

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 724 498**

21 Número de solicitud: 201830212

51 Int. Cl.:

H05B 7/09

(2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

05.03.2018

43 Fecha de publicación de la solicitud:

11.09.2019

Fecha de concesión:

10.01.2020

45 Fecha de publicación de la concesión:

17.01.2020

73 Titular/es:

**SILBUCAM, S.L. (100.0%)
AVDA. BARRIE DE LA MAZA,32 -2º DCHA
15004 A CORUÑA (A Coruña) ES**

72 Inventor/es:

BULLON CAMARASA, Francisco Javier

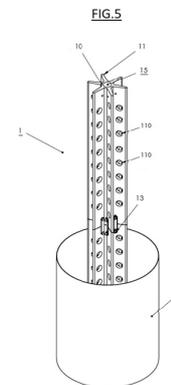
74 Agente/Representante:

BAÑOS TRECEÑO, Valentin

54 Título: **COLUMNA CENTRAL PARA LOS ELECTRODOS DE AUTO-COCCIÓN EN HORNOS DE ARCO ELÉCTRICO SUMERGIDO**

57 Resumen:

La presente invención se refiere a una nueva tipología de columna central para los electrodos compuestos de auto-cocción en hornos eléctricos de arco sumergido, donde se utiliza un corazón o columna metálica como elemento soporte central frente a los convencionales núcleos de grafito, y que está fabricado preferentemente con una aleación hipereutéctica de aluminio-silicio, o de hierro, donde dicho corazón tiene una forma general de estrella, pudiendo ser un cuerpo monobloque con el centro hueco o estar formada por un tubo hueco central independiente de la pluralidad de aletas sobresalientes de manera radial unidos entre sí, y en donde dicho hueco central se rellena con un precursor de carburo de silicio.



ES 2 724 498 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015. Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

DESCRIPCIÓN

**COLUMNA CENTRAL PARA LOS ELECTRODOS DE AUTO-COCCIÓN EN
HORNO DE ARCO ELÉCTRICO SUMERGIDO**

- 5 Columna central para los electrodos de auto-cocción en hornos eléctricos de arco sumergido.

CAMPO DE LA INVENCION

- 10 La columna central objeto de la presente invención sustituye el corazón o columna central de grafito convencional de los electrodos compuestos de auto-cocción que son utilizados para la producción en horno de arco sumergido de silicio metal y también de otras ferroaleaciones, definiéndose en esta invención una columna metálica hueca concéntrica con la virola exterior del electrodo y en el que se puede aplicar el mismo sistema doble de deslizamiento del electrodo compuesto. Esta columna central tiene una forma especial para favorecer el soporte mecánico y la cocción de la pasta carbonosa bien en forma de tubo con aletas o bien en forma de estrella, y que está fabricado en materiales metálicos, pero no contaminantes para el silicio por similitud de composición y preferentemente con una aleación hipereutéctica de aluminio-silicio.
- 15
- 20 Para las ferroaleaciones donde el hierro no es un contaminante esta columna metálica también podría estar fabricada con hierro. En el interior del tubo o estrella se coloca un precursor de carburo de silicio para rellenar el hueco generado por la fusión de la estructura metálica en la parte inferior del electrodo.
- 25 El campo de aplicación de la presente invención es el sector industrial del silicio metal y las ferroaleaciones que se producen en horno eléctrico de arco sumergido.

ESTADO DE LA TÉCNICA ANTERIOR

- 30 Dentro del campo técnico relacionado con los hornos de arco eléctrico sumergido, es conocido que uno de los elementos fundamentales son los electrodos. Por norma general, los electrodos están constituidos por una masa carbonosa que transmite la corriente eléctrica al fondo del horno donde salta el arco eléctrico entre el electrodo y la solera del horno, con lo que se produce la energía necesaria para reducir los minerales, en forma generalmente de óxidos, y obtener el producto, por ejemplo: del
- 35

cuarzo, que es dióxido de silicio (SiO_2), por reacción con el carbón y consumiendo gran cantidad de energía, se obtiene el silicio. Este arco desgasta el electrodo que se repone por la parte superior de la columna y va descendiendo a medida que se consume. Hay varios tipos de electrodos desde los llamados precocidos, cuya estado y forma no varía en la columna porque ya se sometieron a la cocción en la fábrica del productor como son los de grafito, y los que, en cambio, se cuecen con el propio calor del horno según va descendiendo la columna que se suelen denominar de auto cocción, destacándose a su vez dos tipos: los denominados Electrodo de pasta tipo Soderberg que tienen como únicos elementos la virola y la pasta carbonosa que se cuece dentro de la virola y los denominados como compuestos porque parte del mismo es precocido y parte se cuece a medida que va descendiendo con el calor del funcionamiento del propio horno.

Los electrodos tipo Soderberg están compuestos por una virola metálica que se utiliza como envolvente de la pasta Soderberg que es una mezcla de diversas granulometrías de partículas de diversos tipos de carbón junto con una brea que hace de ligante. La brea se licua entre 60 y 100°C, de forma que la pasta que se transporta y usa como un material sólido, al entrar en la parte superior de la columna de electrodo a temperatura ambiente, se convierte en un líquido que llena la virola totalmente al pasar de los 100°C a unos cuatro metros de altura sobre el horno. Al llegar la temperatura alrededor de 400°C, la pasta de nuevo endurece, quedando cocida con la forma redonda de la virola y manteniendo esta estructura cuando se funde la virola y se introduce en la mezcla del horno hasta su consumo en el arco eléctrico de la parte inferior del electrodo. El peso de toda la masa de carbón que constituye la pasta es sustentado por la virola que tiene en su superficie interior una serie de aletas metálicas convenientemente agujereadas donde se pega la pasta al cocerse y que supone el soporte mecánico de toda pasta cocida y sin cocer. Estas aletas están soldadas a la virola, descienden conjuntamente con ella y se funden también en la parte inferior del electrodo, pero cuando ya la pasta está bien cocida.

Este es el sistema utilizado desde hace muchos años en todas las ferroaleaciones donde el aporte de hierro que produce la virola es admisible para la calidad de muchos productos como pueden ser toda la familia de los ferrosilicios, los ferroamanganesos, los silicomanganesos o los ferrocromos.

35

En el silicio metal la contaminación del hierro de la virola no es admisible dado que el porcentaje de hierro debe estar por debajo del 0,5 %, por ello se utilizaban electrodos precocidos que son de inferior calidad y precio que los de grafito y de mucho mayor diámetro. Estos electrodos son bloques cilíndricos de unos dos metros de altura y diámetro variable según la potencia del horno que normalmente están entre 1 m y 1,40 m. Existen pocas fábricas en el mundo de este tipo de electrodo y son un producto caro e importante dentro del precio de coste del silicio.

Por otro lado, el principio del funcionamiento e introducción de los electrodos en el horno según se consumen por el arco en la parte inferior es mediante anillos de deslizamiento que en general son dos: el fijo y el móvil y tienen su propia estructura a unos 8 metros por encima del horno y que forma parte de la estructura de la columna de electrodos. El peso de toda la columna de electrodo que se consume, es normalmente soportado por los dos anillos, pero cuando se quiere deslizar desde la posición de reposo los movimientos son: se abre el anillo fijo, se desliza o baja el anillo móvil cerrado que arrastra al electrodo y lo introduce en el horno en la longitud programada, se cierra el anillo fijo que soportará todo el electrodo, mientras se abre y sube el anillo móvil hasta la posición de reposo, donde se cierra dejando los dos anillos en la situación original. Así sucesivamente, los anillos de deslizamiento están siempre en el mismo sitio de la columna, lo que arrastra el anillo móvil es la virola metálica en cuyo interior está la pasta carbonosa con el correspondiente cambio de fase de sólido a líquido y de nuevo sólido según la altura

La virola puede tener en su superficie una serie de aletas metálicas donde se pega la pasta al cocerse y que supone el soporte mecánico de todo el peso de la pasta que hay por encima de la zona de cocción. Estas aletas están soldadas a la virola, descienden conjuntamente con ella y se funden también en la parte inferior del electrodo.

Por otro lado, se conoce la tecnología donde se desarrolla un electrodo compuesto que tiene un corazón o columna central de grafito y el resto es la misma masa carbonosa tipo Soderberg y la virola antes mencionada. Esta solución incluye dos sistemas de deslizamiento totalmente diferenciados uno para el corazón de grafito y otro para la virola. De esta forma, al deslizar el grafito con el anillo de la virola cerrado, se deslizaba solo el carbón porque la virola permanecía inmóvil y como la pasta

Soderberg ya estaba suficientemente cocida y solida en la zona donde desaparecía la virola, la contaminación era nula o despreciable. Esta solución está basada en las patentes US4575856 de *John Persson* y la patente US5351266 de *Bullon et al.* En este electrodo compuesto el soporte mecánico de la columna es confiado a la adhesión entre el electrodo central de grafito y la pasta al cocerse. La zona de pasta cocida es más alta en el entorno del grafito que en su superficie exterior que está en contacto con la virola. Además, el grafito es un material más poroso que la virola de hierro y por eso la adhesión pasta grafito es muy superior a la pasta virola y al deslizar el grafito baja todo el electrodo de carbón rompiendo la unión pasta virola y dejando sin deslizar la virola con lo que no se contamina el silicio. La virola en este tipo de electrodo compuesto es totalmente lisa en su interior, no tiene aletas, para que la unión pasta virola sea siempre inferior a la pasta- grafito. Esta tecnología fue un éxito total, y hoy en día, más de dos décadas después, está implantada en múltiples hornos en todo el mundo.

La presente invención supone una nueva generación de electrodo compuesto en la cual se sustituye el corazón o columna de grafito por otro tipo de columna central. Hay que tener en cuenta que las tecnologías conocidas hasta la fecha, incluyendo la que se ha descrito anteriormente, presentan el problema e inconveniente técnico de que el grafito es un material frágil con poca resistencia a la tracción y a la flexión. Además, es un material que puede tener deficiencias de fabricación casi imposibles de detectar por parte del cliente y que den lugar a roturas inesperadas en la columna de electrodo que son muy caras y difíciles de resolver en las fábricas. De hecho, en todos los catálogos de los fabricantes de grafito se citan unas características técnicas, pero siempre con la aclaración de que son cifras medias que no se garantizan.

Teniendo en cuenta este problema técnico, la presente invención resuelve el problema técnico objetivo de garantizar una columna central con una mejor resistencia a la tracción y a la flexión, incluso su posibilidad de deformación plástica, y que mejore las prestaciones de los corazones de grafito. Por esta razón, la presente invención describe una solución en la que el corazón de grafito se sustituye por una columna central metálica con unas características que a continuación se detallan, y no de carbón ni de ninguna de sus variables como pueden ser fibras de carbón u otro tipo de electrodo que no fuera grafito.

35

EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

La presente invención describe una nueva tipología de electrodo compuesto de auto-cocción donde se sustituye el corazón de grafito por una columna central metálica, columna central que en el sector también es denominada como corazón. La ventaja de una columna central metálica, frente a una de grafito, es su mejor resistencia a la tracción y a la flexión, incluso su posibilidad de deformación plástica.

En este sentido, conviene destacar que una columna central de hierro tiene mucho mejores características mecánicas que cualquier grafito, pero tiene un inconveniente que lo hace inutilizable en la fabricación de silicio que es la contaminación por encima del 0,5 % máximo de Fe que admiten los clientes del silicio.

Por tanto, el objeto de la presente invención es el uso de un material metálico para una columna central de electrodo que no contamine y que tenga mucho mejores características mecánicas que el grafito. Esto se soluciona mediante la utilización preferente de aleaciones hipereutécticas de Aluminio y Silicio. El propio silicio no contamina y también es sabido que el aluminio es uno de los contaminantes más fáciles de eliminar en el silicio líquido mediante su oxidación en la propia cuchara donde se recoge el silicio líquido a la salida del horno. Para todo el mercado del aluminio que supone sobre un 40% de la demanda de silicio es evidente que el porcentaje de aluminio no es importante y la eliminación del aluminio es muy sencilla.

El aluminio puro, o bien hasta el eutéctico que contiene un 12% de silicio, se podría utilizar, pero tiene el inconveniente de su baja punto de fusión y de que pierde muy rápidamente sus características mecánicas al aumentar la temperatura. Por ello su utilización no es recomendable puesto que las perdería incluso antes estaría del punto de solidificación y esa es la razón por la que los productores que utilizan electrodos compuestos utilizan exclusivamente el corazón/columna central de grafito de las patentes definidas en el apartado anterior. En cambio, como puede verse en el diagrama (Fig.2) de fases Al-Si, a medida que se incrementa el porcentaje de silicio, la temperatura de fusión aumenta de forma importante hasta llegar al 100% de silicio que sería de 1402°C.

Se han realizado ensayos donde se observa que los hipereutécticos Al-Si mejoran las

características mecánicas del grafito, comparados dichos valores en la Tabla 1:

| | Aleación Hipereutética Al-Si | | | | Grafito | | |
|------------------------------|------------------------------|-------------|--------------|-------------|---------|-----|---------|
| | GC 70%Si-Al | RS 55%Si-Al | RS 70% Si-Al | RS 90%Si-Al | HP | UHP | Nipples |
| Densidad g/cm3 | 2,15 | 2,48 | 2,41 | 2,26 | 1,6 | 1,7 | 1,8 |
| Expansión térmica 10-6/°C | 6,3 | 8,7 | 5,5 | 4,2 | 1 | 0,8 | 0,35 |
| Conductividad térmica W/m°K | 57,2 | 120,7 | 112,5 | 84,3 | | | |
| Resistencia a la tensión Mpa | 44,3 | 198,2 | 143,5 | 95,6 | 8 | 10 | 25 |
| Módulo de elasticidad Gpa | 62,7 | 100,4 | 75,3 | 55,2 | 9 | | 14 |
| Dureza Brinell | 210 | 186 | 268 | 350 | | | |

Tabla 1

5

Los datos de la aleación hipereutética Al-Si están comprobados mediante ensayos de laboratorio en Institutos de Investigación, publicaciones científicas y catálogos de fabricantes. Los datos del grafito están obtenidos de catálogos de los fabricantes para electrodos de clase media HP; alta UHP y los nipples (*electrodos conectados*) que tienen un tratamiento especial. En los datos (Tabla 1) de la aleación hipereutética Al-Si puede verse que la forma de solidificación del producto es fundamental. El producto GC ha tenido una solidificación directa con lo cual primero ha solidificado el silicio y después el aluminio, ello ha creado cristales de silicio que perjudica de forma muy importante las características mecánicas, aun así, en el peor de los casos es 4 veces superior al grafito. Pero, la forma de solidificación extra rápida por pulverización del metal mediante contracorriente de gas, por ejemplo, nitrógeno y otros, y posterior prensado del polvo a temperaturas por debajo de la 500°C, mejora muy considerablemente dichas características. Además, se pueden mejorar las características añadiendo en fase líquida ciertos elementos como son el Cu y/o el grafito y/o otros según técnicas conocidas de mejora de características dentro del sector del aluminio.

10

15

20

25

Por tanto, el electrodo de auto-cocción de la presente invención está compuesto por una virola exterior con pared lisa por dentro y con una columna interior concéntrica de naturaleza metálica y no carbonosa, lo cual no es conocido hasta la fecha en este sector industrial. La virola y la columna central tienen distintos anillos de deslizamiento de forma similar al electrodo compuesto antes descrito.. La columna central del

electrodo es de una aleación hipereutética de Al-Si en la cual el porcentaje de silicio está entre el 25 y el 80%.

5 Entrando en la configuración del electrodo de la invención, la forma física de dicho corazón o columna central y como se conectan entre ellos es esencial, al igual que desarrollar una solución que favorezca la adhesión entre la pasta y dicha columna central. En todos los casos la columna central es un elemento de longitud entre 2 y 3 metros y diámetro variable, en función del diámetro del electrodo del horno, de la misma forma que ahora es variable el diámetro del grafito en el electrodo compuesto.

10

Hay una primera configuración posible, que consiste en un macizo redondo, similar al corazón de grafito, que tendría la ventaja de su menor coste de fabricación y el inconveniente de que la superficie de adhesión entre pasta y metal es solo la superficie de la circunferencia. Dicha superficie podría ser rugosa para favorecer la adhesión. Sin embargo, esta configuración presenta el problema de que, a la hora de fundirse, genera huecos que pueden producir zonas de fragilidad en el conjunto del electrodo.

15

Por esta razón, la presente invención divulga una solución que se basa en una columna central con una pluralidad de aletas radiales que parten de un tubo hueco, con lo que le permiten a la columna tener una forma de estrella. El tubo tiene un diámetro central exterior entre 90 y 350 mm y diámetro interior entre 40 y 250 mm suficiente para dar la resistencia mecánica al conjunto, del cual salen preferentemente entre 4 y 10 aletas o brazos ligeramente cónicos y con punta redondeada de espesor mucho más reducido entre 5 y 30 mm y longitudes entre 40 y 380 mm destinadas a aumentar de forma importante la superficie de contacto entre el metal y la pasta. Estas aletas pueden estar a su vez perforadas para que la pasta al introducirse dentro de dichas perforaciones trabaje a cortadura aumentando la resistencia mecánica del conjunto. En la solución de la presente invención, cara a solucionar los problemas de fragilidad anteriormente expuestos en el primer caso del cilindro macizo, la columna central tiene forma de tubo hueco, de tal forma que en el centro se permite introducir un tercer material que al reaccionar con el hipereutético aluminio-silicio poco antes de fundirse, retrasara esa fusión y mantiene durante más tiempo el soporte mecánico de esta columna central. Este material de relleno consiste en un precursor de carburo de silicio que se forma por reacción del silicio con el carbón a altas temperaturas. Este

35

precursor puede consistir en:

- introducir dentro del tubo polvo de silicio en granulometría menor de 2 mm y polvo de grafito en la misma granulometría y con las cantidades estequiometrias de la reacción $C+Si$ obteniéndose finalmente CSi . En esta solución, se mantiene toda la columna llena hasta la parte superior del electrodo, para favorecer la ausencia de oxígeno y el incremento paulatino de temperatura. Al fundirse el corazón o columna metálica, el polvo de carbón reacciona con el silicio del tubo formando carburos que son ligeramente expansivos en cuanto a volumen y rellenan el espacio que antes ocupaba el tubo y las aletas, mejorando la resistencia mecánica del electrodo; o

- rellenar el interior del tubo con una manta de grafito enrollada. Este es un material flexible y muy poroso, que absorbe el metal silico-aluminoso por capilaridad, de forma que se expande de forma muy flexible, rellena todo el hueco y deja una aleación de carburo de silicio dentro de la manta de grafito que igualmente favorece la resistencia mecánica del electrodo. Esta manta es un material compuesto por una matriz de hilos de grafito entrelazados, con lo que la manta es porosa, y al disolverse el metal, este líquido es absorbido por la manta, se infla y rellena los huecos evitando zonas débiles o frágiles de la columna en la parte inferior del horno.

En otra realización de la presente invención, la columna puede estar configurada por dos elementos diferenciados, el tubo central metálico y las aletas metálicas como elementos separados lo que igualmente puede mejorar mucho la resistencia mecánica y abaratar la fabricación de la columna central del electrodo compuesto frente al actual del grafito. En este caso el tubo central tiene entre 3 y 10 muescas en su superficie exterior por donde entra un resalte que encaja perfectamente en la muesca que se hace a la aleta en uno de sus dos extremos. El otro extremo de la aleta tiene una terminación redondeada. Se trata de dos piezas distintas, ambas fabricadas para su utilización en la fabricación de silicio metal con aleación mayoritaria de silicio en forma de hipereutéctico Al-Si.

Estas mismas ideas se pueden aplicar al resto de las ferroaleaciones, en las que el uso del hierro no tiene problemas de contaminación, que normalmente usan virola metálica con aletas interiores y que se consume al deslizar el electrodo. La razón es que es mucho más sencillo conectar el cuerpo central metálico de electrodo que soldar una virola que se consume casi todos los días y precisan de entre 2 y 3 horas de dos buenos soldadores. La columna central evita el deslizamiento sistemático de la virola

por el principio del doble sistema de deslizamiento del electrodo compuesto y es más barato que la suma del coste de la virola y su tiempo de montaje en la columna. Por tanto, en otra realización preferente de la invención, la columna metálica puede ser de hierro.

5

La forma de conexión entre estos cuerpos centrales del electrodo es mediante pletinas, que se sujetan a los dos cuerpos mediante tornillos o redondos pasantes de un lado a otro de la columna central. La resistencia mecánica a la tracción por el peso del electrodo marca la dimensión de las pletinas y los agujeros pasantes que puede ser dos a más en el espacio entre las aletas, como puede verse en los dibujos adjuntos. En el caso de usar la configuración monobloque en forma de estrella, las pletinas pueden ir atornilladas a los brazos de la estrella con lo que se unen los dos elementos superior e inferior de forma muy sencilla y rápida, según puede verse en las posteriores figuras. La forma de descender del electrodo dentro del horno es mediante anillos de deslizamiento que en general son dos: uno fijo y uno móvil. El electrodo es normalmente soportado por los dos, pero cuando se quiere deslizar desde la posición de reposo los movimientos son: se abre el anillo fijo, se desliza o baja el anillo móvil cerrado que arrastra al electrodo, se cierra el anillo fijo, se abre y sube el anillo móvil hasta la posición de reposo. Así sucesivamente, los anillos de deslizamiento están siempre en el mismo sitio de la columna, lo que arrastra el anillo móvil es la virola metálica en cuyo interior está la pasta carbonosa con el correspondiente cambio de fase de sólido a líquido y de nuevo sólido según la altura.

Se ha de tener en cuenta que, a lo largo de la descripción y las reivindicaciones, el término “comprende” y sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas o elementos adicionales. Además, con el objeto de completar la descripción y de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, se presenta un juego de figuras y dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo se representa lo siguiente:

30

Figura 1. Esquema del conjunto de un electrodo de auto-cocción con columna central en un horno de arco eléctrico sumergido.

Figura 2. Representación del diagrama de fases Al-Si donde se observa que a medida que se incrementa el porcentaje de silicio, la temperatura de fusión aumenta de forma

35

importante hasta llegar al 100% de silicio a una temperatura de 1402°C.

Figura 3. Vista en perspectiva de la estructura interna de un modo de llevar el electrodo de la presente invención a la práctica.

5

Figura 4. Vista en planta de la figura anterior.

Figura 5. Representación esquemática de una columna del electrodo con forma de estrella donde el núcleo y las aletas es un elemento monobloque.

10

Figura 6. Vista en planta de la figura anterior.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

15 Tal como se puede observar en la Figura 1 de manera esquemática, la presente invención describe un electrodo compuesto (E) de auto-cocción, con un núcleo (1) diferenciado y que sirve de soporte mecánico, que dispone de al menos un juego de anillos de deslizamiento (2) para dicho núcleo (1), y un segundo juego de anillos (3) para una virola exterior metálica (7) sin aletas interiores, que es rellenada por una pasta carbonosa, y que se representa en sus tres fases: Solida inicial (4), líquida por debajo (5) y cocida (6). La cocción de la pasta se realiza por el calor que se comunica desde el propio horno y se transmite por el propio carbón y el núcleo central y principalmente a través de la energía eléctrica que se introduce a través de las placas de contacto (9) del electrodo. Con ello la pasta obtiene bajo placas en la zona cocida

20 (6) la rigidez y consistencia para seguir descendiendo, solo la pasta cocida en la columna hasta llegar al arco sumergido o zona inferior (8) del horno donde se alcanzan temperaturas en el entorno de los 2500°C. Esta figura sirve tanto para la presente invención donde la columna es metálica como para los electrodos convencionales de corazón de grafito.

30

En una primera realización de la invención, tal como se observa en las Figuras 3 y 4, el núcleo (1) del electrodo es una columna central constituida por un tubo hueco y una pluralidad de aletas radiales, que le confieren al cuerpo en su bloque de una forma de estrella, formados todos ellos por un material metálico, como un material hipereutéctico aluminio-silicio. En concreto, se puede observar el hueco del

35

núcleo/centro del tubo (10), partiendo y sobresaliendo del tubo (10) de forma radial las aletas (11) de espesor mucho más reducido destinadas a aumentar de forma importante la superficie de contacto entre el metal y la pasta (14), quedando el núcleo (1) y la pasta (14) concéntricas protegidas exteriormente por la virola (7) que es del diámetro del electrodo que más abajo se introducirá en el horno. Estas aletas pueden estar a su vez perforadas o tienen perforaciones (110) para que la pasta al introducirse dentro de dichas perforaciones trabaje a cortadura aumentando la resistencia mecánica del conjunto. La columna central tiene forma de tubo o cilindro hueco (10), de tal forma que en el hueco central se puede introducir un material de relleno (15) que al reaccionar con el hipereutéctico aluminio-silicio al fundirse, retrasará esa fusión y mantiene durante más tiempo el soporte mecánico de este núcleo central (1). Este material de relleno (15) consiste en un precursor, preferentemente de carburo de silicio. En esta primera realización, el cilindro o tubo hueco (10) dispone de una pluralidad de muescas (101) donde se introducen el extremo inicial de cada una de las aletas (11) producida de la misma aleación, pero de forma independiente. Los distintos núcleos (1), de entre 2 y 3 metros de altura, se unen mediante pasadores (13) o pasantes en los extremos de la columna unidos a su vez por pletinas (12) sin necesidad de realizar ninguna soldadura, con lo que se permite crear un electrodo de la altura que sea preciso.

20

En una segunda realización de la invención, tal como se observa en las Figuras 5 y 6, el núcleo (1) de electrodo es una columna con forma de estrella de material metálico, por ejemplo una aleación de material hipereutéctico de Al-Si, todo en un único cuerpo monobloque donde hay una parte central en forma de cilindro hueco (10) con un diámetro central, del cual salen radialmente una pluralidad de aletas (11) para aumentar de forma importante la superficie de contacto entre el metal y la pasta (14), quedando el núcleo (1) y la pasta (14) concéntricas exteriormente por la virola (7) que es del diámetro del electrodo que más abajo se introducirá en el horno, y donde se asegura la estabilidad por medio de pasadores (13).

30

REIVINDICACIONES

1.- Columna central para los electrodos de auto-cocción en hornos eléctricos de arco sumergido, donde el electrodo es del tipo compuesto y comprende un núcleo, una
5 pasta carbonosa que lo recubre y una virola concéntrica exterior que recubre al núcleo y la pasta y que es del diámetro del electrodo que se introduce en el horno; disponiendo tanto la virola y como el núcleo de distintos anillos de deslizamiento para su introducción y descenso en el horno; donde la columna central se **caracteriza** por que el núcleo (1) está constituido por un tubo (10) central que es hueco y de material
10 metálico, y una pluralidad de aletas (11) de material metálico que sobresalen y parten radialmente del tubo (10); y donde en el hueco del tubo (10) se introduce un material de relleno (15) consistente en un precursor de carburo de silicio.

2.- Columna central para los electrodos de auto-cocción en hornos eléctricos de arco sumergido, según la reivindicación 1, que se caracteriza por que el material metálico
15 es una aleación hipereutéctica de Al-Si.

3.- Columna central para los electrodos de auto-cocción en hornos eléctricos de arco sumergido, según la reivindicación 2, que se caracteriza por que en la aleación
20 hipereutéctica de Al-Si el porcentaje de silicio está comprendido entre el 25 y el 80%.

4.- Columna central para los electrodos de auto-cocción en hornos eléctricos de arco sumergido, según la reivindicación 1, que se caracteriza por que el material metálico
25 es hierro.

5.- Columna central para los electrodos de auto-cocción en hornos eléctricos de arco sumergido, según la reivindicación 1, que se caracteriza por que el precursor es una
mezcla de polvo de silicio en granulometría menor de 2 mm y polvo de grafito en la
30 misma granulometría.

6.- Columna central para los electrodos de auto-cocción en hornos eléctricos de arco sumergido, según la reivindicación 1, que se caracteriza por que el precursor es una
manta de grafito enrollada consistente una trama de hilos de grafito entrelazados.
35

7.- Columna central para los electrodos de auto-cocción en hornos eléctricos de arco sumergido, según la reivindicación 1, que se caracteriza porque el número de aletas (11) que parten y sobresalen radialmente respecto del tubo (10) se encuentra comprendido entre 4 y 10.

5

8.- Columna central para los electrodos de auto-cocción en hornos eléctricos de arco sumergido, según la reivindicación 1, que se caracteriza porque las aletas (11) tienen perforaciones (110).

10

9.- Columna central para los electrodos de auto-cocción en hornos eléctricos de arco sumergido, según la reivindicación 1, que se caracteriza por que los distintos núcleos (1) se unen mediante pasadores (13) en los extremos del corazón unidos a su vez por pletinas (12) no soldadas.

15

10.- Columna central para los electrodos de auto-cocción en hornos eléctricos de arco sumergido, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que se caracteriza por que el tubo (10) central hueco y la pluralidad de alas (11) son independientes, y se conectan mediante la introducción del extremo inicial de cada una de las aletas (11) en unas muescas (101) habilitadas a tal efecto en la superficie del tubo hueco (10).

20

11.- Columna central para los electrodos de auto-cocción en hornos eléctricos de arco sumergido, según la reivindicación 10, que se caracteriza por que el tubo (10) tiene un diámetro central exterior entre 90 y 350 mm y un diámetro interior entre 40 y 250 mm; y las aletas (11) son de configuración cónica y con punta redondeada, donde el espesor se encuentra comprendido entre 5 y 30 mm y dispone de longitudes entre 40 y 380 mm.

25

12.- Columna central para los electrodos de auto-cocción en hornos eléctricos de arco sumergido, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que se caracteriza por que el tubo (10) y la pluralidad de aletas (11) forman un cuerpo monobloque.

30

35

FIG.1

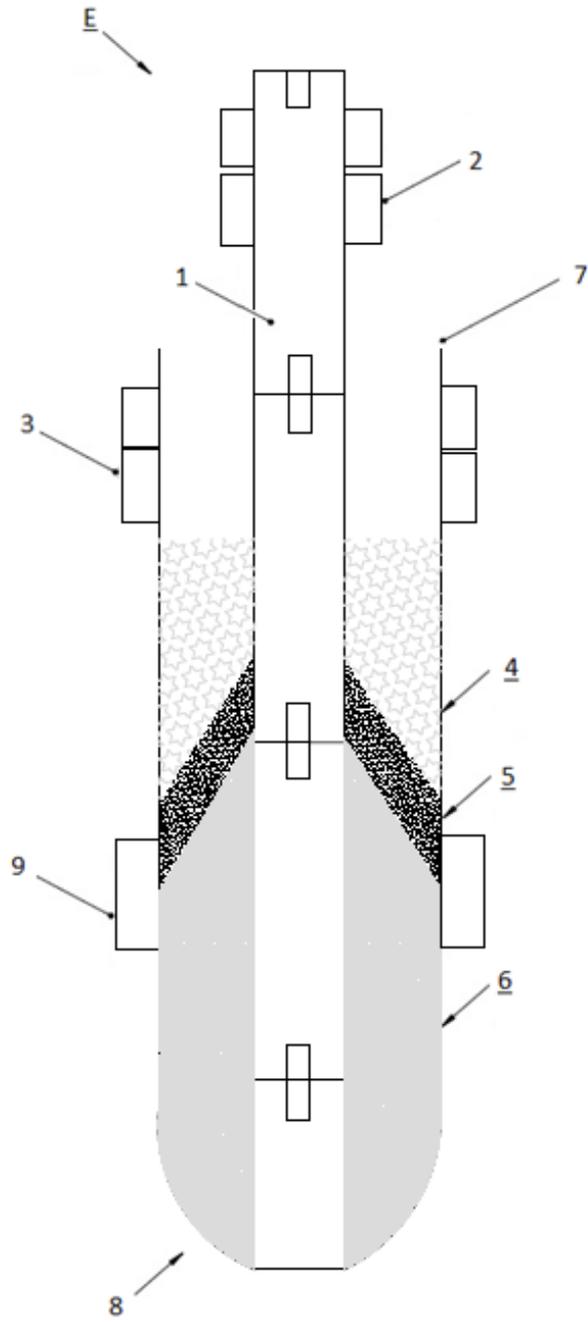


FIG.2

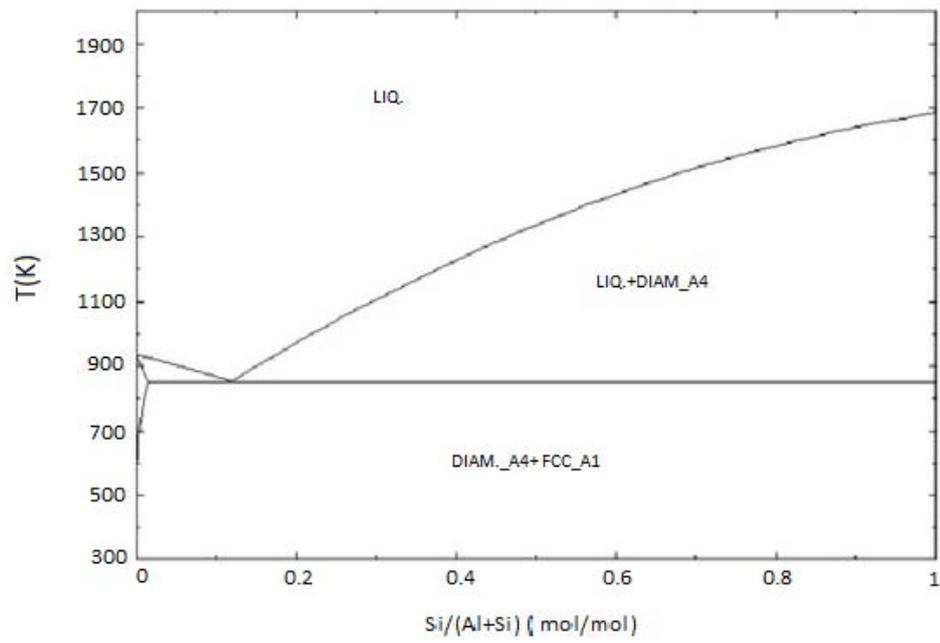


FIG.3

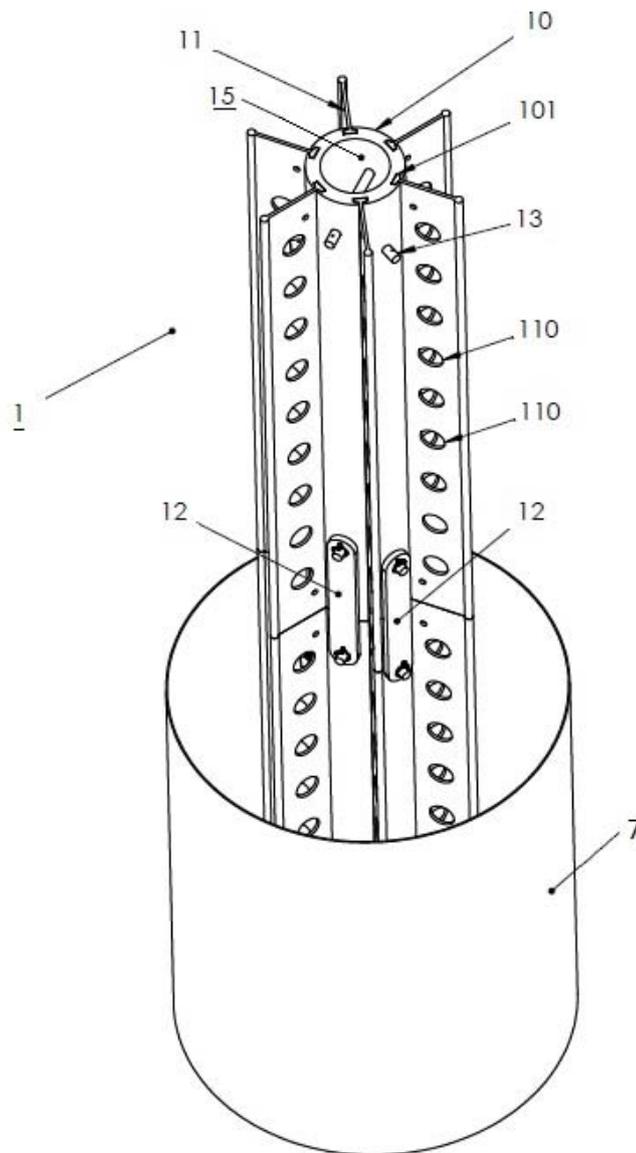


FIG.4

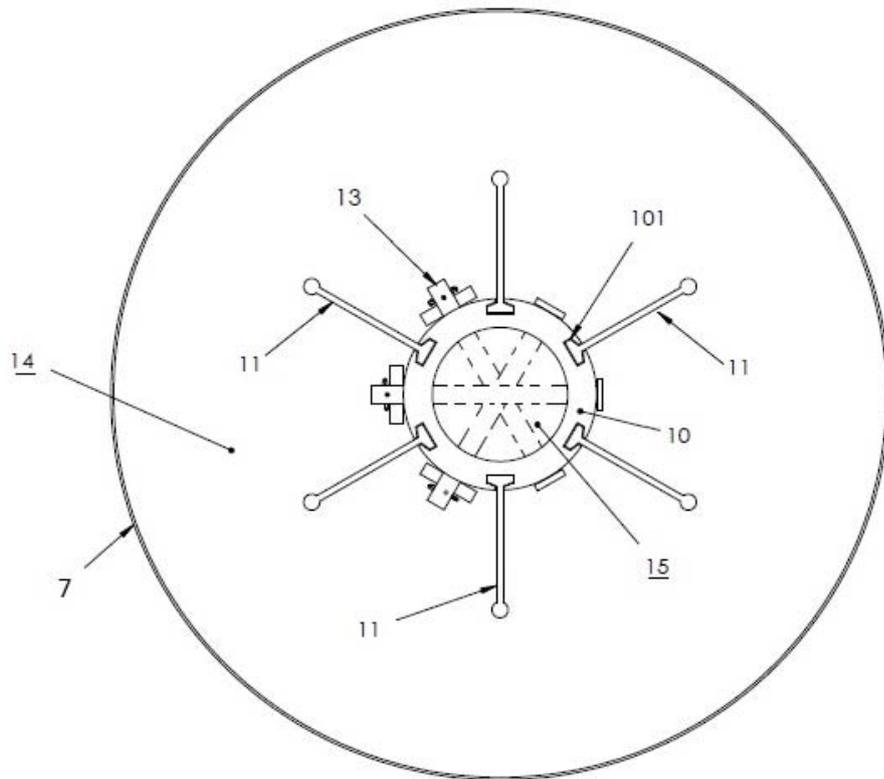


FIG.5

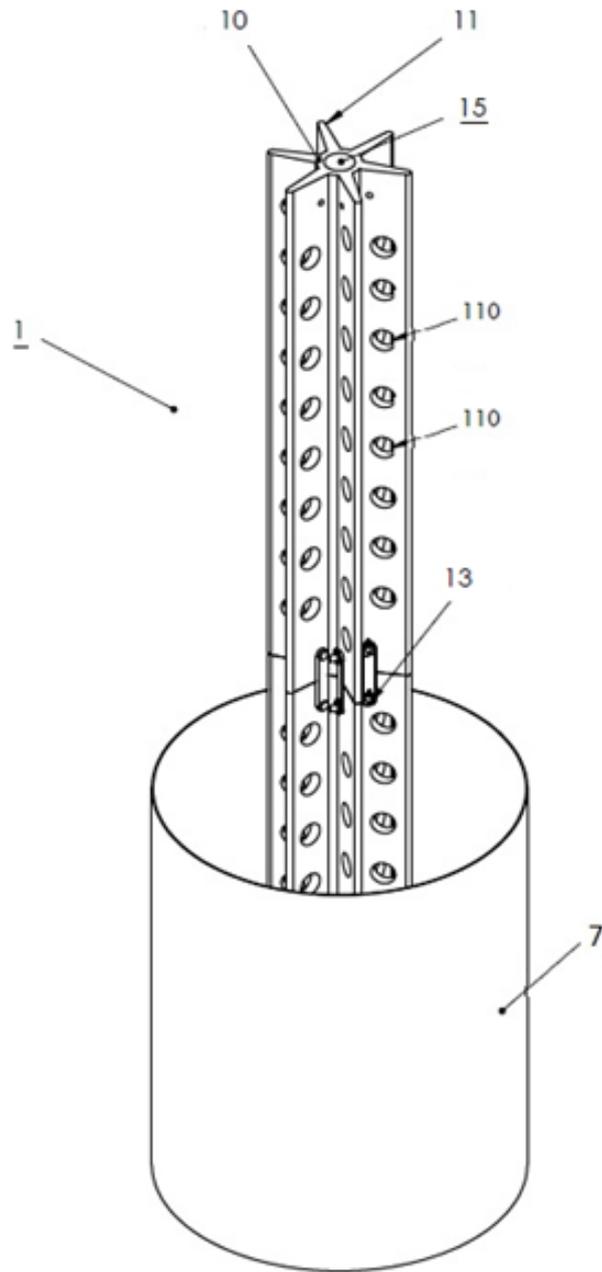


FIG.6

