

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 396 192**

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: **01.06.2010 E 10164644 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.09.2012 EP 2393341**

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

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**19.02.2013**

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 2 396 192 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 la longitud de un electrodo

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la medición de la longitud de un electrodo o la determinación de la posición de una sección transversal consumible del electrodo en un horno eléctrico, en el que se realiza la medición por medio de radar, de manera que un dispositivo de emisión/recepción por radar está conectado por medio de un dispositivo de conexión de guíaondas con un guíaondas dispuesto en el electrodo, que se extiende en la dirección de desgaste del electrodo desde una sección transversal de extremo hasta una sección transversal consumible del electrodo, que está configurado como tubo guíaondas o canal guíaondas, y se mide la diferencia de tiempo entre la emisión de la señal del radar y la recepción del eco generado por un punto de discontinuidad del guíaondas en la sección transversal consumible del electrodo mediante reflexión. Además, la invención se refiere a un dispositivo para la realización del procedimiento.

15 En los denominados "hornos eléctricos" se funde en una cuba del horno metal por medio de la energía térmica que se libera mediante la formación de un arco eléctrico entre un electrodo y el metal o la masa fundida. En este procedimiento se consumen los electrodos continuamente, de modo que para el ajuste de una distancia deseada entre el extremo del electrodo definido por una sección transversal consumible y el metal que va a fundirse o la masa fundida, debe desplazarse posteriormente el electrodo en contra de la dirección de desgaste.

20 Para poder conseguir condiciones lo más constantes posible durante todo el proceso de fusión, esto depende de que esta distancia se mantenga lo más constante o definida posible, de modo que debería realizarse un desplazamiento posterior del electrodo según la posibilidad acorde con el consumo del electrodo. Para ello es necesario determinar la longitud del electrodo o la posición relativa de la sección transversal consumible con respecto a la superficie de masa fundida. Esto se aplica básicamente independientemente de si la sección transversal consumible está dispuesta por encima del baño de fusión, dependiendo del respectivo procedimiento de fusión, o está sumergida en el baño de fusión.

25 Para la determinación de la longitud del electrodo o de la distancia de la sección transversal consumible del electrodo de la superficie de masa fundida se conocen ya diversos procedimientos. Así se conoce por ejemplo por el documento US 4.843.234 calcular la longitud del electrodo por medio de una disposición de arco eléctrico dispuesta al lado de o en el electrodo mediante la determinación de la longitud del electrodo como diferencia de longitud. Para la obtención de una exactitud suficiente se recomienda en el documento US 4.843.234 usar dos disposiciones de arco eléctrico separadas entre sí que hacen necesaria una estructura total del dispositivo de medición correspondientemente compleja. Además son necesarias medidas especiales en el procedimiento conocido para proteger al arco eléctrico frente a las temperaturas extremas en el horno eléctrico.

30 El documento EP 1 181 841 B1 muestra un procedimiento, en el que la distancia entre una punta del electrodo y la superficie de masa fundida se realiza por medio de una medición de longitud de referencia en un sistema de elevación de electrodo. Aparte de que se realiza la determinación de la posición de la punta del electrodo o de la sección transversal consumible del electrodo sobre la superficie de masa fundida independientemente de la longitud del electrodo, es necesario para el cálculo de la distancia un cálculo del valor diferencial posterior considerando un valor de corrección que resulta del consumo del electrodo entre dos mediciones. Por consiguiente, el procedimiento conocido por el documento EP 1 181 841 B1 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 desde la superficie de masa fundida.

40 Por el documento DE 10 2004 022 579 A1 se conoce un procedimiento así como un dispositivo que permiten una determinación de la longitud del electrodo. En particular se propone usar en la realización del procedimiento o bien un guíaondas óptico y medir la longitud del electrodo mediante la medición del tiempo de recorrido del reflejo en forma de un desplazamiento de fases de la oscilación modulada, o bien con el uso guíaondas dieléctricos en forma de barra compuestos de material cerámico para la determinación de la longitud del electrodo evaluar la medición del tiempo de recorrido del reflejo por microondas desde el sitio de ruptura hasta el extremo superior del guíaondas.

45 Por el documento DE 10 70 303 B se conoce una instalación de horno de fusión con arco eléctrico, en la que se realiza una medición de la longitud del arco eléctrico.

El documento DE 11 06 007 B muestra un procedimiento para la medición de la longitud del electrodo, en el que el propio electrodo se usa como guíaondas para la transmisión de ondas mecánicas.

50 Por consiguiente, la presente invención se basa en el objetivo de proponer un procedimiento o un dispositivo que permita una medición *in situ* de la longitud del electrodo o la determinación de la posición de la sección transversal consumible del electrodo con un gasto lo más reducido posible.

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

55 En el procedimiento según la invención se realiza la medición por medio de radar, de manera que un dispositivo de emisión/recepción por radar está conectado por medio de un dispositivo de conexión de guíaondas con un

5 guiaondas dispuesto en el electrodo, que se extiende en la dirección de desgaste del electrodo desde una sección transversal de extremo del electrodo hasta una sección transversal consumible del electrodo, que está configurado como tubo guiaondas o canal guiaondas, y se mide la diferencia de tiempo entre la emisión de la señal del radar y la recepción de eco generado por un punto de discontinuidad del guiaondas en la sección transversal consumible del electrodo mediante reflexión.

10 El procedimiento según la invención permite una medición permanente durante el funcionamiento continuo del horno eléctrico por medio del guiaondas dispuesto en el electrodo. Dado que, debido al consumo del electrodo, el extremo del guiaondas se encuentra continuamente en la sección transversal consumible o en el caso de un guiaondas que discurre fuera de la masa del electrodo se encuentra a la altura de la sección transversal consumible, se garantiza que el extremo del guiaondas puede tomarse como valor de referencia correcto para determinar la posición de la sección transversal consumible y por consiguiente puede determinarse también la longitud actual del electrodo en caso de posición conocida del extremo superior del electrodo.

15 Como guiaondas se usa a este respecto un tubo guiaondas que discurre a lo largo del electrodo o también un tubo guiaondas que discurre dentro del electrodo. Siempre que esté prevista una configuración o disposición de un guiaondas dentro del electrodo, puede estar formado el guiaondas también por un canal configurado dentro del electrodo en el propio material del electrodo, que presenta una pared de canal adecuada para la reproducción de las ondas del radar. El extremo del guiaondas dispuesto en la o a la altura de la sección transversal consumible forma un punto de discontinuidad o punto de inhomogeneidad que genera un correspondiente eco de las ondas electromagnéticas usadas como ondas del radar, que se detecta en la parte de recepción del dispositivo de  
20 emisión/recepción por radar.

25 En una variante del procedimiento especialmente preferente se modifica la longitud del dispositivo de conexión de guiaondas para la adaptación de la distancia espacial entre un dispositivo de emisión/recepción por radar colocado independientemente del electrodo y la sección transversal de extremo del electrodo. Al contrario del caso cuando el dispositivo de emisión/recepción por radar se encuentra en proximidad inmediata de la sección transversal de extremo y por consiguiente el dispositivo de conexión de guiaondas puede estar configurado como conexión inalterable con respecto a su extensión longitudinal, una configuración que puede modificarse en la longitud del dispositivo de conexión de guiaondas permite una colocación relativa arbitraria del dispositivo de emisión/recepción por radar con respecto a la sección transversal de extremo del electrodo. Por consiguiente es también posible disponer el dispositivo de emisión/recepción por radar fuera del espacio de horno en una posición protegida particularmente con respecto a la carga térmica y usar el dispositivo de conexión de guiaondas para puentear la distancia entre la posición del dispositivo de emisión/recepción por radar definida de manera fija por ejemplo con respecto a una pared del horno y la sección transversal de extremo del electrodo. A este respecto es especialmente ventajoso cuando el dispositivo de conexión de guiaondas está formado por un tubo acorde con el guiaondas en el dimensionamiento y con respecto al material.

35 Particularmente en el caso cuando para fundir el material en el horno eléctrico se usa un electrodo de Söderberg que presenta una estructura segmentada, es ventajoso cuando se modifica la longitud eficaz del guiaondas de manera correspondiente una estructura del electrodo que se realiza en la sección transversal de extremo con partes de electrodo para la sustitución de la masa de electrodo consumida en la sección transversal consumible.

40 Independientemente de si la reproducción de las ondas del radar se realiza en un guiaondas dispuesto en la masa del electrodo o en un canal guiaondas cuya pared de canal está formada por la masa del electrodo, resulta ventajoso cuando el guiaondas se solicita durante el funcionamiento del horno eléctrico con un medio de lavado para impedir que el material entre en el guiaondas, que podría formar puntos de discontinuidad indeseados dentro del guiaondas. Resulta especialmente ventajoso para la formación de una corriente dirigida hacia la sección transversal consumible en el guiaondas, cuando se solicita el guiaondas con un gas de lavado.

45 El dispositivo según la invención presenta un dispositivo de emisión/recepción por radar, un tubo guiaondas dispuesto en el electrodo así como dispositivo de conexión de guiaondas para la conexión del tubo guiaondas con el dispositivo de emisión/recepción por radar, en el que el tubo guiaondas se extiende desde una sección transversal de extremo del electrodo en la dirección de desgaste del electrodo hasta una sección transversal consumible del electrodo.

50 En una forma de realización preferente, el dispositivo de conexión de guiaondas presenta un longitud modificable para la fabricación de una conexión del guiaondas entre un dispositivo de emisión/recepción por radar colocado independientemente del electrodo y la sección transversal de extremo del electrodo.

55 Particularmente para el uso del dispositivo en un electrodo de Söderberg es ventajoso cuando entre el dispositivo de conexión de guiaondas y el tubo guiaondas está formada una conexión del guiaondas, en la que un extremo axial superior del tubo guiaondas está alojado de manera axialmente desplazable con respecto al extremo axial inferior del dispositivo de conexión de guiaondas, para poder realizar adaptaciones en la posición, que se modifica como consecuencia de la estructura del electrodo, del extremo axial superior del electrodo.

Es especialmente ventajoso cuando, para la formación de la capacidad de desplazamiento axial, la conexión del guiaondas está configurada como manguito deslizante, de manera que un extremo del dispositivo de conexión de guiaondas y un extremo del tubo guiaondas están dispuestos de manera que se engranan uno dentro del otro. Mediante esto es posible obtener una capacidad de modificación de la longitud que influya lo menos posible en la característica de reproducción de las ondas del radar entre la sección transversal consumible del electrodo y el dispositivo de emisión/recepción por radar.

Para proporcionar, independientemente de las discontinuidades en la estructura de la masa del electrodo, una reproducción formada de manera uniforme de las ondas del radar en el guiaondas o para crear condiciones reproducibles para la transmisión de las ondas electromagnéticas en el electrodo, es ventajoso cuando el tubo guiaondas está formado por un tubo guiaondas que se extiende preferentemente por la masa del electrodo.

Particularmente en el caso cuando la medición debe realizarse en un electrodo de Söderberg, es ventajoso cuando el tubo guiaondas está compuesto por segmentos guiaondas que están conectados entre sí por medio de al menos un conector de segmentos. A este respecto, los segmentos guiaondas individuales pueden estar dimensionados en su longitud, de modo que respectivamente un segmento guiaondas se asigna a una parte de electrodo de un electrodo de Söderberg.

En el caso de que el tubo guiaondas esté compuesto por segmentos guiaondas, es ventajoso cuando el conector de segmentos presenta un adaptador de sección transversal para la formación de un diámetro interno continuo en una zona de transición entre dos segmentos guiaondas, por consiguiente, para que no se puedan producir discontinuidades en la geometría del tubo guiaondas que influye en la reproducción de las ondas del radar.

A continuación se explica en más detalle una variante preferente del procedimiento con la explicación de una forma de realización preferente de un dispositivo que se usa a este respecto con referencia al dibujo. Muestran:

**la figura 1** un horno eléctrico dotado de un electrodo de Söderberg en representación esquemática;

**la figura 2** una representación ampliada el electrodo de Söderberg con dispositivo de medición de longitud conectado con el mismo;

**la figura 3** una vista parcial ampliada del electrodo de Söderberg representado en la figura 2 con un dispositivo de conexión de guiaondas en la sección transversal de extremo del electrodo y conectores de segmentos dispuestos entre segmentos guiaondas;

**la figura 4** una representación ampliada de una parte del dispositivo de conexión de guiaondas;

**la figura 5** un conector de segmentos en representación ampliada.

La figura 1 muestra un horno eléctrico 10 con una cuba del 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 introducción del electrodo 13 un electrodo 14 configurado en este caso como electrodo de Söderberg, cuyo extremo consumible inferior 15 está sumergido en el baño de fusión 12, de manera que entre una superficie del baño 16 y una sección transversal consumible 17 que forma la sección transversal frontal inferior del electrodo se forma una distancia de masa fundida  $t$  desde la superficie de masa fundida (superficie del baño 16) que se encuentra a una altura  $H$  por encima de un punto de referencia del horno  $O$ . En el caso del ejemplo de realización representado en este caso, el electrodo 14 presenta una sección transversal de extremo 18 por encima del dispositivo de introducción del electrodo 13.

Entre la sección transversal de extremo 18 y la sección transversal consumible 17, un tubo guiaondas 20 se extiende hacia (dirección de desgaste 19) el desgaste del electrodo 14 continuo como consecuencia del consumo del electrodo. Con el tubo guiaondas 20 por medio de un dispositivo de conexión de guiaondas 21 está conectado un dispositivo de emisión/recepción por radar 22 que en el presente caso está fijado de manera estacionaria a una pared exterior 24 del horno eléctrico 10 fuera de una cámara de horno 23 del horno eléctrico 10.

El electrodo 14 configurado en el presente caso como electrodo de Söderberg está compuesto por una pluralidad de partes de electrodo 25, que respectivamente presentan un anillo de acero 26 que determina la forma exterior con una pasta de carbono 27 alojada en el mismo. El electrodo 14 se ensambla *in situ* por las partes 25 durante el funcionamiento del horno eléctrico 10, de manera que en la medida que se realice un consumo de partes 25 en el extremo consumible 15 del electrodo 14, se colocan nuevas partes 25 en la respectiva sección transversal de extremo 18 de la parte que se encuentra más arriba 25. Dado que de manera correspondiente al consumo de electrodo en el extremo consumible 15 del electrodo 14 se realiza un desplazamiento posterior del electrodo 14 en contra de la dirección de desgaste 19, se modifica la posición de la sección transversal de extremo 18 esencialmente en una zona que corresponde a la altura  $h$  de una pieza 25, de modo que la sección transversal de extremo 18 se mueve, por tanto, hacia arriba y hacia abajo aproximadamente alrededor de la medida  $h$ .

En el transcurso del desplazamiento posterior del electrodo 14, las partes 25 colocadas de nuevo en la sección transversal de extremo 18 acceden respectivamente a la zona de piezas polares 28, a través de las cuales se inicia corriente eléctrica en el electrodo 14, que origina un endurecimiento de la pasta de carbono 27 y sirve para la

generación de un arco eléctrico no representado en este caso en la sección transversal consumible 17 del electrodo 14 que conduce al desgaste del electrodo 14.

5 En **las figuras 2 y 3** está representado el electrodo 14 con el dispositivo de emisión/recepción por radar 22 conectado con el mismo. Tal como será obvio a partir de la **figura 2**, un valor de medición determinado por medio de la medición por radar del dispositivo de emisión/recepción por radar 22 dispuesto de manera estacionaria, por tanto  
 10 independientemente del electrodo 14, corresponde a la posición relativa de la sección transversal consumible 17 con respecto al dispositivo de emisión/recepción por radar 22, con la condición previa de que un extremo del guiaondas 29 del tubo guiaondas 20 se encuentre en el plano de la sección transversal consumible 17. Con longitud  $l$  conocida del dispositivo de conexión de guiaondas 21 puede determinarse, por consiguiente, directamente la longitud  $L$  del electrodo o la posición de la sección transversal consumible 17. Con posición conocida de la sección transversal consumible 17 puede determinarse la distancia de la masa fundida  $t$  considerando la posición conocida de la superficie de la masa fundida (superficie del baño 16) de la manera y modo más fácil (véase también la figura 1).

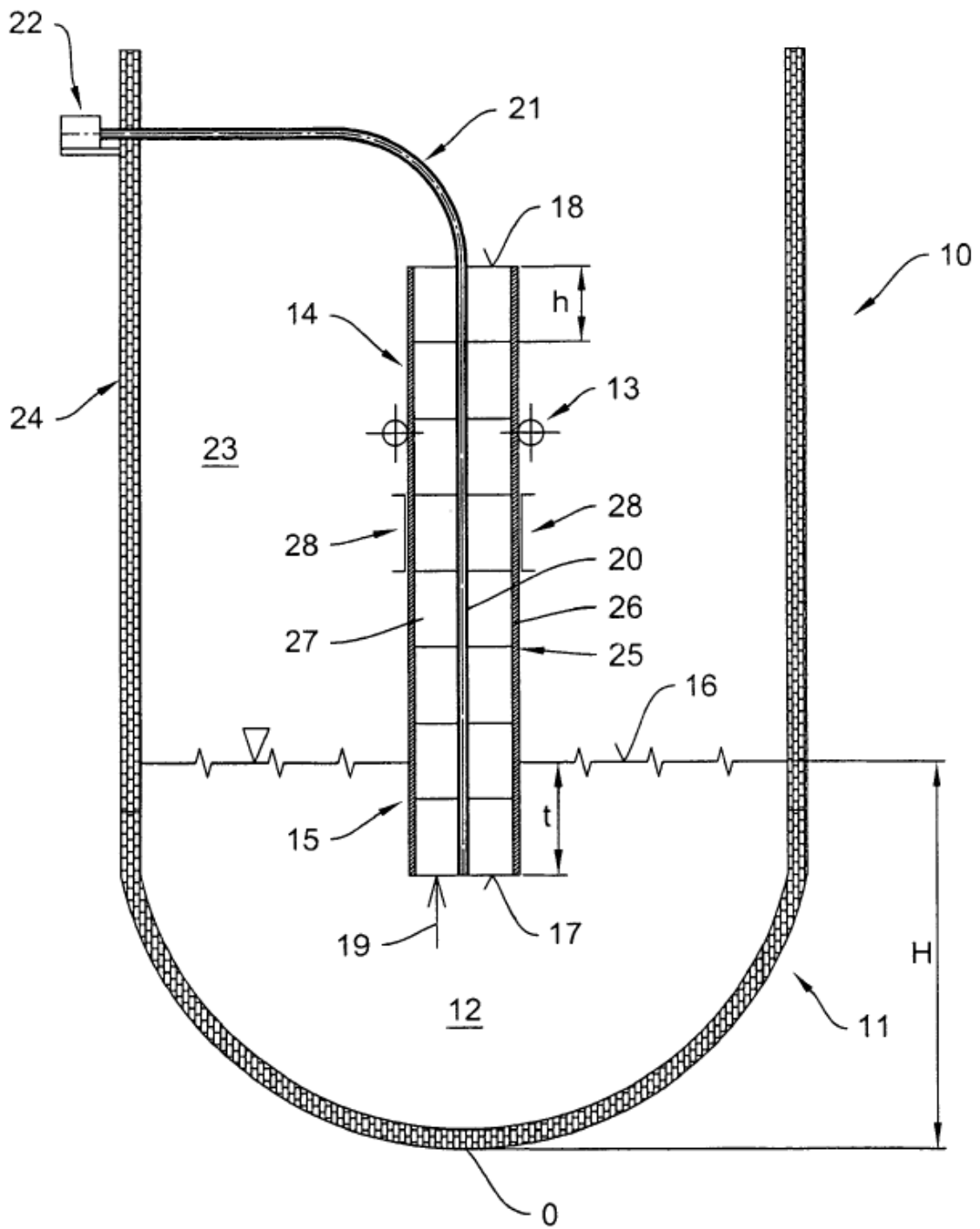
15 **La figura 4** muestra la transición entre el dispositivo de conexión de guiaondas 21 representado en **la figura 3** hacia el tubo guiaondas 20 en la zona de la sección transversal de extremo 18 en representación ampliada. Tal como muestra **la figura 4**, una conexión del guiaondas 29 está formada entre el dispositivo de conexión de guiaondas 21 y el tubo guiaondas 20 de manera que un extremo libre 30 del dispositivo de conexión de guiaondas 21 está colocado a modo de telescopio en un extremo libre adyacente 31 del tubo guiaondas y a este respecto está configurada la conexión del guiaondas 29 como manguito deslizante.

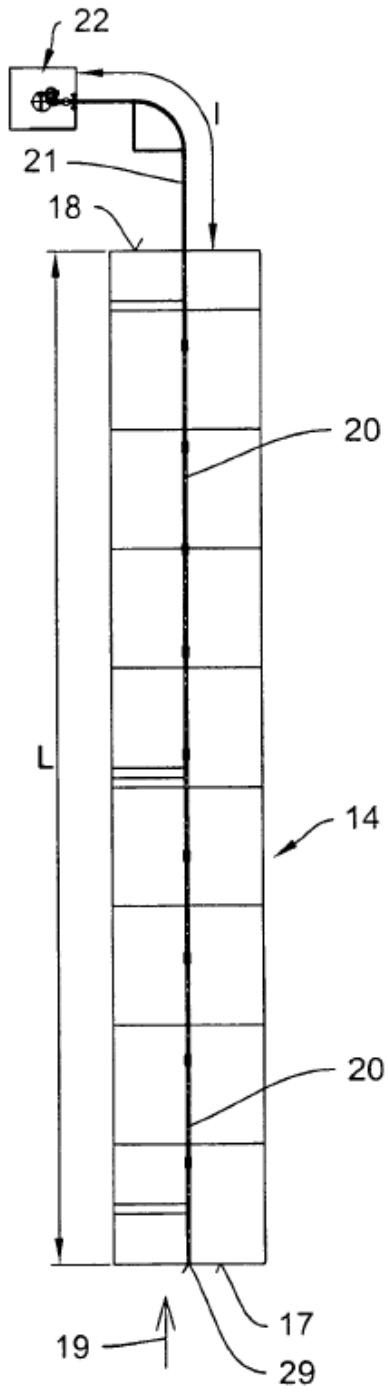
20 Debido a la longitud telescópica  $T_1$  facilitada con el manguito deslizante 29 del dispositivo de conexión de guiaondas 21 puede modificarse la distancia del dispositivo de emisión/recepción por radar 22 con respecto a la sección transversal de extremo 18 en la longitud telescópica  $T$ . Cuando la longitud telescópica  $T$  corresponde aproximadamente a la altura  $h$  de una parte 25 del electrodo 14, puede mantenerse, por tanto, un contacto del guiaondas entre el dispositivo de emisión/recepción por radar 22 y el extremo 31 del tubo guiaondas 20 en la sección transversal de extremo 18 del electrodo 14, a pesar de la disposición estacionaria del dispositivo de  
 25 emisión/recepción por radar 22.

30 **La figura 5** muestra un conector de segmentos 34, tal como se representa en **la figura 3**, dispuesto respectivamente entre dos segmentos guiaondas 32, 33 del tubo guiaondas 20 para la conexión continua de los segmentos guiaondas 32, 33. Tal como muestra **la figura 5** en particular, el conector de segmentos 34 comprende esencialmente un adaptador de sección transversal 35, que presenta un diámetro interno  $d$  acorde con los segmentos guiaondas 32, 33. La conexión del adaptador de sección transversal 35 con los segmentos de guiaondas 32, 33 se realiza respectivamente a través de un atornillamiento del tubo 36.

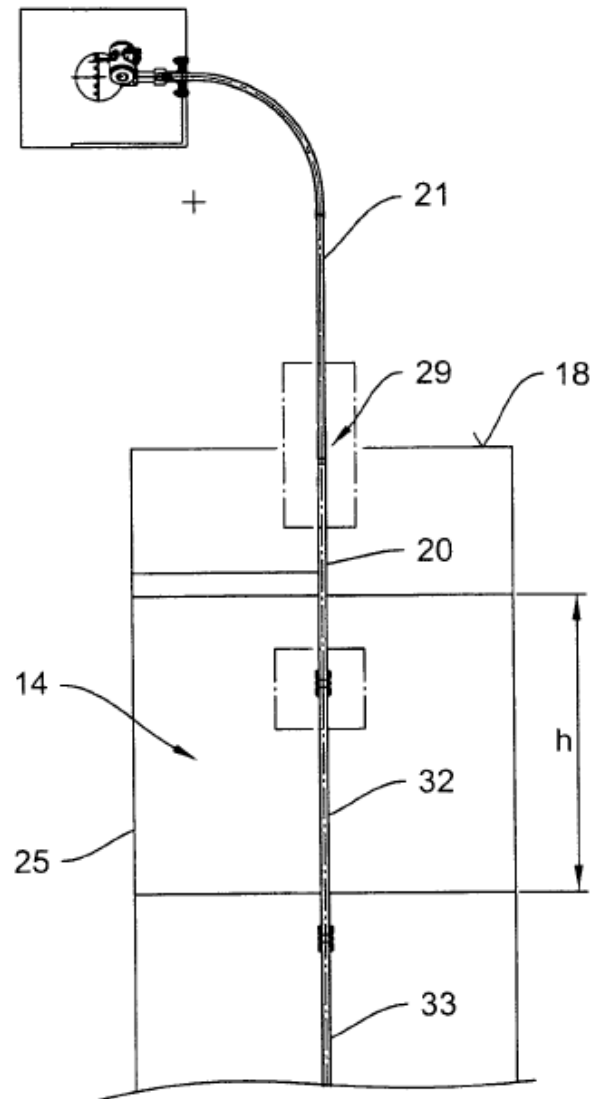
**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para la medición de la longitud de un electrodo (14) o la determinación de la posición de una sección transversal consumible del electrodo en un horno eléctrico (10), en el que la medición se realiza por medio de radar, de manera que un dispositivo de emisión/recepción por radar (22) está conectado por medio de un dispositivo de conexión de guiaondas (21) con un guiaondas (20) dispuesto en el electrodo, que se extiende en la dirección de desgaste (19) del electrodo desde una sección transversal de extremo (18) del electrodo hasta una sección transversal consumible (17) del electrodo, que está configurado como tubo guiaondas o canal guiaondas, y se mide la diferencia de tiempo entre la emisión de la señal del radar y la recepción del eco generado por un punto de discontinuidad del guiaondas en la sección transversal consumible del electrodo mediante reflexión.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** para la adaptación de la distancia espacial entre el dispositivo de emisión/recepción por radar (22) colocado independientemente del electrodo (14) y la sección transversal de extremo (17) del electrodo se modifica la longitud del dispositivo de conexión de guiaondas (21).
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado porque** se modifica la longitud eficaz del guiaondas (20) de manera correspondiente a una estructura del electrodo (14) que se realiza en la sección transversal de extremo (18) con partes de electrodo (25) para la sustitución de masa de electrodo consumida en la sección transversal consumible (17).
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** durante el funcionamiento del horno eléctrico se realiza una corriente del guiaondas (20) dirigida hacia la sección transversal consumible (17) con un medio de lavado.
5. Dispositivo para la medición de la longitud de un electrodo (14) o la determinación de la posición del electrodo en un horno eléctrico (10) con un dispositivo de emisión/recepción por radar (22), un tubo guiaondas (20) dispuesto en el electrodo y un dispositivo de conexión de guiaondas (21), en el que el tubo guiaondas se extiende desde una sección transversal de extremo (18) del electrodo en la dirección de desgaste (19) del electrodo hasta una sección transversal consumible (17) del electrodo y el dispositivo de conexión de guiaondas sirve para la conexión del dispositivo de emisión/recepción por radar en un extremo del tubo guiaondas en la sección transversal de extremo del electrodo.
6. Dispositivo según la reivindicación 5, **caracterizado porque** el dispositivo de conexión de guiaondas (21) presenta una longitud modificable para la conexión del dispositivo de emisión/recepción por radar (22) colocado independientemente del electrodo (14) con la sección transversal de extremo (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 formada una conexión del guiaondas (29) en la que un extremo axial superior del tubo guiaondas está alojado de manera axialmente desplazable con respecto al extremo axial inferior del dispositivo de conexión de guiaondas.
8. Dispositivo según la reivindicación 7, **caracterizado porque** la conexión del guiaondas (29) está configurada como manguito deslizante, de manera que un extremo (30) del dispositivo de conexión de guiaondas (21) y un extremo (31) del tubo guiaondas (20) están dispuestos de manera que se engranan uno dentro del otro.
9. Dispositivo según una de las reivindicaciones 5 a 8, **caracterizado porque** el tubo guiaondas está compuesto por segmentos guiaondas (32, 33) que están conectados entre sí por medio de 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 la formación de un diámetro interno d continuo en una zona de transición entre dos segmentos de guiaondas (32, 33).





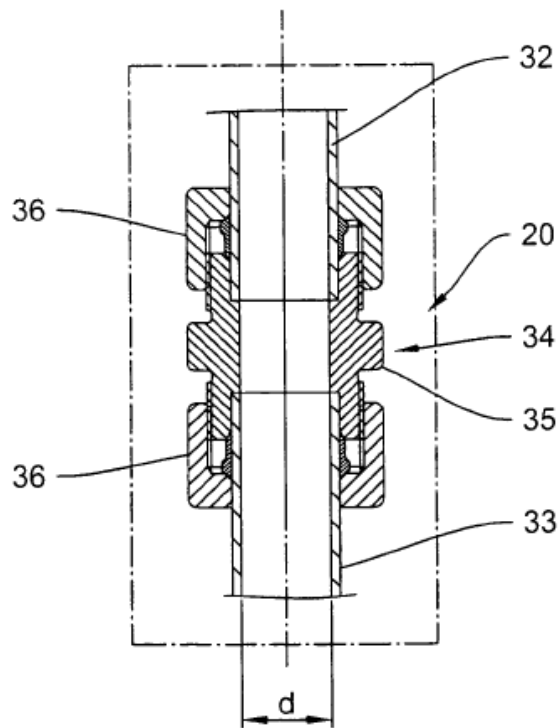
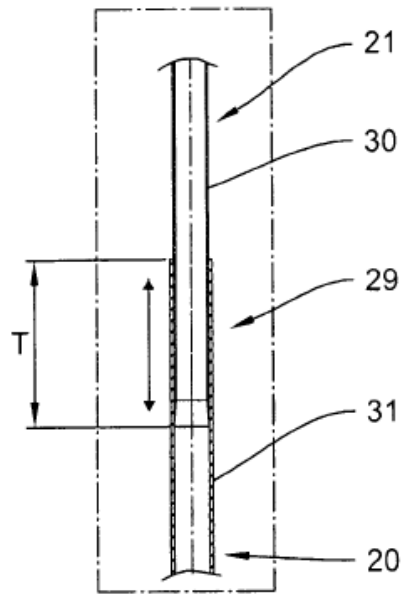
**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Fig. 4**



**Fig. 5**