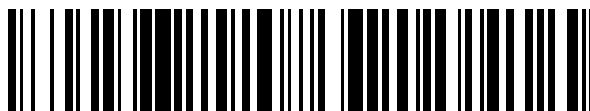


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 487 652**

51 Int. Cl.:

H05B 7/06 (2006.01)

F27B 3/28 (2006.01)

F27D 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.05.2011** **E 11725016 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.06.2014** **EP 2594112**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la medición de longitud de un electrodo**

30 Prioridad:

01.06.2010 EP 10164644

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.08.2014

73 Titular/es:

**DANGO & DIENENTHAL MASCHINENBAU GMBH
(100.0%)
Hagener Strasse 103
57072 Siegen, DE**

72 Inventor/es:

**DIENENTHAL, JÖRG y
MORGENSTERN, HANS-UWE**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 487 652 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 y dispositivo para la medición de longitud de un electrodo

La presente invención se refiere a un procedimiento para medir la longitud de un electrodo o determinar la posición de una sección transversal de consumo del electrodo en un horno eléctrico, en el que la medición se realiza mediante radar, de tal forma que un dispositivo de emisión/recepción por radar está conectado mediante un dispositivo de conexión de guiaondas a un guiaondas que está dispuesto en el electrodo y que se extiende en el sentido de desgaste del electrodo desde una sección transversal final hasta una sección transversal de consumo del electrodo y que está realizado como tubo guiaondas o canal guiaondas, y se mide la diferencia de tiempo entre la emisión de la señal de radar y la recepción del eco producido por reflexión por un punto de discontinuidad del guiaondas en la sección transversal de consumo del electrodo. Además, la invención se refiere a un dispositivo para realizar el procedimiento.

En los llamados "hornos eléctricos", en una cuba de horno se funde metal mediante la energía térmica liberada por la formación de un arco voltaico entre un electrodo y el metal o la masa fundida. En este procedimiento, los electrodos se desgastan continuamente, de modo que para ajustar una distancia deseada entre el extremo del electrodo, definido por la sección transversal de consumo, y el metal que ha de ser fundido o la masa fundida, debe haber un seguimiento del electrodo en sentido contrario al sentido de desgaste.

Para poder lograr, a ser posible, condiciones constantes durante todo el procedimiento de fusión, es importante mantener esta distancia de la forma más constante o definida posible, de modo que, a ser posible, debería realizarse un seguimiento del electrodo de acuerdo con el consumo del electrodo. Para ello, es necesario determinar la longitud del electrodo o la posición relativa de la sección transversal de consumo con respecto a la superficie de la masa fundida. Esto es válido como regla general, independientemente de si en función del procedimiento de fusión concreto la sección transversal de consumo está dispuesta por encima del baño de fusión o si está sumergido en el baño de fusión.

Para determinar la longitud del electrodo o la distancia de la sección transversal de consumo del electrodo con respecto a la superficie de la masa fundida ya son conocidos diversos procedimientos. Por ejemplo, por el documento US4,843,234 se conoce el modo de calcular la longitud del electrodo mediante una disposición de guiaondas dispuesta en o dentro del electrodo mediante la determinación de la longitud del electrodo como diferencia de longitud. Para conseguir una precisión suficiente, en el documento US4,843,234 se recomienda emplear dos disposiciones de guiaondas separadas una de otra que requieren una estructura total correspondientemente compleja del dispositivo de medición. Además, en el procedimiento conocido se requieren medidas especiales para proteger el guiaondas contra las temperaturas extremas en el horno eléctrico.

El documento EP1181841B1 presenta un procedimiento en el que la distancia entre una punta de electrodo y la superficie de la masa fundida se realiza mediante una medición de longitud de referencia en un sistema de elevación de electrodo. Aparte de que la determinación de la posición de la punta del electrodo o de la sección transversal de consumo del electrodo encima de la superficie de la masa fundida se realiza independientemente de la longitud del electrodo, para calcular la distancia es necesario el cálculo subsiguiente de un valor diferencial tomando en consideración un valor de corrección resultante del consumo del electrodo entre dos mediciones. Por lo tanto, el procedimiento conocido por el documento EP1181841B1 no permite ni la medición de la longitud del electrodo, ni es posible la determinación in situ de la distancia de la punta del electrodo con respecto a la superficie de la masa fundida.

Por el documento DE102004022579A1 se dieron a conocer un procedimiento así como un dispositivo que permiten la determinación de la longitud del electrodo. En concreto, se propone que para la realización del procedimiento o bien se use un guiaondas óptico y se mida la longitud del electrodo mediante la medición de la duración del reflejo en forma de un desfase de la oscilación modulada, o bien, en caso de usar guiaondas dieléctricos en forma de varillas de cerámica para determinar la longitud del electrodo, se realice la medición de la duración del reflejo desde el punto de rotura hasta el extremo superior del guiaondas.

Por lo tanto, la presente invención tiene el objetivo de proporcionar un procedimiento y un dispositivo que permitan la medición in situ de la longitud de electrodo o la determinación de la posición de la sección transversal de consumo del electrodo con el menor esfuerzo posible.

Este objetivo se consigue mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1 y un dispositivo con las características de la reivindicación 5.

En el procedimiento según la invención, la medición se realiza mediante radar, de tal forma que un dispositivo de

emisión/recepción por radar está conectado mediante un dispositivo de conexión de guiaondas a un guiaondas que está dispuesto en el electrodo y que se extiende, en el sentido de desgaste del electrodo, desde una sección transversal final del electrodo hasta una sección transversal de consumo del electrodo y que está realizado como tubo guiaondas o canal guiaondas, y se mide la diferencia de tiempo entre la emisión de la señal de radar y la recepción del eco producido por reflexión por un punto de discontinuidad del guiaondas en la sección transversal de consumo del electrodo.

El procedimiento según la invención permite una medición permanente durante el funcionamiento en marcha del horno eléctrico mediante el guiaondas dispuesto en el electrodo. Dado que, a causa del consumo del electrodo, el extremo del guiaondas se encuentra continuamente en la sección transversal de consumo o, en caso de un guiaondas que se extiende fuera de la masa del electrodo, se encuentra a la altura de la sección transversal de consumo, queda garantizado que el extremo del guiaondas se pueda tomar como valor de referencia acertado para la posición de la sección transversal de consumo y, por tanto, conociendo la posición del extremo superior del electrodo se pueda determinar también la longitud actual del electrodo.

Como guiaondas se usará un tubo guiaondas que se extiende a lo largo del electrodo, o bien, un tubo guiaondas que se extiende dentro del electrodo. Si está prevista la realización o la disposición de un guiaondas dentro del electrodo, el guiaondas también puede estar formado por un canal formado dentro del electrodo en el material mismo del electrodo, que presenta una pared de canal adecuada para la propagación de ondas de radar. El extremo del guiaondas, dispuesto dentro de o a la altura de la sección transversal de consumo, constituye un punto de discontinuidad o un punto de inhomogeneidad que produce un eco correspondiente de las ondas electromagnéticas utilizadas como ondas radar, que es detectada en la pieza de recepción del dispositivo de emisión/recepción por radar.

En una variante especialmente preferible del procedimiento, para la adaptación de la distancia física entre un dispositivo de emisión/recepción por radar, posicionado independientemente del electrodo, y la sección transversal final del electrodo se modifica la longitud del dispositivo de conexión de guiaondas. A diferencia de si el dispositivo de emisión/recepción por radar se encuentra directamente cerca de la sección transversal final pudiendo estar realizado el dispositivo de conexión de guiaondas como conexión invariable en cuanto a su extensión longitudinal, una realización del dispositivo de conexión de guiaondas con una longitud variable permite un posicionamiento relativo discrecional del dispositivo de emisión/recepción por radar con respecto a la sección transversal final del electrodo. Por lo tanto, también es posible disponer el dispositivo de emisión/recepción por radar fuera del espacio del horno en una posición protegida especialmente en cuanto a la sollicitación térmica, y usar el dispositivo de conexión de guiaondas para puentear la distancia entre la posición del dispositivo de emisión/recepción por radar, fijamente definida por ejemplo con respecto a la pared del horno, y la sección transversal final del electrodo. Resulta especialmente ventajoso que el dispositivo de conexión de guiaondas esté formado por un tubo, cuyo dimensionamiento coincida con el guiaondas en cuanto al material.

Especialmente en caso de usar para la fusión del material en el horno eléctrico un electrodo Soderberg que presente una estructura segmentada, resulta ventajoso que la longitud efectiva del guiaondas se modifique conforme a la construcción del electrodo con tramos parciales de electrodo que se realiza sobre la sección transversal final para la sustitución de la masa del electrodo consumida en la sección transversal de consumo.

Independientemente de si la propagación de las ondas radar se realice en un guiaondas dispuesto en la masa del electrodo o en un canal guiaondas, cuya pared de canal esté formada por la masa del electrodo, resulta ventajoso que el guiaondas se someta a un medio de lavado durante el funcionamiento del horno eléctrico para evitar que en el guiaondas penetre material que pueda formar puntos de discontinuidad no deseados dentro del guiaondas. Para la realización de una corriente orientada hacia la sección transversal de consumo resulta especialmente ventajoso que el guiaondas se someta a un gas de lavado.

El dispositivo según la invención presenta un dispositivo de emisión/recepción por radar, un tubo guiaondas dispuesto en el electrodo así como un dispositivo de conexión de guiaondas para conectar el tubo guiaondas al dispositivo de emisión/recepción por radar, extendiéndose el tubo guiaondas desde una sección transversal final del electrodo, en el sentido de desgaste del electrodo, hasta una sección transversal de consumo del electrodo.

En una forma de realización preferible, el dispositivo de conexión de guiaondas presenta una longitud variable para realizar una conexión de guiaondas entre un dispositivo de emisión/recepción por radar posicionado independientemente del electrodo y la sección transversal final del electrodo.

Especialmente para el uso del dispositivo en un electrodo Soderberg resulta ventajoso que entre el dispositivo de conexión de guiaondas y el tubo guiaondas esté realizada una conexión de guiaondas en la que un extremo axial

superior del tubo guiaondas esté alojado de forma axialmente deslizable con respecto al extremo axial inferior del dispositivo de conexión de guiaondas, para poder realizar adaptaciones a la posición del extremo axial superior del electrodo que cambia como consecuencia de la construcción del electrodo.

5 Resulta especialmente ventajoso que para realizar la deslizabilidad axial, la conexión del guiaondas esté realizada como manguito de deslizamiento, de tal forma que un extremo del dispositivo de conexión de guiaondas y un extremo del tubo guiaondas estén dispuestos de tal forma que engranan uno en otro. De esta manera, es posible realizar una variabilidad de longitud que influya lo menos posible en la característica de propagación de las ondas radar entre la sección transversal de consumo del electrodo y el dispositivo de emisión/recepción por radar.

10 Para garantizar independientemente de irregularidades en la estructura de la masa del electrodo una propagación uniforme de las ondas radar en el guiaondas y conseguir condiciones reproducibles para la transmisión de las ondas electromagnéticas en el electrodo, resulta ventajoso que el guiaondas esté formado por un tubo guiaondas que se extienda preferentemente por la masa del electrodo.

15 Especialmente si la medición ha de realizarse en un electrodo de Soderberg, resulta ventajoso que el tubo guiaondas se componga de segmentos de guiaondas unidos entre ellos mediante al menos un conector de segmentos. En este caso, la longitud de los distintos segmentos de guiaondas puede estar dimensionada de tal forma que respectivamente un segmento de guiaondas se asigne a un tramo parcial de un electrodo de Soderberg.

20 Si el tubo guiaondas se compone de segmentos de guiaondas, resulta ventajoso que el conector de segmentos presente un adaptador de sección transversal para realizar un diámetro interior continuo en una zona de transición entre dos segmentos de guiaondas, para que no se produzcan irregularidades en la geometría del tubo guiaondas que influyan en la propagación de las ondas radar.

25 Resulta especialmente ventajoso que el tubo guiaondas presente un material de tubo que contenga sustancialmente grafito que por una parte tiene una buena aptitud para la propagación de las ondas radar y, por otra parte, presenta una resistencia o estabilidad térmica especialmente elevada.

30 Especialmente para influir en la densidad o conductividad, el material del tubo puede presentar además de grafito una parte metálica o mineral.

Si el tubo guiaondas está provisto de una impregnación o un recubrimiento, es posible contrarrestar la penetración en el tubo guiaondas del material del electrodo que se diluye durante el consumo del electrodo y, por tanto, contrarrestar la merma de las propiedades del guiaondas.

35 A continuación, se describe en detalle una variante preferible del procedimiento describiendo una forma de realización preferible y un dispositivo que se usa para ello, haciendo referencia al dibujo. Muestran:

40 La figura 1, un horno eléctrico dotado de un electrodo Soderberg, en una representación esquemática; la figura 2, una representación aumentada del electrodo Soderberg con un dispositivo de medición de longitud conectado; la figura 3, una vista parcial aumentada del electrodo Soderberg representado en la figura 2, con un dispositivo de conexión de guiaondas en la sección transversal final del electrodo y con conectores de segmentos dispuestos entre los segmentos de guiaondas;

45 la figura 4, una representación aumentada de un tramo parcial del dispositivo de conexión de guiaondas; la figura 5, un conector de segmentos en representación aumentada.

50 La figura 1 muestra un horno eléctrico 10 con una cuba de horno 11 en la que está alojado un baño de fusión 12 de metal fundido. Por encima del baño de fusión 12 se encuentra alojado en un dispositivo de suministro de electrodo 13 un electrodo 14 realizado aquí como electrodo Soderberg, cuyo extremo de consumo 15 inferior está sumergido en el baño de fusión 12 de tal forma que entre la superficie de baño 16 y una sección transversal de consumo 17 que forma la sección transversal frontal inferior del electrodo resulta una distancia de masa fundida t con respecto a la superficie de la masa fundida (superficie de baño 16) que se encuentra a una altura H por encima del punto de referencia de horno O . En el caso del ejemplo de realización representado aquí, el electrodo 14 presenta por encima del dispositivo de suministro de electrodo 13 una sección transversal final 18.

55

Entre la sección transversal final 18 y la sección transversal de consumo 17 se extiende un tubo guiaondas 20 en el sentido (sentido de desgaste 19) del desgaste del electrodo 14 que es continuo como consecuencia del consumo del electrodo. Al tubo guiaondas 20 está conectado mediante un dispositivo de conexión de guiaondas 21 un dispositivo de emisión/recepción por radar 22 que en el presente caso está fijado de forma estacionaria a una

60

pared exterior 24 del horno eléctrico 10, fuera de la cámara de horno 23 del horno eléctrico 10.

El electrodo 14 que en el presente caso está realizado como electrodo Soderberg se compone de una pluralidad de tramos parciales de electrodo 25 que presentan respectivamente un anillo de acero 26 que determina la forma exterior, con una pasta de carbono 27 alojada dentro del mismo. El electrodo 14 se compone in situ a partir de los tramos parciales 25 durante el funcionamiento del horno eléctrico 10, de tal forma que en la medida que se van consumiendo tramos parciales 25 en el extremo de consumo 15 del electrodo 14 se van colocando nuevos tramos parciales 25 sobre la sección transversal final 18 correspondiente del tramo parcial 25 superior. Dado que conforme al consumo del electrodo en el extremo de consumo 15 del electrodo 14 se realiza una realimentación del electrodo 14 en sentido contrario del sentido de desgaste 19, la posición de la sección transversal final 18 varía sustancialmente en una zona correspondiente a la altura h de un tramo parcial 25, de modo que, por tanto, la sección transversal final 18 se mueve hacia abajo y arriba aproximadamente en la medida h .

En el transcurso de la realimentación del electrodo 14, los tramos parciales 25 nuevos colocados sobre la sección transversal final 18 llegan a la zona de zapatas polares 28, a través de las cuales se introduce corriente eléctrica en el electrodo 14, que produce una aglomeración de la pasta de carbono 27 y que sirve para generar un arco voltaico, no representado aquí, en la sección transversal de consumo 17 del electrodo 14 que causa el desgaste del electrodo 14.

En las figuras 2 y 3, el electrodo 14 está representado con el dispositivo de emisión/recepción por radar 22 conectado a este. Como se puede ver en la figura 2, un valor de medición determinado mediante la medición por radar del dispositivo de emisión/recepción por radar 22 dispuesto de forma estacionaria, es decir, independientemente del electrodo 14, corresponde a la posición relativa de la sección transversal de consumo 17 con respecto al dispositivo de emisión/recepción por radar 22, bajo la condición de que un extremo de guiaondas 29 del tubo guiaondas 20 se encuentre en el plano de la sección transversal de consumo 17. Por lo tanto, conociendo la longitud L del dispositivo de conexión de guiaondas 21, es posible determinar directamente la sección transversal de consumo 17, teniendo en consideración la posición conocida de la superficie de la masa fundida (superficie de baño 16) es posible determinar de manera sencilla la distancia de masa fundida t (véase también la figura 1).

La figura 4 muestra la transición entre el dispositivo de conexión de guiaondas 21 representado en la figura 3 hacia el tubo guiaondas 20 en la zona de la sección transversal final 18, en representación aumentada. Como muestra la figura 4, está realizada una conexión de guiaondas 29 entre el dispositivo de conexión de guiaondas 21 y el tubo guiaondas 20, de tal forma que un extremo 30 libre del dispositivo de conexión de guiaondas 21 está insertado de forma telescópica en un extremo 31 libre contiguo del tubo guiaondas formando la conexión de guiaondas 29 como manguito de deslizamiento.

A causa de la longitud de telescopio $T1$ del dispositivo de conexión de guiaondas 21, que es posible con el manguito de deslizamiento 29, es posible variar por la longitud de telescopio T la distancia del dispositivo de emisión/recepción por radar 22 con respecto a la sección transversal final 18. Por lo tanto, si la longitud de telescopio T corresponde aproximadamente a la altura h de un tramo parcial 25 del electrodo 14, a pesar de la disposición estacionaria del dispositivo de emisión/recepción por radar 22 se puede mantener un contacto de guiaondas entre el dispositivo de emisión/recepción por radar 22 y el extremo 31 del tubo guiaondas 20 en la sección transversal final 18 del electrodo 14.

La figura 5 muestra un conector de segmentos 34 dispuesto respectivamente entre dos segmentos de guiaondas 32, 33 del tubo guiaondas 20 para la conexión continua de los segmentos de guiaondas 32, 33, tal como está representado en la figura 3. Como muestra en detalle la figura 5, el conector de segmentos 34 comprende sustancialmente un adaptador de sección transversal 35 que presenta un diámetro interior d que coincide con los segmentos de guiaondas 32, 33. La conexión del adaptador de sección transversal 35 a los segmentos de guiaondas 32, 33 se realiza respectivamente a través de una unión roscada de tubos 36.

REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento para medir la longitud de un electrodo (14) o determinar la posición de una sección transversal de consumo del electrodo en un horno eléctrico (10), en el que la medición se realiza mediante radar, de tal forma que un dispositivo de emisión/recepción por radar (22) está conectado mediante un dispositivo de conexión de guiaondas (21) a un guiaondas (20) que está dispuesto en el electrodo y que se extiende en el sentido de desgaste (19) del electrodo desde una sección transversal final (18) del electrodo hasta una sección transversal de consumo (17) del electrodo y que está realizado como tubo guiaondas o canal guiaondas, y se mide la diferencia de tiempo entre la emisión de la señal de radar y la recepción del eco producido por reflexión por un punto de discontinuidad del guiaondas en la sección transversal de consumo del electrodo.
- 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** para la adaptación de la distancia física entre un dispositivo de emisión/recepción por radar (22) posicionado independientemente del electrodo (14) y la sección transversal final (18) del electrodo se modifica la longitud del dispositivo de conexión de guiaondas (21).
- 3.- Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado porque** la longitud efectiva del guiaondas (20) se modifica conforme a la construcción del electrodo (14) con tramos parciales de electrodo (25) que se realiza sobre la sección transversal final (18) para la sustitución de la masa del electrodo consumida en la sección transversal de consumo (17).
- 4.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** durante el funcionamiento del horno eléctrico se realiza la circulación de un medio de lavado por el guiaondas (20), orientada hacia la sección transversal de consumo (17).
- 5.- Dispositivo para medir la longitud de un electrodo (14) o determinar la posición del electrodo en un horno eléctrico (10) con un dispositivo de emisión/recepción por radar (22), con un tubo guiaondas (20) dispuesto en el electrodo y con un dispositivo de conexión de guiaondas (21), en el que el tubo guiaondas se extiende desde una sección transversal final (18) del electrodo, en el sentido de desgaste (19) del electrodo, hasta una sección transversal de consumo (17) del electrodo y el dispositivo de conexión de guiaondas sirve para la conexión del dispositivo de emisión/recepción por radar a un extremo del tubo guiaondas en la sección transversal final del electrodo.
- 6.- Dispositivo según la reivindicación 5, **caracterizado porque** el dispositivo de conexión de guiaondas (21) presenta una longitud variable para la conexión del dispositivo de emisión/recepción por radar (22) posicionado independientemente del electrodo (14) a la sección transversal final (18) del electrodo.
- 7.- Dispositivo según la reivindicación 5 ó 6, **caracterizado porque** entre el dispositivo de conexión de guiaondas (21) y el tubo guiaondas (20) está realizada una conexión de guiaondas (29) en la que un extremo axial superior del guiaondas está alojado de forma axialmente deslizable con respecto al extremo axial inferior del dispositivo de conexión de guiaondas.
- 8.- Dispositivo según la reivindicación 7, **caracterizado porque** la conexión de guiaondas (29) está realizada como manguito de deslizamiento, de tal forma que un extremo (30) del dispositivo de conexión de guiaondas (21) y un extremo (31) del tubo guiaondas (20) están dispuestos de tal forma que engranan uno en otro.
- 9.- Dispositivo según una de las reivindicaciones 5 a 8, **caracterizado porque** el tubo guiaondas (20) se compone de segmentos de guiaondas (32, 33) unidos entre ellos mediante al menos un conector de segmentos (34).
- 10.- Dispositivo según la reivindicación 9, **caracterizado porque** el conector de segmentos (34) presenta un adaptador de sección transversal (35) para realizar un diámetro interior d continuo en una zona de transición entre dos segmentos de guiaondas (32, 33).
- 11.- Dispositivo según una de las reivindicaciones 5 a 10, **caracterizado porque** el tubo guiaondas (20) presenta un material de tubo que contiene sustancialmente grafito.
- 12.- Dispositivo según la reivindicación 11, **caracterizado porque** el material del tubo presenta además de grafito una parte metálica como componente esencial.
- 13.- Dispositivo según la reivindicación 11, **caracterizado porque** el material del tubo presenta además de grafito una parte mineral como componente esencial.

14.- Dispositivo según una de las reivindicaciones 5 a 13, **caracterizado porque** el tubo guiaondas (20) está provisto de una impregnación.

5 **15.-** Dispositivo según una de las reivindicaciones 5 a 13, **caracterizado porque** el tubo guiaondas (20) está provisto de un recubrimiento.

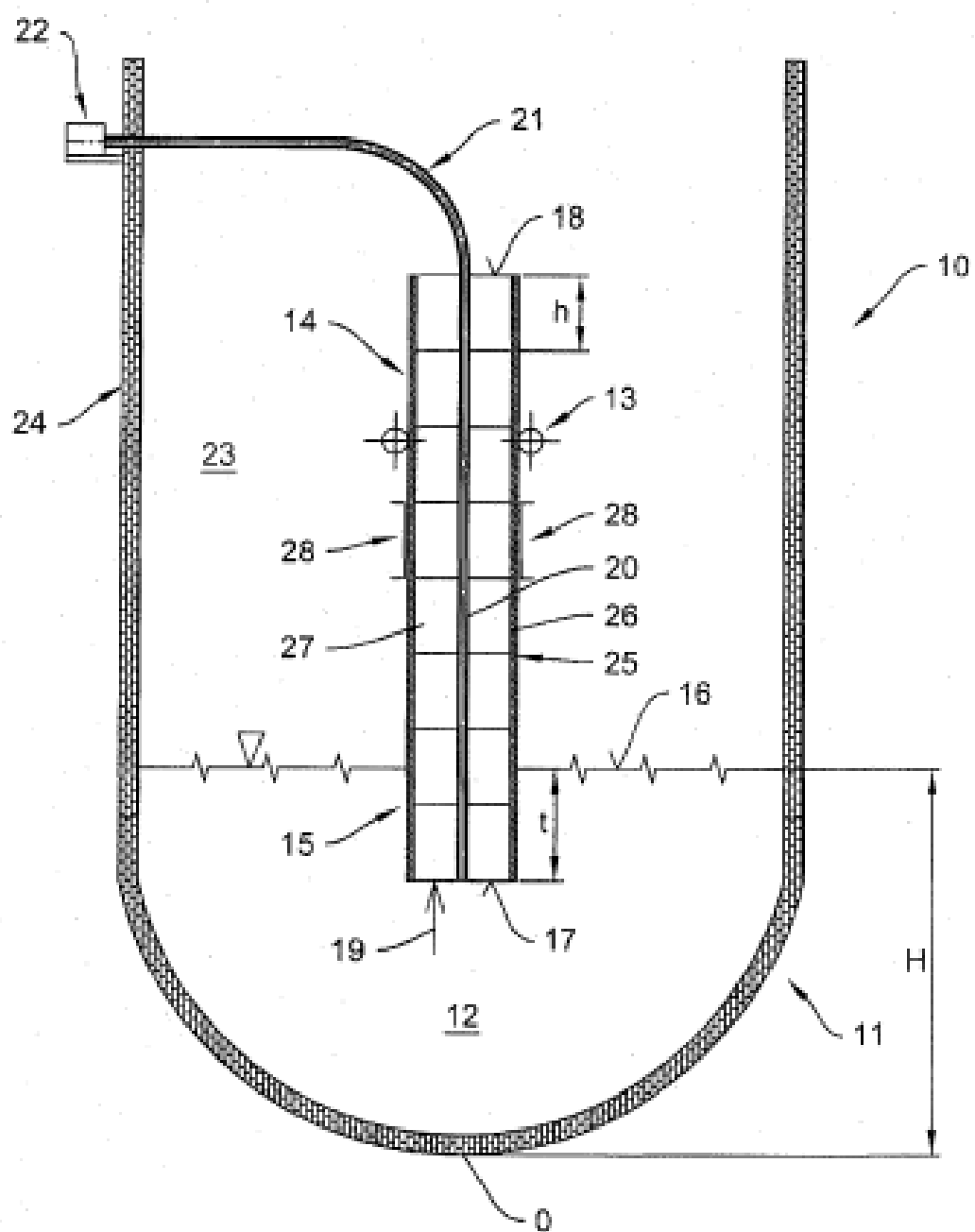


Fig. 1

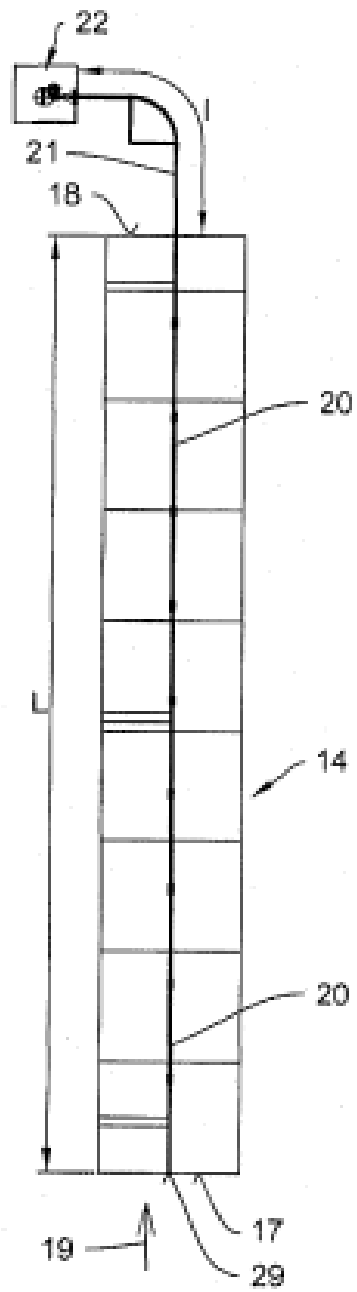


Fig. 2

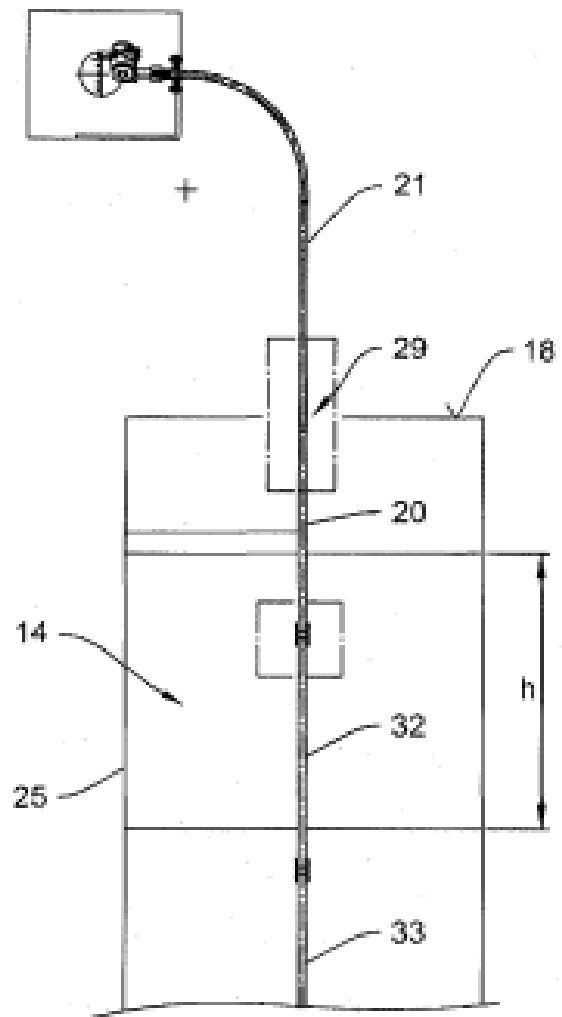


Fig. 3

Fig. 4

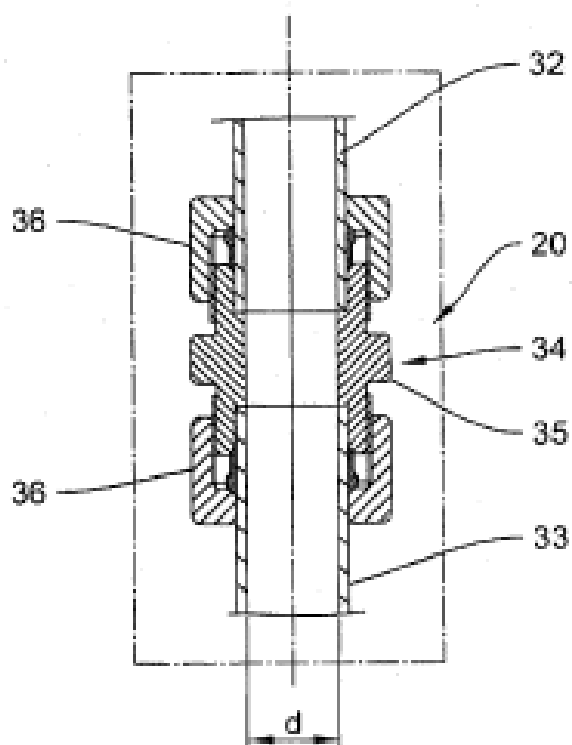
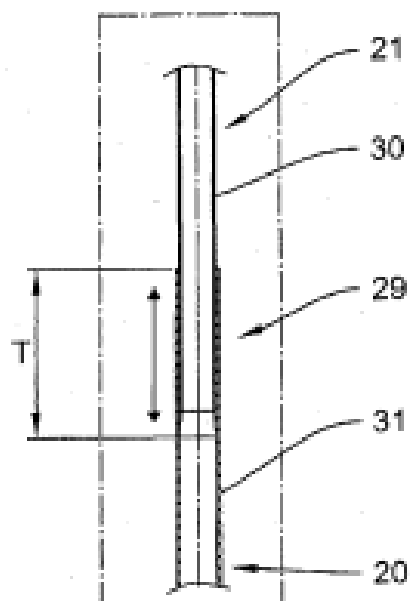


Fig. 5