, es esencial que se genere una puesta en contacto lineal con el tubo flexible.

35

El sensor de fibra óptica puede estar colocado en una estera (estera detectora), realizándose la colocación bidimensional en forma de meandro y la puesta en contacto, de manera plana. Los bucles del meandro pueden estar colocados de manera paralela a la extensión longitudinal de la estera, o de manera perpendicular a la extensión longitudinal de la estera. La estera detectora debería estar compuesta de un tejido de plástico o de fibra de vidrio con lado inferior duro (hacia el interior con respecto al canal) y lado superior blando (hacia el exterior con respecto al tubo antiguo), en el que está colocada la fibra detectora guíaondas directamente o en combinación con un conductor por grupos.

40

Una disposición adecuada para el procedimiento se genera entonces debido a que una estera detectora fabricada con al menos un sensor de fibra óptica diseñado bidimensionalmente está aplicada en el lado interior o en el lado exterior de un tubo flexible impregnado con resina curable, reforzado con fibra de vidrio. El lado interior debe significar en este caso que está dirigido hacia el centro del tubo o del canal, y el lado exterior debe significar en este caso que está dirigido hacia el tubo antiguo.

45

La imagen termográfica de resolución espacial de la temperatura dependiendo del sitio y tiempo (a continuación designada brevemente "imagen de temperatura") se genera durante la instalación (en el procedimiento de curado) del tubo flexible/del revestimiento. El aporte energético (luz y/o calor) en el revestimiento se controla en el curado. Se produce el control y la supervisión del procedimiento de curado.

50

La imagen de temperatura puede llevarse a correlación con un modelo térmico del sistema. Adicionalmente puede llevarse a correlación la imagen de temperatura con una banda de tolerancia de temperatura predeterminable. Por medio de la imagen de temperatura se determinan desviaciones locales de temperaturas de curado medidas a pronosticadas.

Las desviaciones locales determinadas pueden usarse para el control de un robot, que puede desplazarse (por ejemplo) para la extracción de muestras a lo largo del sistema de tubos o canales revestido.

Para la realización del procedimiento de medición debería colocarse el al menos un sensor de fibra óptica entre el revestimiento y el tubo antiguo.

- 5 A continuación se encuentra entre el revestimiento y el tubo antiguo al menos un cable detector guíaondas o una estera detectora guíaondas.

Como alternativa a la realización mencionada, el al menos un sensor de fibra óptica puede disponerse también dentro de un pre-revestimiento o dentro de una lámina deslizante, que se colocan conjuntamente con el revestimiento en un sistema.

- 10 Para el control de los parámetros de procedimiento para el efecto térmico en el revestimiento es importante si el sensor LWL está colocado o introducido en el lado interior del revestimiento (hacia el centro del canal) o en el lado exterior (hacia el tubo antiguo). Mediante la relativamente baja conductividad térmica de un tubo flexible reforzado con fibra de vidrio; o mediante el contacto exterior con el tubo antiguo y la disipación de calor asociada con ello, se producen fácilmente diferencias de temperatura entre el interior y el exterior de 5 K a 10 K.

- 15 La tecnología de sensores de temperatura de fibra óptica puede usarse para la medición del nivel de agua de resolución espacial en sistemas de tubos y canales, o para la medición de la temperatura de las aguas residuales.

La tecnología de sensores de temperatura de fibra óptica usada puede usarse en forma de tecnología de sensores de temperatura Raman.

- 20 La invención se explicará en más detalle a continuación por medio de algunos ejemplos de realización en las figuras. Muestran:

- la figura 1: disposición básica de la medición de temperatura de fibra óptica en el saneamiento de canales por medio del procedimiento de revestimiento de tubo flexible;
- la figura 1a: representación esquemática de las circunstancias locales;
- la figura 1b: curva de temperatura como función del sitio de la fibra con una irregularidad en la zona de base del revestimiento;
- la figura 1c: curva de temperatura como función del sitio de la fibra con una irregularidad en la zona de cresta del revestimiento
- la figura 1d: disposiciones de sensor LWL en dirección longitudinal del revestimiento;
- la figura 1e: disposiciones de sensor LWL en dirección transversal del revestimiento;
- la figura 2: representación esquemática del dispositivo para el control de procedimiento del curado de revestimiento;
- la figura 3: explicaciones con respecto a la calidad del revestimiento;
- la figura 3a: curva de temperatura local con respecto al momento de medición; t
- la figura 3b: curva de temperatura temporal de sitios de medición seleccionados;
- la figura 3c: representación esquemática de una imagen termográfica en relación a las figuras 3a y 3b.
- la figura 4: representación esquemática del dispositivo para la colocación del robot de fresado;
- la figura 5: representación esquemática de disposiciones y realizaciones del sensor LWL;
- la figura 5a: ejemplos de disposiciones de cable detector entre el tubo antiguo y el pre-revestimiento / la lámina deslizante;
- la figura 5b: ejemplos de realizaciones del sensor LWL en relación a la figura 5a
- la figura 5c: ejemplos de disposiciones de fibra detectora dentro del revestimiento;
- la figura 5d: ejemplos de realizaciones del sensor LWL en relación a la figura 5c;
- la figura 5e: ejemplo de una disposición de estera detectora con dirección de instalación radial entre el tubo antiguo y el pre-revestimiento / la lámina deslizante;
- la figura 5f: ejemplo de la realización de estera detectora en relación a la figura 5e
- la figura 5g: ejemplo de una disposición de estera detectora con dirección de instalación orientada longitudinalmente entre el tubo antiguo y el pre-revestimiento / la lámina deslizante;
- la figura 5i: ejemplos de las realizaciones de estera detectora en relación a la figura 5g;
- la figura 6: realizaciones de estera detectora LWL para la medición del nivel de agua.

- 50 La figura 1 muestra las disposiciones básicas para la medición el estado de curado durante el saneamiento de canales con el uso de la medición de temperatura de fibra óptica. En la figura 1a está representado un revestimiento 2 incorporado en el canal 1. La alimentación de la energía térmica 22 para el curado del revestimiento se realiza desde el vehículo de suministro 21 a través del pozo 12. Por el contrario, la instalación del cable detector 3 se realizó desde el pozo 11 opuesto. El ejemplo representado muestra una disposición de sensor en forma de un cable de derivación. La señal de medición óptica se genera en el aparato de evaluación 31 (medidor óptico de retrodifusión) y se acopla en el cable detector (guíaondas: LWL). La luz retrodifundida por el LWL puede usarse de manera conocida para la medición de temperatura localmente distribuida. El cable detector está dispuesto de modo que la gráfica de temperatura local (figura 1b y figura 1c) de la medición individual representa la temperatura a lo largo de la
- 55

conducción LWL (hasta aproximadamente la localización de 150 m), a lo largo de la zona de pozo (entre 150 m y 235 m) así como la distribución de la temperatura a lo largo de la zona de base (entre 235 m y 365 m) y de la zona de cresta (entre 365 m y 495 m) del revestimiento. La banda de tolerancia de temperatura permitida 43 para el procedimiento de curado de la respectiva formulación puede implementarse en la evaluación y representación con técnica de software de las curvas de temperatura locales, de modo que pueden reconocerse, valorarse y localizarse irregularidades. Las irregularidades, por ejemplo, por suministros locales de agua externa 41 o por sobrecalentamientos locales 42 están representadas en la curva de medición de temperatura de la figura 1b o la figura 1c.

La figura 1d muestra una disposición de sensor, en la que el sensor LWL 3 está colocado en dirección horizontal con respecto al revestimiento, para obtener una densidad de medición alta en dirección longitudinal del revestimiento. En el respectivo extremo del revestimiento 2 se reconduce el LWL en forma de lazos 36. Se usan disposiciones longitudinales del sensor LWL 34 preferentemente en revestimientos de curado térmico. La figura 1e muestra una disposición de sensor, en la que el sensor LWL 3 está colocado en dirección radial con respecto al revestimiento, para obtener una densidad de medición alta en dirección transversal 35 del revestimiento. Se usan disposiciones transversales del sensor LWL 35 preferentemente en revestimientos de curado con luz.

La figura 2 muestra un dispositivo para el control de procedimiento del curado del revestimiento, en combinación con una medición de temperatura de fibra óptica con el uso de un modelo térmico. La instalación del cable detector 3 se realiza a través de dos posiciones (3 pozos) con respectivamente un cable de derivación para la zona de cresta 32 y un cable de derivación para la zona de base 33 del revestimiento 2. El aparato de evaluación 31 calcula por medio de los datos de medición de la temperatura local y temporal del sensor LWL (imagen termográfica 37) las actuales resistencias térmicas de la resina de revestimiento. Estos datos se facilitan junto con la (actual) energía térmica alimentada a un modelo térmico 38 para el cálculo posterior. La energía térmica alimentada puede determinarse por ejemplo (indirectamente) de los parámetros de procedimiento 23 del suministro de energía térmica o (directamente) mediante la medición de la temperatura de procedimiento. De manera correspondiente al resultado del modelo térmicamente dinámico se eleva o se reduce la alimentación de la energía térmica 22.

La figura 3 debe aclarar contextos en cuanto a afirmaciones con respecto a la calidad del revestimiento. Las gráficas de las figuras 3a a 3c se refieren a la disposición básica de la figura 1a y muestran el desarrollo de temperatura durante el curado de un revestimiento en distintas formas de representación. La figura 3a representa, entre otras cosas, el desarrollo de temperatura local en la zona de pozo 55 y en la zona de canal 51 con respecto a un tiempo de medición determinado ($t = 305$ min en relación al inicio de la medición). Los desarrollos temporales de las localizaciones (52, 53 y 56) marcadas en la figura 3a están representados en la figura 3b por todo el intervalo de tiempo de medición (600 min). La zona del revestimiento en la localización 52 muestra una irregularidad temporal en forma de una elevación breve con respecto al tiempo de medición $t = 305$ min. En la localización 53 no se encuentra ninguna irregularidad, sin embargo, se obtiene en este punto una temperatura de curado más baja que en el punto 52. El desarrollo de temperatura temporal 56 muestra únicamente la temperatura del entorno según las condiciones del tiempo predominantes ("diurnas") en la entrada del pozo. La figura 3c presenta la posibilidad de una representación termográfica del desarrollo de temperatura dependiendo del sitio y tiempo.

La figura 4 hace referencia a la problemática en la extracción de muestras por medio de robots de fresado y muestra un dispositivo para la colocación de un robot de fresado. En la determinación de defectos de calidad 4 en el revestimiento, se extrae con ayuda de robot de fresado 24 una muestra en el revestimiento 2. La colocación del robot de fresado se realiza, por ejemplo, desde el vehículo de suministro 21. Para obtener una colocación lo más exacta posible, el robot de fresado tiene una fuente de calor 25. Por software puede calcularse la distancia del sitio de temperatura de la fuente de calor 25 del sitio de temperatura del punto deteriorado. Según el resultado de un cotejo de coordenadas 29 se coloca de nuevo el robot de fresado hasta que se haya encontrado el punto exacto para la extracción de muestras.

Las figuras 5a a 5i muestran ejemplos en forma de representaciones esquemáticas de distintas disposiciones y realizaciones del sensor LWL para su uso en sistemas de tubos y canales con el uso del procedimientos de revestimiento de tubo flexible.

El sensor LWL puede estar realizado como cable detector LWL 61 (véase la figura 5b), como fibra detectora LWL 64 (véase la figura 5d) o como estera detectora LWL 62, 63 (véanse las figuras 5f y 5i). La disposición del sensor LWL se realiza dependiendo de la forma de realización y de la accesibilidad del canal. El cable detector LWL 61 se coloca preferentemente entre el tubo antiguo / el canal 1 y el pre-revestimiento / la lámina deslizante 26 (véase la figura 5a), por el contrario, la fibra detectora LWL 64 es adecuada para la integración en el revestimiento 2 (véase la figura 5c) y la estera detectora LWL 62, 63 se incorpora preferentemente entre el tubo antiguo y el pre-revestimiento / la lámina deslizante (véase la figura 5e y la figura 5g). En canales transitables pueden fijarse todas las realizaciones de sensor LWL en el tubo antiguo. El concepto de estera detectora permite aumentar la precisión local del sistema de medición de sensor, colocándose una longitud adicional del cable detector LWL en dirección longitudinal del revestimiento (véase la figura 5i) o en dirección transversal (véase la figura 5f) mediante una proporción de trayecto 66 seleccionable. Para garantizar una buena protección mecánica durante la medida de saneamiento, se conecta la fibra detectora LWL 64 con una unión de empalme 65 a un cable detector LWL 61 robusto.

La figura 6 muestra un ejemplo de una realización de estera detectora con manguito 67 para la medición de nivel en la zona de pozo. Para aumentar la exactitud local en dirección vertical (dirección de nivel del agua) se dispone la fibra LWL 64 en forma de meandro. Para permitir una instalación sencilla y rápida en el canal, la estera detectora contiene un casete de empalme 68. Para garantizar una buena protección mecánica se conecta la fibra detectora LWL 64 con una unión de empalme 65 a un cable detector LWL 61 robusto.

5

Resumen de los números de referencia en las figuras:

- 1: canal
- 11: pozo A
- 12: pozo B
- 10 2: revestimiento
- 21: vehículo de suministro
- 22: alimentación de la energía térmica
- 23: parámetro de procedimiento
- 24: robot de fresado
- 15 25: fuente de calor
- 26: pre-revestimiento / lámina deslizante
- 27: lado exterior del revestimiento
- 28: lado interior del revestimiento
- 3: sensor LWL
- 20 31: aparato de evaluación de fibra óptica
- 32: LWL en la zona de cresta
- 33: LWL en la zona de base
- 34: LWL en dirección longitudinal
- 35: LWL en dirección transversal
- 25 36: lazo de LWL
- 37: imagen termográfica
- 38: modelo térmico
- 39: cotejo de coordenadas
- 4: irregularidades
- 30 41: sobrecalentamiento
- 42: agua externa
- 43: banda de tolerancia de temperatura
- 51: zona de canal (KB)
- 52: sitio de medición 1 en la KB
- 35 53: sitio de medición 2 en la KB
- 54: sitio de medición 3 en la KB
- 55: zona de pozo (SB)
- 56: sitio de medición 1 en la SB
- 61: cable LWL
- 40 62: estera detectora LWL (tipo longitudinal)
- 63: estera detectora LWL (tipo transversal)
- 64: fibra detectora LWL
- 65: unión de empalme de LWL
- 66: proporción de trayecto
- 45 67: estera detectora LWL con manguito
- 68: casete de empalme de LWL
- 7: nivel del agua

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el control de un estado térmico de un tubo flexible (2),
- que se encuentra como revestimiento en un sistema de tubos o canales,
 - en el que al menos un sensor de fibra óptica (3) para tecnología de sensores de temperatura de resolución espacial se pone en contacto termoconductor con el tubo flexible (2),
 - y por medio de la tecnología de sensores de temperatura de fibra óptica de resolución espacial, se genera una imagen termográfica (37) de la temperatura que representa datos de medición de la temperatura, de resolución espacial, dependiendo del sitio (z) y del tiempo (t), **caracterizado porque**
 - el tubo flexible está impregnado con resina curable, y
 - la imagen termográfica se genera durante la instalación y el curado del tubo flexible en el sistema.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por** una puesta en contacto plana y en forma de meandro del al menos un sensor de fibra óptica (3, 64) con el tubo flexible (2).
3. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por** una puesta en contacto lineal del al menos un sensor de fibra óptica (3, 64) con el tubo flexible (2).
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la imagen termográfica (37) se pone en correlación con un modelo térmico del sistema.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la imagen termográfica (37) se pone en correlación con una banda de tolerancia de temperatura predeterminable.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por** la determinación de desviaciones térmicas locales de temperaturas de curado medidas con respecto a las pronosticadas por medio de la imagen termográfica (37).
7. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado por** el control de un robot (24) que puede desplazarse en el sistema en al menos un sitio con desviación térmica determinada usando las desviaciones térmicas locales determinadas.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por** la puesta en contacto del al menos un sensor de fibra óptica (3) en un sitio en el sistema entre el tubo flexible (2) que va a curarse y un tubo antiguo.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por** la puesta en contacto del al menos un sensor de fibra óptica (3) dentro de un tubo flexible impregnado con resina curable y reforzado con fibra de vidrio.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por** el uso de una tecnología de sensores de temperatura de fibra óptica en forma de tecnología de sensores de temperatura Raman.

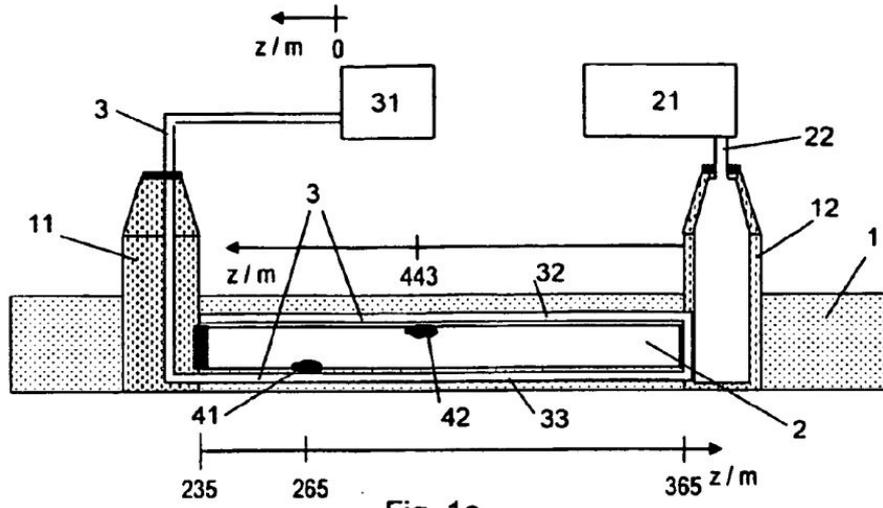


Fig. 1a

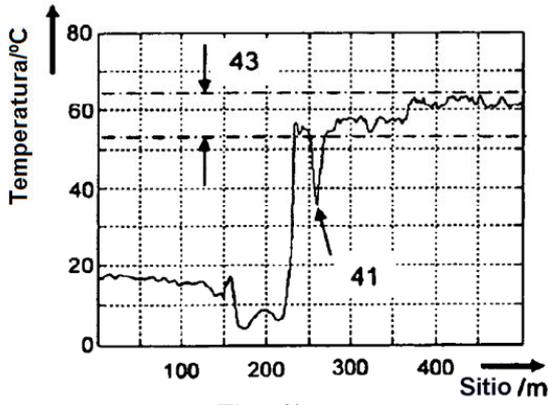


Fig. 1b

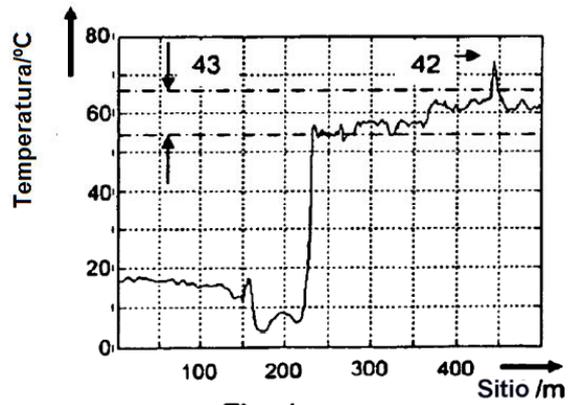


Fig. 1c

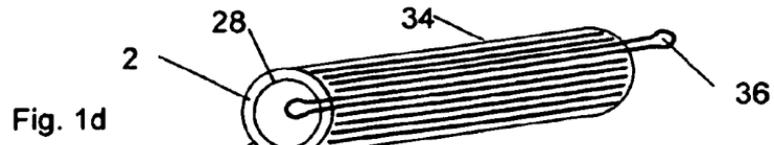


Fig. 1d

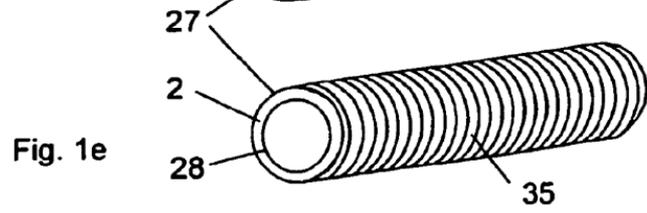


Fig. 1e

Fig. 1

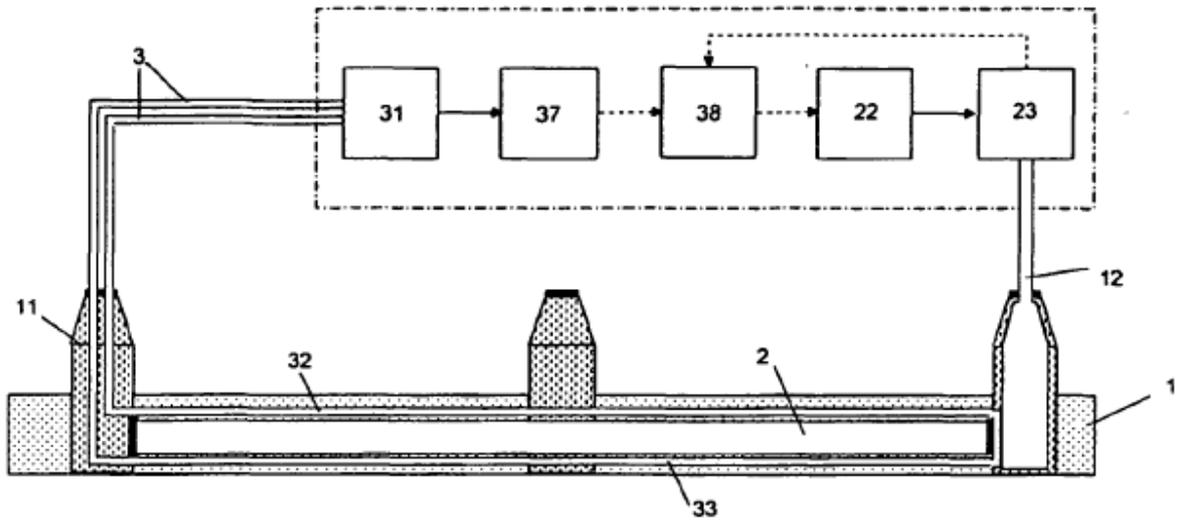


Fig. 2

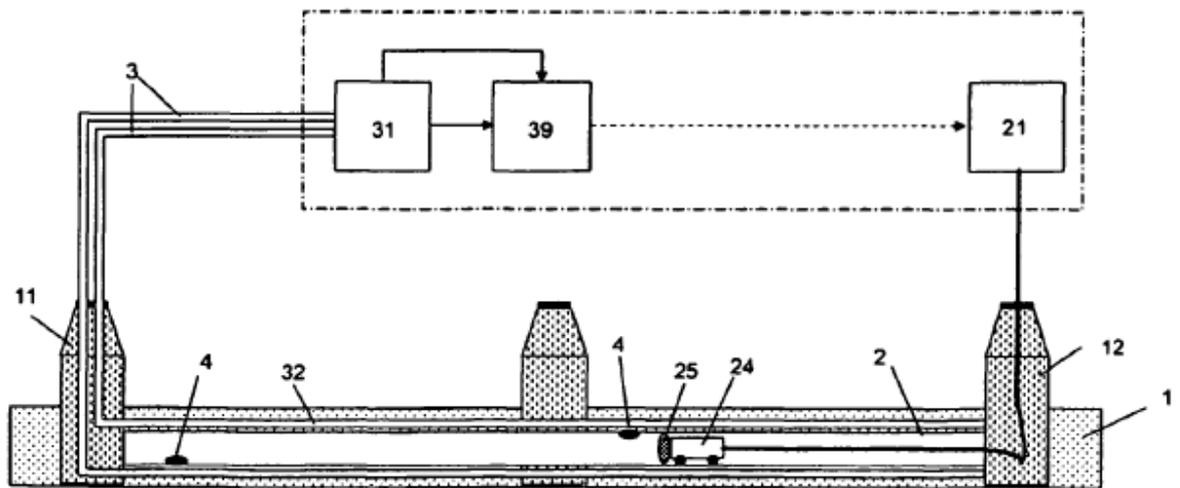
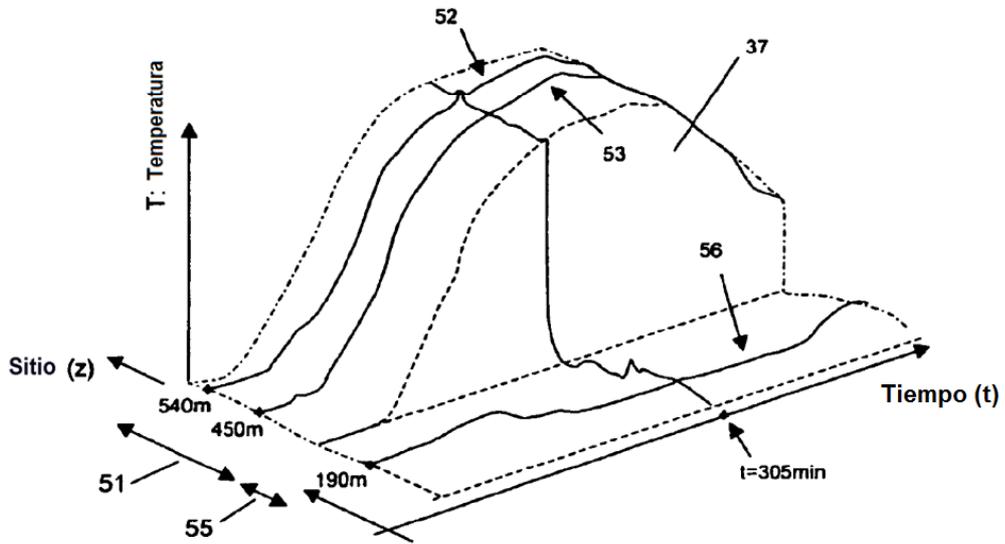
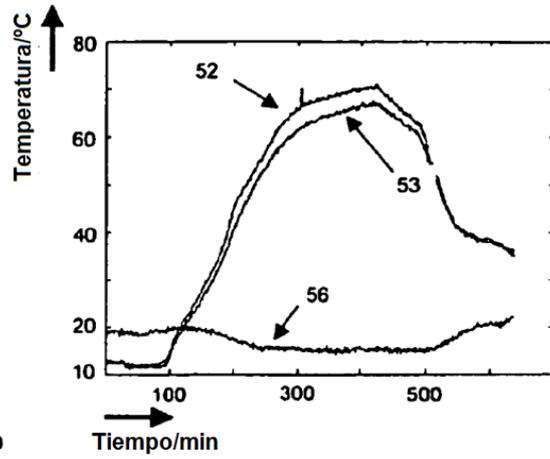
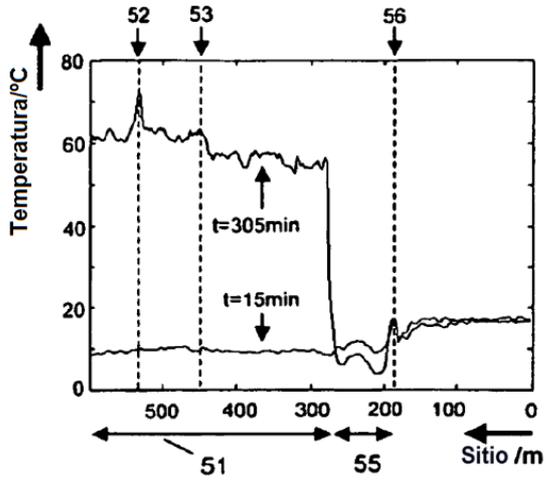


Fig. 4



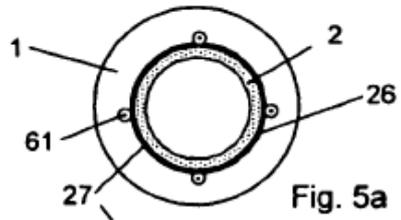


Fig. 5a

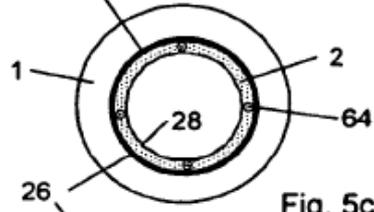


Fig. 5c

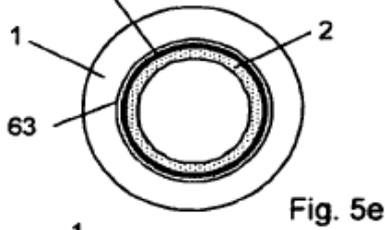


Fig. 5e

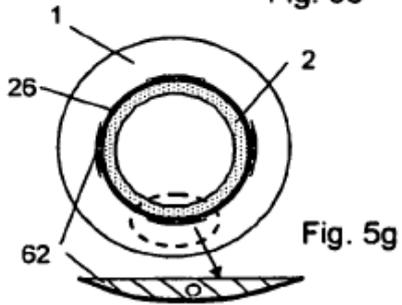


Fig. 5g



Fig. 5b

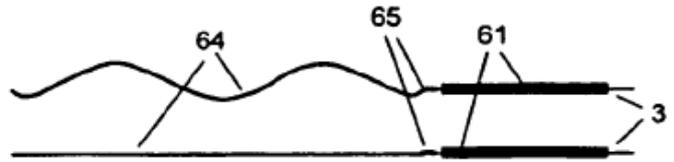


Fig. 5d

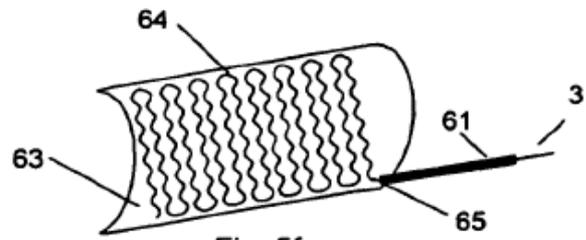


Fig. 5f

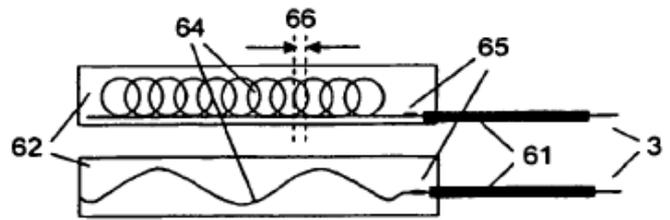


Fig. 5i

Fig. 5

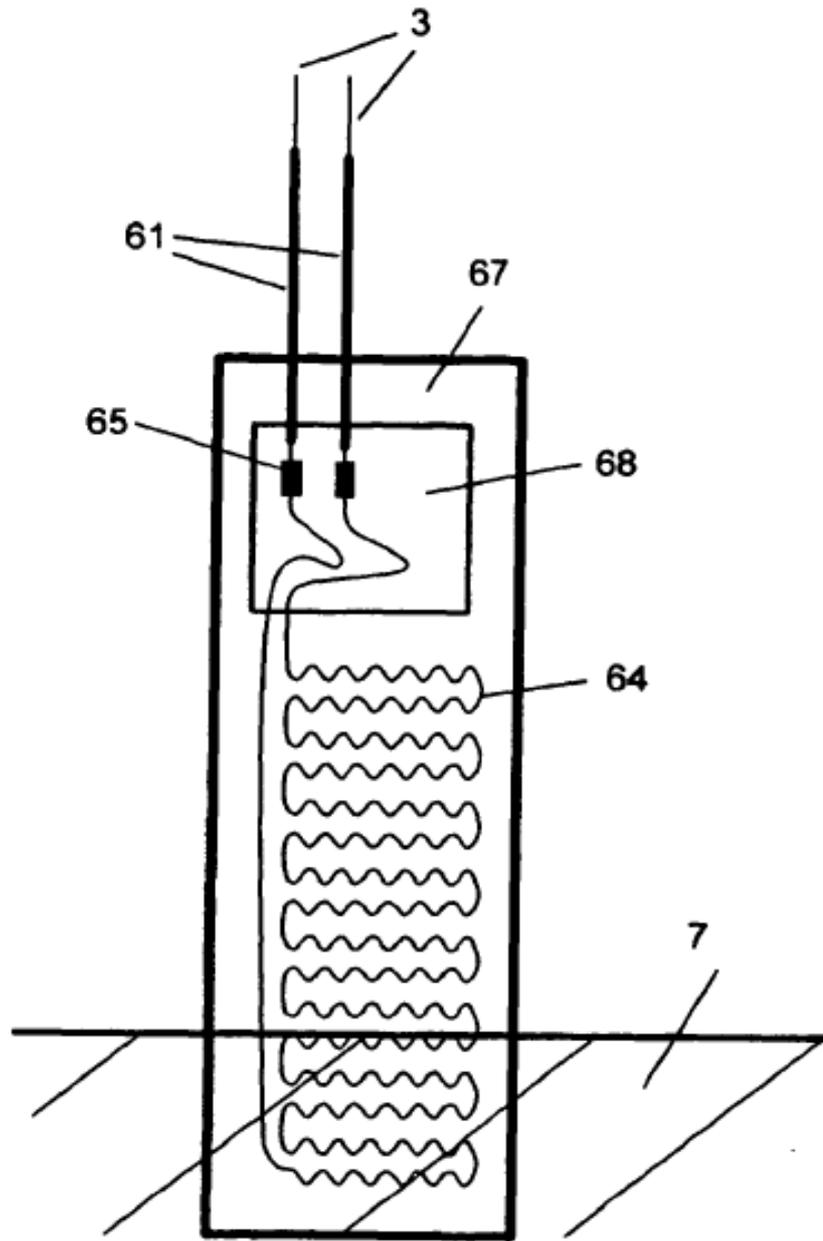


Fig. 6