

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 605 681**

51 Int. Cl.:

F27D 11/08 (2006.01)

H05B 7/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.02.2011 PCT/EP2011/051773**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.08.2011 WO11101271**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.02.2011 E 11703657 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.08.2016 EP 2536988**

54 Título: **Brazo portaelectrodo de un horno metalúrgico de fundición**

30 Prioridad:

26.06.2010 DE 102010025236

18.02.2010 DE 102010008503

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

15.03.2017

73 Titular/es:

**SMS GROUP GMBH (100.0%)
Eduard-Schloemann-Strasse 4
40237 Düsseldorf, DE**

72 Inventor/es:

**FEHLEMANN, GEREON y
LIEFTUCHT, DIRK**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 605 681 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

Brazo portaelectrodo de un horno metalúrgico de fundición

5 La presente invención hace referencia a un brazo portaelectrodo de un horno metalúrgico de fundición, en particular de un horno de arco eléctrico, donde el brazo portaelectrodo se encuentra provisto de al menos un elemento de medición para medir una variable física.

En la solicitud DE 198 56 765 se describe un método para detectar la reducción de aprovechamiento de componentes en hornos de arco eléctrico a los que se puede aplicar corriente o los cuales se pueden conectar a la corriente, convenientemente en cuanto a la eficiencia energética, en los cuales, durante el funcionamiento, un arco eléctrico se encuentra encendido partiendo desde un electrodo.

10 Por la solicitud DE 27 50 271 A1 se conoce una disposición de electrodos con un brazo portaelectrodo conforme al género. En los hornos metalúrgicos de fundición, en particular en los hornos de arco eléctrico, se utilizan dispositivos de retención para los electrodos necesarios. Dichos dispositivos se componen mayormente de una torre de soporte que soporta un brazo portaelectrodo, donde el brazo portaelectrodo se extiende en dirección horizontal. En el extremo del brazo portaelectrodo que se encuentra apartado de la torre de soporte está dispuesto un electrodo que se extiende verticalmente hacia abajo, es decir, que el mismo cuelga en el extremo del brazo portaelectrodo. La conducción de corriente desde una conexión de corriente hacia el electrodo tiene lugar mayormente a través de chapas de acero revestidas de cobre, de las cuales se compone el brazo soporte. De este modo, la chapa de acero se encarga esencialmente de la función de soporte mecánica, donde el cobre aplicado conduce la corriente.

15 En el documento mencionado ya se explica también que el brazo portaelectrodo puede estar provisto de elementos sensores, donde se utilizan células de carga o galgas extensiométricas. Con los sensores mencionados se detecta la deformación del brazo soporte. De este modo, los datos determinados mediante sensores pueden ser comparados con valores deseados, para lo cual se utiliza un aparato para evaluar valores de medición.

Disposiciones de electrodos similares se describen en las solicitudes DE 27 50 186 A1, DE 36 08 338 A1, EP 1 537 372 B1 y EP 0 094 378 B1.

25 En los sistemas conocidos - en tanto abordan la cuestión de la detección de valores de medición en el brazo soporte de electrodos - se considera desventajoso el hecho de que a consecuencia de la elevada intensidad de corriente a través del brazo soporte de electrodos se presentan campos interferentes eléctricos elevados que son perjudiciales de manera sensible tanto para los termoelementos como también para las galgas extensiométricas. Por consiguiente, es difícil determinar de forma precisa los datos térmicos (es decir, las temperaturas) y los datos mecánicos (es decir, tensiones o dilataciones), lo cual sin embargo es la condición previa para conducir de forma óptima el funcionamiento de los electrodos.

30 El objeto de la presente invención consiste en perfeccionar un brazo portaelectrodo de la clase mencionada en la introducción, de manera que sea posible detectar del modo más preciso posible cargas térmicas y/o mecánicas del brazo portaelectrodo, controlando así de forma mejorada el funcionamiento de la disposición de electrodos. Debe proporcionarse por tanto un control eficiente para el brazo portaelectrodo. De este modo, debe ser posible un control continuo y preciso de las temperaturas, así como de las tensiones mecánicas del brazo portaelectrodo, el cual pueda realizarse de forma conveniente en cuanto a los costes.

35 La solución de dicho objeto a través de la invención se caracteriza porque el elemento de medición está diseñado para medir la temperatura y/o la dilatación mecánica del brazo portaelectrodo, donde el elemento de medición comprende al menos un cable de fibra óptica que se extiende al menos en secciones a lo largo de la extensión longitudinal del brazo portaelectrodo.

El cable de fibra óptica puede estar dispuesto en un tubo que lo rodea.

El cable de fibra óptica y el tubo que eventualmente lo rodea pueden estar dispuestos en una perforación en el brazo portaelectrodo.

40 De manera alternativa a ello también es posible que el cable de fibra óptica y el tubo que eventualmente lo rodea se encuentren dispuestos en una ranura en el brazo portaelectrodo. La ranura puede estar cerrada por un elemento de cierre que sostiene en la base de la ranura el cable de fibra óptica y el tubo que eventualmente lo rodea, donde el elemento de cierre es en particular una pieza metálica insertada o moldeada en la ranura. El elemento de cierre se encuentra unido a la ranura preferentemente a través de soldadura por fricción - agitación. Durante la soldadura por fricción - agitación, de manera ventajosa, la temperatura de soldadura puede ser bien controlada, debido a lo cual puede impedirse que el cable de fibra óptica se caliente demasiado en el interior de la ranura.

5 En otra alternativa se prevé que el cable de fibra óptica y/o el tubo que eventualmente lo rodea se encuentren dispuestos en una capa, donde la capa se encuentra dispuesta en el brazo portaelectrodo o cerca del mismo. La capa puede estar compuesta por metal, o puede estar compuesta por un material no metálico resistente a la temperatura. El cable de fibra óptica y el tubo que eventualmente lo rodea pueden estar rodeados completamente por el material de la capa. La capa puede estar aplicada de forma galvánica en el brazo portaelectrodo o cerca del mismo. Dicha capa puede ser de cobre, cromo o níquel. La capa puede tratarse de un revestimiento por pulverización o de un revestimiento químico, tal como se conoce por ejemplo por la solicitud DE 10 2009 049479.0.

10 A través de la introducción de cables de fibra óptica en las paredes y de elementos portadores de los brazos de electrodo pueden medirse temperaturas y/o tensiones, así como dilataciones en los componentes del brazo portaelectrodo como perfil de temperatura o perfil de tensión sobre la superficie del brazo portaelectrodo. Se registran igualmente modificaciones dinámicas, condicionadas por corrientes en la masa fundida que se encuentra en la cuba debajo del brazo soporte. Debido a ello es posible una evaluación del estado de desgaste y de la situación de carga en la que se encuentra el brazo soporte, a través de la temperatura y/o de la tensión. El concepto sugerido posibilita una representación de la carga térmica o mecánica de los componentes sobre la superficie, en el respectivo estado de funcionamiento.

20 Para poder realizar mediciones de temperatura precisas con el cable de fibra óptica se considera ventajoso que el cable de fibra óptica o el tubo de metal que rodea el cable de fibra óptica se sitúe de forma adyacente en el componente o en el medio, dentro de lo posible sin abertura de aire, para que pueda tener lugar una buena transferencia de temperatura hacia el cable de fibra óptica. No obstante, el cable de fibra óptica no puede estar colocado apretado durante la medición de temperatura, para que el mismo pueda extenderse o retraerse en el caso de una modificación de la temperatura.

Por el contrario, para una medición de la dilatación con el cable de fibra óptica es necesario que el cable de fibra óptica esté conectado de forma fija al componente cuya dilatación o desarrollo temporal de la dilatación debe ser medida, para que la dilatación mecánica del componente se transmita al cable de fibra óptica.

25 Para que pueda medirse también una dilatación (tensión) de la pared del brazo portaelectrodo, se considera ventajoso que el cable de fibra óptica, así como el tubo que lo rodea, esté conectado de forma fija a la base de la ranura.

30 En tanto se proporcione una ranura en la cual se tienda el cable de fibra óptica, así como el tubo que lo rodea, de manera preferente, se prevé que para cerrar la ranura se utilice una pieza de obturación que puede estar compuesta por metal. Dicha pieza puede estar realizada de modo que encaje de forma precisa en la ranura. Puede preverse también que la pieza de obturación esté producida en la ranura a través de un moldeado o de una inyección del material de la pieza de obturación. De manera correspondiente, por tanto, el material del que se compone la pieza de obturación se hace vertible o inyectable, moldeándose o inyectándose después en la ranura en donde fue introducido el cable de fibra óptica, eventualmente junto con el tubo.

35 La variante sugerida ofrece por tanto la posibilidad de registrar estados de tensión en el plano medido, registrando con ello la carga mecánica de los componentes.

La tecnología de la medición de temperaturas, dilataciones o tensiones y/o aceleraciones a partir de la distribución temporal de las dilataciones medidas es conocida (también bajo la denominación de "galgas de esfuerzo ópticas"), de manera que a ese respecto se remite al estado del arte.

40 Preferentemente, el cable de fibra óptica se encuentra conectado a una unidad de evaluación, en donde la distribución de la temperatura puede determinarse en el brazo portaelectrodo. De manera correspondiente, con esa unidad de evaluación puede registrarse también la carga mecánica de la pared del brazo portaelectrodo.

En el dibujo se representa un ejemplo de ejecución de la invención. Las figuras muestran:

45 Figura 1: de forma esquemática, en la vista lateral, una disposición de electrodos de un horno de arco eléctrico con un brazo portaelectrodo que se extiende de forma horizontal;

Figura 2: el detalle "X" según la figura 1, en una representación seccionada;

Figura 3: la sección A-B según la figura 1; y

Figura 4: el área de una perforación según la figura 3, en una representación ampliada.

50 En la figura 1 puede observarse una disposición de electrodos 6 que se emplea en un horno de arco eléctrico. La disposición de electrodos 6 posee una torre de soporte 8 que se extiende de forma vertical. En su extremo superior

5 se encuentra dispuesto un brazo portaelectrodo 1 que se extiende de forma horizontal. En el extremo del brazo portaelectrodo 1 que se aparta de la torre de soporte 8 se encuentra dispuesto de forma suspendida un electrodo 7, mediante el cual se genera el arco eléctrico en el horno de arco eléctrico. El brazo portaelectrodo 1 se extiende en una extensión longitudinal L, la cual en este caso corresponde a la dirección horizontal. El suministro de corriente del electrodo 7 tiene lugar mediante una toma de corriente 9.

El brazo portaelectrodo 1 se compone de chapa de acero, con la cual se alcanza una resistencia mecánica suficiente. Para la conducción eléctrica de la corriente desde la toma de corriente 9 hacia el electrodo 7 se proporciona un revestimiento con cobre.

10 Tal como puede observarse en la representación en sección según la figura 2 y según la figura 3, el brazo portaelectrodo 1 es refrigerado con líquido. Para ello, el brazo portaelectrodo 1 presenta un canal de refrigeración 10 que es atravesado por un medio refrigerante. No se representan las líneas de suministro de medios requeridas para ello.

15 Tanto como para poder registrar de forma precisa la temperatura en el brazo portaelectrodo 1, como también las dilataciones mecánicas en el mismo, el brazo portaelectrodo 1, en su área superior y en su área inferior, presenta respectivamente una perforación 5 (véanse las figuras 2 y 3), en las cuales está colocado un elemento de medición 2, con el que pueden ser medidas la temperatura y la tensión. En este caso se trata de un cable de fibra óptica 3 que está colocado en un tubo protector 4. En la figura 3 pueden observarse las dos perforaciones, aún vacías; en dichas perforaciones se introduce el cable de fibra óptica junto con el tubo 4, tal como puede observarse en la figura 4.

20 El cable de fibra óptica 3 posee generalmente un diámetro de por ejemplo 0,12 mm; con la vaina tubular 4 resulta mayormente un diámetro dentro del rango de 0,8 mm a 2,0 mm.

25 El cable de fibra óptica 3 se compone de una fibra de base que se encuentra introducida en las perforaciones 5, en canales similares o en ranuras, en el brazo portaelectrodo 1. El cable de fibra óptica 3 puede soportar de este modo temperaturas de hasta 800 °C. El tubo 4 se proporciona de forma opcional, no de forma obligatoria. De este modo, el cable de fibra óptica 3 sin tubo 4, a través de la fijación en el material base del brazo portaelectrodo 1, muestra dilataciones de forma especialmente conveniente; lo mismo aplica para las temperaturas que también pueden registrarse sin problemas desde el cable de fibra óptica 3 en la vaina tubular 4.

30 En la figura 3 se muestra que respectivamente una perforación 5 se proporciona en el área superior y en el área inferior del brazo portaelectrodo 1, en donde respectivamente se introduce un cable de fibra óptica 3. También es posible realizar perforaciones en las cuatro áreas laterales del perfil, tal como se muestra en la figura 3, y posicionar los cables de fibra óptica 3.

Para aumentar la robustez de la transmisión de señal en el cable de fibra óptica 3 hacia aparatos de evaluación no representados, las ondas luminosas son guiadas mediante conectores de expansión de haces, desde el brazo portaelectrodo 1 en la respectiva posición de reposo, hacia la unidad de evaluación.

35 Junto con la posibilidad representada de la colocación del cable de fibra óptica 3 en perforaciones 5 existe también la posibilidad preferente de realizar una ranura en el brazo portaelectrodo 1, tendiendo el cable de fibra óptica 3 - eventualmente con el tubo 4 - en la ranura base. La ranura entonces puede ser cerrada nuevamente, para lo cual pueden implementarse las medidas mencionadas anteriormente.

40 Igualmente es posible la introducción del cable de fibra óptica 3 - eventualmente junto con el tubo 4 - en una capa de material metálico o de material no metálico resistente a la temperatura, el cual se aplica sobre el brazo portaelectrodo 1.

45 De manera alternativa, los cables de fibra óptica están cercados en módulos, es decir, en unidades de construcción prefabricadas. Para una medición de la temperatura, los cables de fibra óptica están tendidos más sueltos en los módulos, de manera que una modificación de la longitud del cable de fibra óptica, condicionada por la temperatura, es posible sin tensión dentro del módulo. Por el contrario, para una medición de la dilatación, de manera preferente, los cables de fibra óptica están conectados de forma fija con el material del módulo o con la carcasa del módulo, de manera que una dilatación del módulo o de su carcasa se transmite al cable de fibra óptica. Los módulos con los cables de fibra óptica están adheridos al brazo portaelectrodo o se encuentran soldados, en tanto se encuentran en una conexión operativa. Una dilatación o una modificación de la temperatura del brazo portaelectrodo se transmite por tanto mediante al módulo, hacia el cable de fibra óptica. Los módulos, así como los cables de fibra óptica en los módulos, son adecuados para registrar con técnicas de medición la temperatura, la tensión o la dilatación mecánica y/o - mediante el desarrollo temporal de la dilatación - también el comportamiento de aceleración del componente, aquí en particular del brazo portaelectrodo. Para la medición de la aceleración puede ser necesario un dispositivo especial de medición que puede estar integrado en el módulo. En particular los valores de medición de dilatación o

de aceleración pueden utilizarse para atenuar con técnicas de regulación vibraciones no deseadas del componente, es decir para compensarlas.

La capa (en el caso del metal) puede ser galvanizada, donde el cable de fibra óptica 3 junto con el tubo 4 es recubierto completamente. La capa galvánica puede estar compuesta por ejemplo por cobre, cromo o níquel.

5 El cable de fibra óptica 3 se encuentra conectado a un sistema de registro de temperatura no representado, así como a un sistema de registro para tensiones o dilataciones mecánicas. Mediante el sistema de registro se produce luz láser que es suministrada al cable de fibra óptica 3. Los datos recolectados por el cable de fibra óptica 3 son convertidos en temperaturas o tensiones mediante el sistema de registro, y son asociados a los diferentes lugares de medición.

10 La evaluación puede tener lugar por ejemplo según el así llamado método de redes de Bragg en fibra óptica (método FBG). Se utilizan de este modo cables de fibra óptica adecuados que poseen los puntos de medición con una variación periódica del índice de refracción, así como de la red, marcados con esas variaciones. La variación periódica mencionada del índice de refracción conduce a que el cable de fibra óptica, en función de la periodicidad para determinadas longitudes de onda en los puntos de medición, represente un espejo dieléctrico. A través de una
15 variación de la temperatura en un punto se modifica la longitud de ondas de las redes de Bragg, donde precisamente la misma es reflejada. La luz que no cumple con la condición de Bragg no es influenciada esencialmente por las redes de Bragg. Las diferentes señales de los diferentes puntos de medición pueden entonces diferenciarse unos de otros debido a diferencias en el tiempo de paso. La estructura detallada de las redes de Bragg en fibra de esa clase, así como las unidades de evaluación correspondientes, en general son conocidas. La exactitud de la resolución
20 espacial se da a través de la cantidad de puntos de medición marcados. El tamaño de un punto de medición puede ubicarse por ejemplo en el rango de 1 mm a 5 mm.

De manera alternativa con respecto a la medición de la temperatura puede utilizarse también el método de "reflectometría óptica en el dominio de la frecuencia" (Optical-Frequency-Domain-Reflectometry - método OFDR) o el
25 método de "reflectometría de dominio de tiempo" (Optical-Time-Domain-Reflectometry - método OTDR). Los métodos mencionados se basan en el principio de la retrodispersión Raman, donde se aprovecha el hecho de que una variación de la temperatura en el punto de un guíaondas provoca una modificación de la retrodispersión Raman del material del cable de fibra óptica. Mediante la unidad de evaluación (por ejemplo un reflectómetro Raman) pueden determinarse con resolución espacial los valores de temperatura a lo largo de una fibra, donde en el caso de ese método se determinan sobre una longitud determinada del cable. Esa longitud asciende aproximadamente a
30 algunos centímetros. Los diferentes puntos de medición a su vez se separan unos de otros a través de diferencias en el tiempo de paso. La estructura de los sistemas de esa clase para la evaluación según los métodos mencionados es en general conocida, al igual que los láseres necesarios que generan la luz láser dentro del cable de fibra óptica 3.

35 Con el equipamiento del brazo portaelectrodo 1 en la forma mencionada es posible un control de temperaturas y/o de dilataciones, lo cual puede ser aprovechado del siguiente modo en el funcionamiento de la disposición de electrodos:

1. El conductor de cobre que conduce la corriente del brazo portaelectrodo modifica su conductividad con la temperatura. A través de los valores de medición de la temperatura determinados y del conocimiento de la conductividad correspondiente del cobre puede regularse o controlarse un flujo de corriente continuo.

40 2. Además es posible una auto-protección del brazo portaelectrodo a través del conocimiento de la temperatura y la dilatación. Esos datos determinados pueden ser comparados con valores admisibles en un controlador o regulador; el control puede predeterminar correcciones para el flujo de corriente y el posicionamiento del brazo soporte, de manera que pueden observarse los valores admisibles.

45 3. Otra aplicación muy ventajosa es la evitación de vibraciones en la disposición de electrodos. Las vibraciones en el brazo portaelectrodo, también ciclos límite, pueden ser detectados a través de la medición de la dilatación. Como consecuencia pueden evitarse puntos de trabajo críticos, donde particularmente los valores de regulación para la corriente y la tensión pueden adaptarse o la señal puede modularse, de manera que se contrarresta la vibración o la misma resulta compensada.

50 Como elemento de ajuste mayor para la compensación de las vibraciones se utiliza principalmente la regulación del cilindro de ajuste de la regulación de la altura del brazo soporte (véase para ello en particular la solicitud DE 36 08 338 A1 antes mencionada). Dicha regulación de la altura puede utilizarse para compensar las vibraciones y deformaciones identificadas a través de la medición de la dilatación. Con respecto a ese procedimiento conocido se remite al aporte del profesor, doctor e ingeniero, Klaus Krüger "Anforderungen an eine moderne Elektrodenregelung für Drehstrom-Lichtbogenöfen" en "elektrowärme international" 4/2007, de la editorial Vulkan-Verlag GmbH, Essen,
55 ISSN 0340-3521-K 5548 F.

Lista de referencias:

- 1 brazo portaelectrodo
- 2 elemento de medición
- 3 cable de fibra óptica
- 5 4 tubo
- 5 perforación
- 6 disposición de electrodos
- 7 electrodo
- 8 torre de soporte
- 10 9 toma de corriente
- 10 canal de refrigeración
- L extensión de longitud

REIVINDICACIONES

- 5 1. Brazo portaelectrodo (1) de un horno metalúrgico de fundición, en particular de un horno de arco eléctrico, donde el brazo portaelectrodo (1) se encuentra provisto de al menos un elemento de medición (2) para medir una variable física, caracterizado porque el elemento de medición (2) está diseñado para medir la temperatura y/o la dilatación mecánica del brazo portaelectrodo (1), donde el elemento de medición (2) comprende al menos un cable de fibra óptica (3) que se extiende al menos en secciones a lo largo de la extensión longitudinal (L) del brazo portaelectrodo (1).
- 10 2. Brazo portaelectrodo según la reivindicación 1, caracterizado porque el elemento de medición en forma del cable de fibra óptica (3), con el fin de medir la temperatura, se encuentra dispuesto libre de tensión y sin movimiento en o cerca del brazo portaelectrodo o, con el fin de la medición de la dilatación - preferentemente sobre toda su longitud - se encuentra dispuesto en conexión operativa con el material del brazo portaelectrodo para alojar sus dilataciones.
- 15 3. Brazo portaelectrodo según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por un dispositivo de medición para detectar el desarrollo temporal de las dilataciones del brazo portaelectrodo y para determinar el comportamiento de aceleración del brazo portaelectrodo a partir del desarrollo temporal de las dilataciones detectadas.
- 20 4. Brazo portaelectrodo según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el cable de fibra óptica (3) se encuentra dispuesto en un módulo que se encuentra conectado de forma fija en conexión operativa con el brazo portaelectrodo, donde el cable de fibra óptica, con el fin de la medición de temperatura, se encuentra dispuesto sin tensión y sin movimiento o, con el fin de la medición de la dilatación, se encuentra empotrado de forma fija en el módulo.
- 25 5. Brazo portaelectrodo según la reivindicación 3 y 4, caracterizado porque el dispositivo de medición para determinar el comportamiento de aceleración del brazo portaelectrodo se encuentra integrado en el módulo para la medición de la dilatación.
6. Brazo portaelectrodo según la reivindicación 1, 2 ó 3, caracterizado porque el cable de fibra óptica (3), y/o un tubo (4) que eventualmente lo rodea, se encuentran dispuestos en una perforación (5) en el brazo portaelectrodo (1).
7. Brazo portaelectrodo según la reivindicación 1, 2 ó 3, caracterizado porque el cable de fibra óptica (3) y un tubo (4) que eventualmente lo rodea, se encuentran dispuestos en una ranura en el brazo portaelectrodo (1).
- 30 8. Brazo portaelectrodo según la reivindicación 7, caracterizado porque la ranura está cerrada por un elemento de cierre que sostiene en la base de la ranura el cable de fibra óptica (3) y el tubo (4) que eventualmente lo rodea, donde el elemento de cierre es en particular una pieza metálica insertada o moldeada en la ranura, el cual preferentemente se encuentra unido a la ranura a través de soldadura por fricción - agitación.
- 35 9. Brazo portaelectrodo según la reivindicación 1, 2 ó 3, caracterizado porque el cable de fibra óptica (3), y/o el tubo (4) que eventualmente lo rodea, se encuentran dispuestos en una capa, donde la capa se encuentra dispuesta en el brazo portaelectrodo (1) o cerca del mismo.
- 40 10. Brazo portaelectrodo según la reivindicación 9, caracterizado porque la capa se compone de metal, preferentemente de cobre, cromo o níquel, o se compone de un material no metálico resistente a la temperatura.
11. Brazo portaelectrodo según la reivindicación 9 ó 10, caracterizado porque el cable de fibra óptica (3) y el tubo (4) que eventualmente lo rodea están rodeados completamente por el material de la capa.
12. Brazo portaelectrodo según una de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizado porque la capa está aplicada galvánicamente en el bazo portaelectrodo (1) o cerca del mismo.
13. Brazo portaelectrodo según una de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizado porque la capa está aplicada en forma de un revestimiento por pulverización o en forma de un revestimiento químico en el brazo portaelectrodo (1) o cerca del mismo.

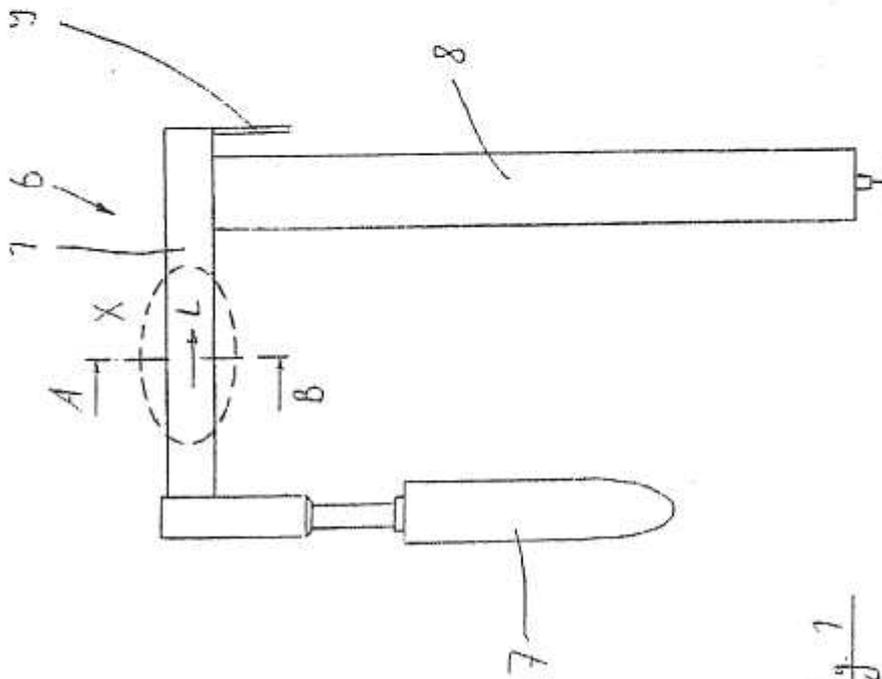


Fig. 1

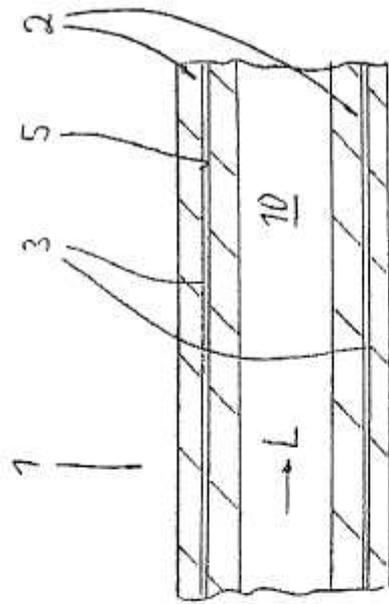


Fig. 2

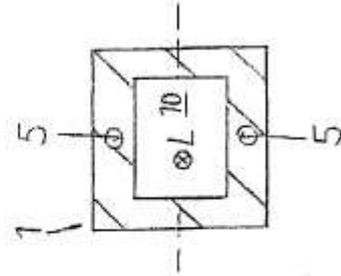


Fig. 3

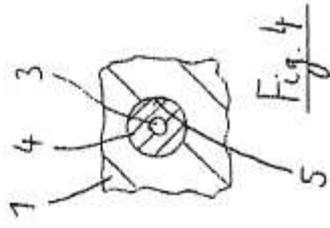


Fig. 4