

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 432 100**

51 Int. Cl.:

H05B 7/14 (2006.01)

H05B 7/085 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.02.2008** **E 11171064 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2013** **EP 2373121**

54 Título: **Electrodos de grafito monolíticos de gran longitud**

30 Prioridad:

09.04.2007 US 922519 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.11.2013

73 Titular/es:

**GRAFTECH INTERNATIONAL HOLDINGS INC.
(100.0%)
12900 Snow Road
Parma, OH - OHIO 44130, US**

72 Inventor/es:

**ARTMAN, DIANE;
COLEMAN, PHIL y
MORALES, JUAN**

74 Agente/Representante:

PONTI SALES, Adelaida

ES 2 432 100 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

Electrodos de grafito monolíticos de gran longitud

5 **[0001]** La presente invención se refiere a artículos de grafito y a un proceso para la preparación de artículos de grafito. En concreto, esta invención está relacionada con artículos como los electrodos de grafito.

10 **[0002]** Los electrodos de grafito se utilizan en la industria siderúrgica para fundir los metales y otros ingredientes utilizados para obtener acero en hornos electrotérmicos. Se genera el calor necesario para fundir metales mediante la transmisión de una corriente a través de una pluralidad de electrodos, normalmente tres, y la formación de un arco entre los electrodos y el metal. Con frecuencia se utilizan corrientes eléctricas superiores a los 50.000 amperios. Las altas temperaturas resultantes funden los metales y otros ingredientes. En general, los electrodos que se utilizan en hornos de acero se componen cada uno de columnas de electrodos, es decir, de una serie de electrodos individuales que se unen para formar una sola columna. De esta manera, a medida que los electrodos se van desgastando durante el proceso térmico, es posible añadir electrodos de sustitución a la columna con el fin de mantener la longitud de la columna que se extiende hacia el interior del horno.

20 **[0003]** Generalmente, los electrodos se unen en columnas a través de un pasador (denominado a veces "niple"), cuyo objetivo es unir los extremos de electrodos contiguos. Normalmente el pasador adopta la forma de secciones roscadas opuestas de tipo macho, y al menos un extremo de los electrodos comprende secciones roscadas de tipo hembra capaces de acoplarse con la sección roscada macho del pasador. Por consiguiente, cuando cada una de las secciones roscadas opuestas de tipo macho de un pasador se enrosca en las secciones roscadas hembra en los extremos de dos electrodos, dichos electrodos quedan unidos para formar una columna de electrodos. Normalmente, los extremos unidos de los electrodos contiguos y el pasador que se encuentra entre los mismos se denominan en el estado de la técnica una junta de pasador.

30 **[0004]** Debido a las tensiones térmicas extremas que el electrodo y la junta (y, de hecho, la columna de electrodos en su conjunto) soportan, es preciso alcanzar un equilibrio apropiado entre los factores mecánicos/térmicos, como por ejemplo la resistencia, la expansión térmica y la resistencia al agrietado, con el fin de evitar que se produzcan daños en la columna de electrodos o en los electrodos individuales o la destrucción de los mismos. Por ejemplo, la expansión térmica longitudinal (es decir, a lo largo del electrodo / la columna de electrodos) de los electrodos, especialmente a un ritmo diferente que la del pasador, puede provocar la separación de la junta, reduciendo así la eficacia de la columna de electrodos para conducir la corriente eléctrica. Normalmente, el coeficiente de expansión térmica (CET) del pasador en la dirección transversal es mayor que el CET en la dirección transversal del electrodo. Por consiguiente, se puede utilizar un grado de expansión térmica transversal (es decir, a través del diámetro del electrodo / la columna de electrodos) del pasador que sea un tanto superior a la del electrodo para conformar una conexión firme entre el pasador y el electrodo; no obstante, si la expansión térmica transversal del pasador supera en gran medida a la del electrodo, se podrían producir daños en el electrodo o la separación de la junta. De nuevo, esto puede tener como resultado una menor eficacia de la columna de electrodos o incluso la destrucción de la columna si los daños son tan graves que la columna de electrodos falla en la sección de la junta.

45 **[0005]** Como consecuencia de todo lo anterior, la junta de pasador es un motivo de preocupación en una columna de electrodos. Con el fin de mejorar la fiabilidad de las juntas de pasador, con frecuencia se fabrican los pasadores a partir de grafito de mayor densidad y resistencia que el propio electrodo. Sin embargo, al incrementarse la resistencia y densidad de los pasadores de grafito también se incrementa el tiempo y costes de fabricación del pasador, y por consiguiente el coste de la columna de electrodos formada utilizando juntas de pasador. Se han utilizado otros procedimientos para intentar mejorar la fiabilidad de la junta de pasador. Por ejemplo, una junta de pasador de electrodo puede incluir un depósito para retener una cantidad de aglutinante de brea como un aglutinante curable. Mientras se encuentra en el horno, la brea alcanzará su punto de reblandecimiento y fluirá entre las roscas. Cuando se aplica un calor más intenso, la brea se carbonizará entre las roscas y mantendrá las roscas adyacentes juntas. Entre las variaciones de este concepto figuran cuando el pasador posee uno o varios canales de flujo y/o la junta de pasador incluye más de un depósito de brea, o cuando varía la ubicación del depósito.

55 **[0006]** En el pasado también se han llevado a cabo actividades para eliminar el pasador de la junta con el fin de mejorar el rendimiento del sistema de columna de electrodos. Entre los intentos anteriores de eliminar el pasador que se han realizado figuran un extremo de electrodo dotado de rosca o el uso de otro medio de acoplamiento de electrodos. Por ejemplo, se han fabricado electrodos que incluyen una espiga integral roscada en un extremo del electrodo, también conocida como una junta sin pasador. Sin embargo, la aceptación en la industria de una junta sin pasador ha sido lenta, ya que hay quien considera que la resistencia del grafito en el electrodo no resulta suficiente para mantener la integridad de la columna de electrodos. Por estas razones anteriormente mencionadas y otras, la junta entre dos electrodos adyacentes en una columna de electrodos constituye un motivo de preocupación para un operario de un horno de arco eléctrico.

65 **[0007]** Un electrodo de Pasta Soderberg es un ejemplo de un intento previo de producir un electrodo sin pasador. El electrodo de Soderberg es un electrodo formado continuamente que se utiliza en un horno de arco eléctrico, en el que una mezcla de coque de petróleo y brea de alquitrán de hulla se añade continuamente a un encofrado de acero

y se cuece a medida que pasa a través del encofrado calentado, de manera que el electrodo cocido que emerge en el horno reemplaza continuamente al electrodo consumido. Debido a que estos electrodos son cocidos, y no grafitados, su rendimiento no resulta apropiado para su uso en la fabricación de acero por arco eléctrico. Los electrodos de pasta se utilizan normalmente en los hornos de arco para la fabricación de aleaciones de hierro, aluminio, níquel, cobre y otras aplicaciones no férreas.

[0008] Teniendo en cuenta todo lo anterior, a lo largo de los años se han normalizado los diseños de juntas de electrodos. Estas normas o estándares especifican los diseños de altura y diámetro para los pasadores junto con los parámetros para las roscas del conector de un electrodo. Además de las normas relacionadas con la junta de electrodo, también se han redactado y aprobado normas relativas a la longitud y diámetro del electrodo. Algunos ejemplos de este tipo de normas son la IEC 60239 y la JIS R7201. En cada una de estas normas la longitud del electrodo varía desde no más de 2.900 mm hasta aproximadamente 825 mm, y el diámetro del electrodo puede variar desde 765 mm hasta 352 mm para un electrodo con una longitud comprendida entre 2.900 mm y 2.275 mm.

[0009] Otra cuestión importante para un fabricante de acero es el periodo de inactividad y otros problemas asociados con las adiciones de electrodos al horno de arco. Cada vez que se añade otro electrodo a una columna de electrodos o se añade una nueva columna al horno, se debe apagar el horno mientras se añaden el electrodo o la columna de electrodos. Normalmente, para un horno en el que tres columnas de electrodos se encuentran en funcionamiento simultáneo, el equivalente de un electrodo será consumido a lo largo de un turno de aproximadamente ocho (8) horas. Por consiguiente, para añadir un electrodo a una columna, o para intercambiar una columna acortada con una de mayor longitud, deberá apagarse el horno unas tres veces durante cada periodo de veinticuatro (24) horas.

[0010] En las Figuras 3 y 4 se ilustra un ejemplo de cómo se instalan las columnas de electrodos en un horno. La Figura 3 es una vista superior del horno de arco eléctrico mostrado en la Figura 4. Como se ilustra, se instalan las tres columnas de electrodos (104, 120 y 130) en el horno (102). Normalmente un horno que funciona con una corriente eléctrica alterna contará con tres columnas de este tipo, mientras que un horno que funciona con una corriente eléctrica continua utilizará electrodos de diámetro más grande en una sola columna de electrodos.

[0011] Cuando se consume una columna específica de electrodos, normalmente se apaga la corriente eléctrica que crea el arco para recuperar el acero y se extrae el resto de la columna consumida del horno. A continuación se conecta el suministro eléctrico y se transmite la corriente a través de una o varias de las columnas de electrodos restantes y/o de la columna de sustitución. En la Figura 4 se ilustra una vista de un horno de arco eléctrico (102) en la que se muestran dos (2) columnas de electrodos (104 y 120). En la columna (104) se incluyen tres (3) electrodos (106, 108 y 110). Las juntas entre los electrodos de la columna (104) se representan mediante los números de referencia 112 y 114.

[0012] La columna de electrodos (120) incluye dos electrodos (122 y 124). En el ejemplo mostrado, un electrodo, como por ejemplo el electrodo 110, puede añadirse a la columna de electrodos (104) mediante el uso de un robot de electrodos (126). Como se muestra, se utiliza un robot (126) para añadir un tercer electrodo a una columna que ya comprende más de un electrodo. Puede utilizarse el robot (126) para alinear y rotar el electrodo que se está añadiendo a la columna con el fin de acoplar una parte roscada del elemento de junta superior del electrodo directamente por debajo del electrodo que se está añadiendo. El robot (126) puede desplazarse a lo largo de guías (128) mostradas en la Figura 4, o puede ubicarse sobre la columna mediante el uso de una grúa puente.

[0013] De forma similar a como se ha descrito anteriormente, cuando se añade un electrodo a una columna se desconecta la corriente eléctrica que pasa a través de una columna de los electrodos en el horno (102), desperdiándose así un periodo de producción significativo a causa de este cambio.

[0014] Un procedimiento para reducir las adiciones de electrodos en el horno consiste en la unión de dos electrodos relativamente más cortos antes de su entrega al fabricante de acero, como se describe en la solicitud de patente estadounidense publicada US 2006/0140244. Sin embargo, este enfoque tiene la desventaja de que cada uno de los electrodos más cortos debe ser mecanizado para que tenga sus propias partes de espiga roscada y conector con anterioridad al ensamblaje, lo que requiere un mecanizado de cuatro secciones roscadas, en lugar de dos, para un solo electrodo. La necesidad de mecanizar cuatro secciones roscadas requiere un trabajo y un tiempo adicionales, y desperdicia el material de grafito de alto valor que se elimina mediante el mecanizado con el fin de fabricar la sección roscada. Por consiguiente, existe la necesidad de un electrodo monolítico, es decir, de un electrodo sin una junta añadida que también pueda proporcionar al usuario un periodo más largo de productividad entre las adiciones de electrodos.

[0015] En la patente europea EP 1406473 A se divulga un electrodo de grafito con una primera cara en un extremo en forma de conector y una segunda cara en el extremo opuesto en forma de espiga roscada, en el que el cuerpo del electrodo posee una longitud de 2.900 mm.

[0016] La presente invención trata de proporcionar un electrodo de grafito monolítico que presente ventajas con respecto a los electrodos conocidos.

[0017] De conformidad con la presente invención, se proporciona un electrodo de grafito monolítico que comprenda un cuerpo principal que tenga una longitud superior a 3.050 mm.

5 **[0018]** De forma ventajosa, el electrodo de la presente invención supera los problemas relacionados con los electrodos de tipo estándar, como por ejemplo los periodos de inactividad de los hornos.

[0019] Preferentemente, el cuerpo principal del electrodo incluye una pareja de caras en los extremos, y cada cara incluye un conector.

10 **[0020]** Preferentemente, la longitud del cuerpo principal comprende más de 3.330 mm. También se prefiere que la longitud del cuerpo principal comprenda más de 3.430 mm. Se prefiere aún más que la longitud del cuerpo principal comprenda más de 3.680 mm.

15 **[0021]** Preferentemente, un diámetro del electrodo comprende desde aproximadamente 500 mm hasta aproximadamente 900 mm. Más preferentemente, el diámetro del electrodo comprende desde aproximadamente 500 mm hasta 860 mm, y se prefiere aún más que no sea superior a los 850 mm.

20 **[0022]** Preferentemente, en una realización las roscas por pulgada ("RPP") de la espiga comprenden menos de cuatro (4), por ejemplo tres (3) o dos (2), y una RPP del conector comprende dos. Preferentemente el estrechamiento progresivo de la espiga comprende 9° o más.

25 **[0023]** Otra realización divulgada en el presente incluye una columna de electrodos que comprende una pluralidad de electrodos de grafito monolíticos. La columna tiene una longitud superior a 3.050 mm de electrodo por junta y más preferentemente una longitud de 3.300 mm o superior por junta de electrodo.

[0024] Preferentemente, la columna posee una longitud total de al menos 6.350 mm y menos de dos juntas.

30 **[0025]** Una realización adicional mencionada en el presente consiste en la práctica de incrementar la longitud del electrodo para minimizar la presencia de una junta de electrodo en la columna de electrodos para una longitud determinada. Esta práctica mejorará el grado de eficiencia para los fabricantes de electrodos y los operarios de hornos de arco eléctrico.

35 **[0026]** A continuación se describirá la presente invención de forma detallada, haciendo referencia a los dibujos adjuntos a modo de ejemplo, en los que:

La Figura 1 es una vista de un electrodo de pasador-conector;

La Figura 2 es una vista de un electrodo de junta sin pasador;

La Figura 3 es una vista superior esquemática del horno mostrado en la Figura 4; y

40 La Figura 4 es una vista frontal de una columna de electrodos en un horno de arco eléctrico.

[0027] Como se ha mencionado anteriormente, se podrían fabricar los artículos de grafito (la expresión "artículos de grafito" se utiliza en el presente para incluir al menos los electrodos de grafito) al combinar en primer lugar una fracción de partículas que comprende coque calcinado (cuando el artículo de grafito que se va a producir es un electrodo de grafito), brea y brea de mesofase o fibras de carbono basadas en PAN (poliacrilonitrilo) en una mezcla base. Más específicamente, para formar la mezcla se combinan coque de petróleo calcinado triturado, dimensionado y molido con un aglutinante de brea de alquitrán de hulla. Se selecciona el tamaño de partícula del coque calcinado según el uso final del artículo y de conformidad con el estado de la técnica. En general, en los electrodos de grafito para su uso en el procesamiento de acero, se utilizan partículas de hasta aproximadamente 25 milímetros (mm) de diámetro medio en la mezcla. La fracción de partículas preferentemente incluye un relleno de partículas de pequeño tamaño que comprende polvo de coque. Entre los otros aditivos que pueden incorporarse al relleno de partículas de pequeño tamaño figuran óxidos de hierro para inhibir la formación de sopladuras (en inglés, puffing) (causadas por la liberación de sulfuro de su unión con carbono dentro de las partículas de coque), polvo de coque y aceites u otros lubricantes para facilitar la extrusión de la mezcla. También se pueden incluir en la mezcla fibras de carbono basadas en brea de mesofase o derivadas de PAN (poliacrilonitrilo), añadidas después de que la mezcla base ya se ha iniciado. Las fibras utilizadas deberían, de forma ventajosa, poseer un módulo de Young (después de la carbonización) de aproximadamente 100 GPa hasta aproximadamente 275 GPa o superior (las fibras ThorneI T-300 PAN de Cytec poseen un módulo de elasticidad a la tracción de 231 GPa (<http://www.cytec.com/business/engineeredmaterials/CFInternet/cfThorneIT-300PAN.shtm>)). Las fibras preferentemente poseen un diámetro medio comprendido entre aproximadamente 6 y aproximadamente 15 micrones (T-300 es de 7 micrones) y una resistencia a la tracción de entre aproximadamente 1,4 GPa y aproximadamente 2,8 GPa. En determinadas realizaciones, la resistencia a la tracción de las fibras puede ser de hasta 5 GPa (la resistencia a la tracción de T-300 es de 3,75 GPa). Preferentemente, la longitud de las fibras es de entre aproximadamente 4 mm y aproximadamente 32 mm como media. Las longitudes apropiadas de fibra incluyen una longitud media de unos 6 mm o inferior, unos 12 mm o inferior, unos 18 mm o inferior, o unos 25 mm o inferior. También se prefiere que las fibras de carbono no tengan una longitud superior a la partícula de coque de mayor

tamaño. De forma más ventajosa, se añaden las fibras a la mezcla como haces que contienen entre unas 2.000 y unas 20.000 fibras por haz, compactadas con el uso de un encolado (patente estadounidense US 6.916.435).

5 **[0028]** Como se ha indicado, las fibras de carbono que se incluirán en la mezcla están basadas en una brea de mesofase o PAN. Se pueden producir las fibras de brea de mesofase a partir de brea que ha sido transformada, al menos parcialmente, en un estado de cristal líquido, denominado mesofase. Se puede preparar la brea de mesofase a partir de materias primas como, por ejemplo, corrientes de petróleo aromático pesado, alquitranes resultantes del craqueo de etileno, derivados de carbón, alquitranes obtenidos del tratamiento térmico de petróleo, residuos de fraccionador de fluidos y destilados aromáticos tratados a presión que poseen un intervalo de ebullición comprendido
10 entre aproximadamente 340° C y aproximadamente 525° C. Se describe la producción de la brea de mesofase en, por ejemplo, la patente estadounidense nº 4.017.327 otorgada a Lewis et al. Normalmente, la brea de mesofase se forma al calentar la materia prima en una atmósfera químicamente inerte (por ejemplo, nitrógeno, argón, helio o similares) a una temperatura comprendida entre aproximadamente 350° C y 500° C. Se puede verter un gas químicamente inerte a través de la materia prima durante el calentamiento para facilitar la formación de la brea de mesofase. Para la preparación de fibras de carbono, la brea de mesofase debería tener un punto de reblandecimiento (es decir, un punto en el que la brea de mesofase empieza a deformarse) inferior a aproximadamente 400° C y normalmente inferior a aproximadamente 350° C. Si la brea posee un punto de reblandecimiento superior, resulta difícil la formación de fibras de carbono con las propiedades físicas deseadas.

20 **[0029]** Una vez que se ha preparado la brea de mesofase, se procede a hilar la misma en filamentos del diámetro deseado mediante procedimientos conocidos, como por ejemplo hilado por fusión, hilado centrífugo, hilado por soplado u otros procedimientos que resultan familiares a los expertos en este campo. El hilado produce fibras de carbono apropiadas para su uso en la preparación del electrodo de la presente invención. A continuación, los filamentos se termoendurecen a una temperatura no superior al punto de reblandecimiento de la brea (pero normalmente superior a 250° C) durante un periodo comprendido entre aproximadamente 5 y 60 minutos, y después se tratan a temperaturas sumamente elevadas, de hasta aproximadamente 1000° C y superiores, y en algunos casos de hasta aproximadamente 3000° C, aunque más habitualmente comprendidas entre unos 1500° C y 1700° C, con el fin de carbonizar las fibras. El proceso de carbonización se produce en una atmósfera inerte, como por ejemplo el gas de argón, durante un mínimo de aproximadamente 0,5 minutos. Más frecuentemente, la carbonización utiliza periodos de contacto de entre aproximadamente 1 y 25 minutos. A continuación se cortan las fibras a la longitud apropiada y se agrupan en haces. Cytec Industries Inc. (West Paterson, New Jersey, Estados Unidos de América), y Mitsubishi Chemical Functional Products Inc. (Tokio, Japón), suministran comercialmente dichas fibras, agrupadas en haces como se ha descrito anteriormente.

35 **[0030]** Un procedimiento para crear las fibras de PAN comprende el hilado de las fibras a partir de una solución de poliacrilonitrilo. A continuación se estabilizan las fibras de la misma forma que las fibras basadas en brea de mesofase. La producción de fibras de PAN se describe, por ejemplo en High Performance Carbon Fibers (Dan D. Edie y John J. McHugh), en las páginas 119-138 de Carbon Materials for Advanced Technologies ("Materiales de carbono para tecnologías avanzadas"), 1ª Edición, Elsevier Science Ltd., 1999, cuya divulgación en su totalidad se incorpora al presente documento.

45 **[0031]** Las fibras de carbono se incluyen preferentemente en la mezcla base a un nivel de unas 0,5 a unas 6 partes por peso de fibras de carbono por 100 partes por peso de coque calcinado. Idóneamente, las fibras están presentes a un nivel de unas 1,25 a unas 6 partes por peso de fibras por 100 partes por peso de coque. Por lo que respecta a la mezcla en su totalidad (excluido el aglutinante), las fibras de carbono se incorporan a un nivel de aproximadamente 1% a aproximadamente 5,5% por peso, aunque se prefiere un nivel de aproximadamente 1,5% a aproximadamente 5,5%, y se prefiere aún más un nivel de aproximadamente 5,0% o inferior.

50 **[0032]** Después de preparar la mezcla de fracción de partículas, aglutinante de brea, fibras de carbono, etc., se forma (o perfila) el cuerpo mediante extrusión a través de un troquel o se moldea en moldes de conformación convencionales con el fin de formar lo que se denomina una mezcla base verde. Este proceso de conformación, ya sea a través de extrusión o moldeado, se lleva a cabo a una temperatura próxima al punto de reblandecimiento de la brea, normalmente alrededor de 100° C o una temperatura superior. Aunque el troquel o el molde pueden dar una forma y tamaño sustancialmente finales al artículo, normalmente se necesita la mecanización del artículo acabado, como mínimo para proporcionar estructuras como roscas. El tamaño de la mezcla base verde puede variar; para los
55 electrodos el diámetro puede oscilar entre aproximadamente 220 mm y 850 mm.

60 **[0033]** Después de la extrusión se somete la mezcla base verde a un tratamiento térmico al cocerla a una temperatura de entre unos 700° C y unos 1100° C, preferentemente entre unos 800° C y unos 1000° C, con el fin de carbonizar el aglutinante de brea a coque sólido de brea y proporcionar al artículo las propiedades de permanencia de forma, resistencia mecánica elevada, buena conductividad térmica y resistencia eléctrica relativamente baja, formando de esta manera una mezcla carbonizada. Para evitar la oxidación, se cuece la mezcla base verde en una ausencia relativa de aire. Se debería realizar la cocción a un ritmo de incremento de temperatura de entre aproximadamente 1° C y aproximadamente 5° C cada hora hasta alcanzar la temperatura final. Tras la cocción, se puede impregnar la mezcla carbonizada una o varias veces con alquitrán de carbón, brea de petróleo u otros tipos
65

de breas o resinas conocidas en esta industria con el fin de depositar coque adicional en los poros abiertos de la mezcla. Después de cada impregnación se lleva a cabo un paso adicional de cocción.

5 **[0034]** Después de la cocción, la mezcla carbonizada se grafitiza. La grafitación se realiza mediante un tratamiento térmico a una temperatura final de entre unos 2500° C y unos 3400° C durante un periodo suficiente para hacer que los átomos de carbono en el coque y en el aglutinante de coque de brea se transformen desde un estado de ordenamiento deficiente a la estructura cristalina del grafito. De forma ventajosa, el proceso de grafitación se lleva a cabo mediante el mantenimiento de la mezcla carbonizada a una temperatura de al menos unos 2700° C, y de manera más ventajosa, a una temperatura comprendida entre unos 2700° C y unos 3200° C. A estas temperaturas elevadas, otros elementos distintos del carbono se volatilizan y escapan como vapores. El tiempo necesario de mantenimiento a la temperatura de grafitación utilizando el proceso de la presente invención no es superior a aproximadamente unas 18 horas; de hecho, no es superior a aproximadamente unas 12 horas. Preferentemente, la grafitación se realiza durante un periodo comprendido entre aproximadamente 1,5 horas y unas 8 horas.

15 **[0035]** Como se ha indicado anteriormente, una vez que se ha completado el proceso de grafitación, es posible cortar el artículo final para que tenga un tamaño apropiado y después mecanizarlo o perfilarlo hasta llegar a su configuración final. El artículo final puede ser mecanizado para llegar a ser un electrodo de pasador-conector, como se ilustra en la Figura 1, mostrado como (10). Tal y como se ilustra, el electrodo (10) incluye un cuerpo principal (que se extiende desde la cara de un extremo hasta la cara del otro extremo del electrodo (10)) (12), y un par de caras en los extremos (14) en cada extremo longitudinal del cuerpo (12). Se puede mecanizar un conector (16) en cada cara de extremo (14). Preferentemente el conector (16) incluye roscas (18). Preferentemente el cuerpo principal (12) del electrodo (10) posee una longitud mayor de 3.050 mm (120 pulgadas), más preferentemente de 3.300 mm (130 pulgadas) o superior, incluso más preferentemente de 3.550 mm (140 pulgadas) o superior, e idóneamente de 3.680 mm (145 pulgadas) o superior. En un ejemplo específico, el cuerpo principal (12) tiene una longitud de más de 3.800 mm (aproximadamente 150 pulgadas). Debido a que la mezcla base verde pierde parte de su longitud durante los pasos de grafitación y mecanizado, el electrodo (10) está formado preferentemente a partir de un cuerpo verde que posee una longitud de electrodo de 3.200 mm (126 pulgadas) o superior, más preferentemente de 3.430 mm (135 pulgadas) o superior, e incluso más preferentemente de 3.810 mm (150 pulgadas) o superior.

30 **[0036]** En la Figura 2 se muestra un electrodo (20) que incluye la tecnología de junta sin pasador. El electrodo (20) también incluye un cuerpo principal (cara del extremo a extremo de la espiga) (22) y además incluye un conector (26) en una cara de extremo (24) en un extremo longitudinal del cuerpo (22). El electrodo (20) también puede incluir una espiga roscada (28) en o alrededor de un segundo extremo longitudinal del cuerpo (22). El cuerpo (22) del electrodo (20) puede tener una longitud de al menos 2.920 mm (115 pulgadas). En una realización particular, el cuerpo (22) tiene una longitud de al menos 3.175 mm (125 pulgadas), preferentemente de al menos 3.300 mm (130 pulgadas), más preferentemente de al menos 3.425 mm (135 pulgadas), incluso más preferentemente de al menos 3.550 mm (140 pulgadas), e idóneamente de al menos 3.680 mm (145 pulgadas). En una realización determinada, la longitud del cuerpo (22) es de al menos aproximadamente 3.800 mm (alrededor de 150 pulgadas). Una forma de medir la longitud total del electrodo (20) es desde la superficie exterior de la cara del extremo (24) hasta la punta de la espiga (28). Algunos ejemplos de longitudes típicas de la espiga (28) son desde aproximadamente 500 mm (20 pulgadas) hasta aproximadamente 630 mm (25 pulgadas), medidas desde la punta de la espiga hasta una base de la espiga, ilustradas por la línea "L" en la Figura 2. Preferentemente, la espiga (28) se extiende desde el cuerpo (12) a un ángulo de estrechamiento progresivo de "α". En una realización preferida, el ángulo α tiene aproximadamente 9° o más. En otra realización, α tiene aproximadamente 15° o más. Opcionalmente, el electrodo (20) puede incluir un sello alrededor de la espiga (28), el cual no se muestra.

50 **[0037]** El diámetro de los electrodos descritos anteriormente (10 y 20) puede variar, dependiendo de las preferencias del usuario final. El diámetro del electrodo (10 o 20) puede variar desde aproximadamente 350 mm (14 pulgadas) hasta aproximadamente 860 mm (34 pulgadas), dependiendo de la selección del usuario final. Asimismo, el paso de rosca en los conectores (16), así como el conector (26) puede variar dependiendo de la selección del usuario final. El paso de rosca o roscas por pulgada (RPP) puede variar desde dos (2) hasta ocho (8) RPP para cualquier conector de electrodo (10 o 20). Las roscas (40) sobre la espiga (28) pueden tener el mismo paso de rosca, o si se desea uno diferente, que las roscas del conector (26). De forma similar, resulta típico que ambos conectores (16) posean las mismas RPP, sin embargo, si se desea, los conectores (16) pueden tener diferentes RPP. Lo mismo ocurre con el conector (26) y la espiga (28), ya que normalmente el conector (26) tendrá las mismas RPP que la espiga (28) o viceversa. Sin embargo, las RPP pueden variar entre el conector (26) y la espiga (28), si así lo desea el usuario final.

60 **[0038]** Preferentemente, el electrodo descrito anteriormente puede estar incluido en la columna de electrodos, de manera que la columna incluirá más de 3.050 mm de longitud del electrodo monolítico por junta entre electrodos adyacentes en la columna de electrodos; más preferentemente, la longitud comprende más de 3.300 mm. En una realización particular, la columna de electrodos puede comprender más de 6.300 mm y menos de dos juntas entre los electrodos que forman la columna.

65 **[0039]** Una ventaja de las realizaciones divulgadas es que reducen la frecuencia de la existencia de la junta en la columna de electrodos, incrementando así la longitud máxima de electrodo por junta. Para un operario de hornos, la

materia divulgada ofrecerá las ventajas de una producción incrementada de acero, un menor tiempo de inactividad por tonelada de acero recuperada y una menor necesidad de mano de obra asociada con el consumo de electrodos por tonelada de acero recuperada. Para el fabricante de electrodos, ello representa una oportunidad para adaptar los electrodos a los requisitos específicos de los fabricantes individuales de acero.

5

[0040] Las diferentes realizaciones descritas anteriormente pueden ponerse en la práctica por separado o en cualquier combinación posible de las mismas.

10

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un electrodo de grafito monolítico (10) que comprende un cuerpo principal (12), teniendo este cuerpo una longitud de al menos 3.175 mm y una pareja de caras en los extremos (14), en el que cada cara en los extremos está ubicada en un extremo opuesto del cuerpo, y en el que una primera cara de un extremo incluye un conector (16) y una segunda cara en un extremo incluye una espiga roscada (18).
2. El electrodo de la reivindicación 1, en el que las roscas por pulgada (RPP) de la espiga son menos de cuatro.
- 10 3. El electrodo de la reivindicación 2, en el que las RPP son menos de tres.
4. El electrodo de la reivindicación 1, en el que el diámetro del electrodo no es mayor que 850 mm.
- 15 5. El electrodo de la reivindicación 1, en el que el diámetro del electrodo va desde 500 mm a 900 mm.
6. Una columna de electrodos, en la que uno de los electrodos en la columna comprende el electrodo de la reivindicación 1.
- 20 7. La columna de electrodos de la reivindicación 6, en la que la columna posee una longitud total de al menos 6.350 mm y menos de dos juntas.
8. La columna de electrodos de la reivindicación 6, la cual tiene más de 6.300 mm de longitud y menos de dos juntas.
- 25 9. El electrodo de la reivindicación 1, en el que un ángulo del estrechamiento progresivo de la espiga es de al menos 9°.
10. El electrodo de la reivindicación 9, en el que el ángulo del estrechamiento progresivo es de al menos 15°.

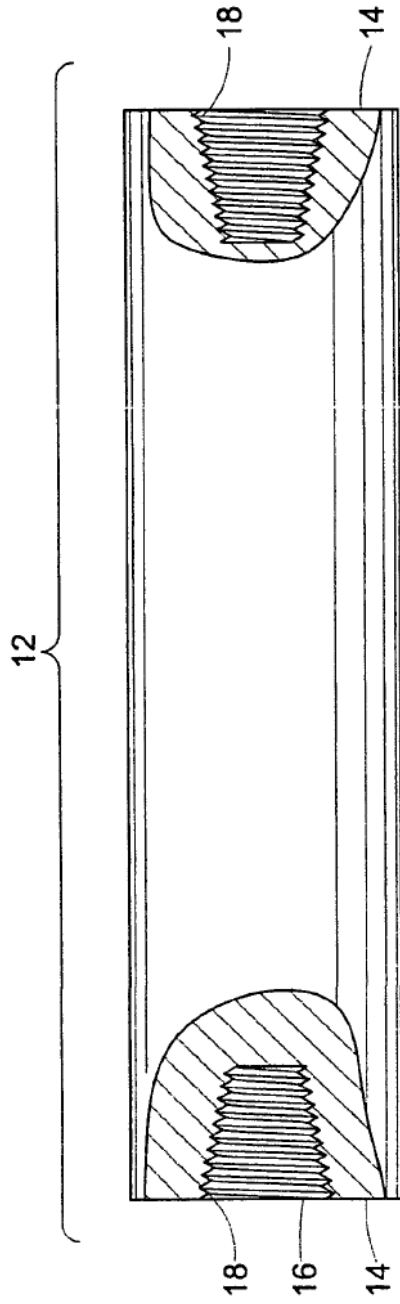


FIG. 1

10

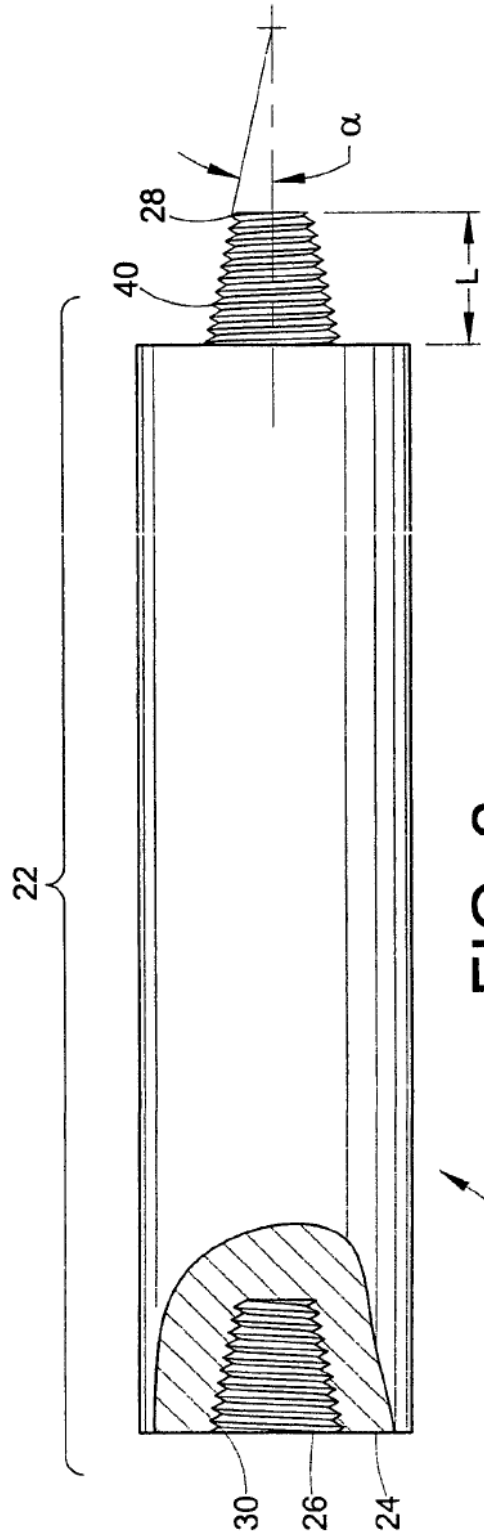


FIG. 2

20

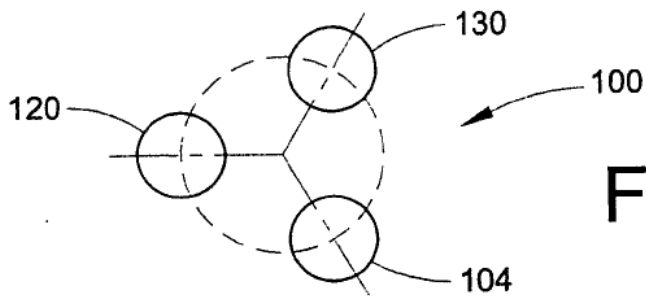


FIG. 3

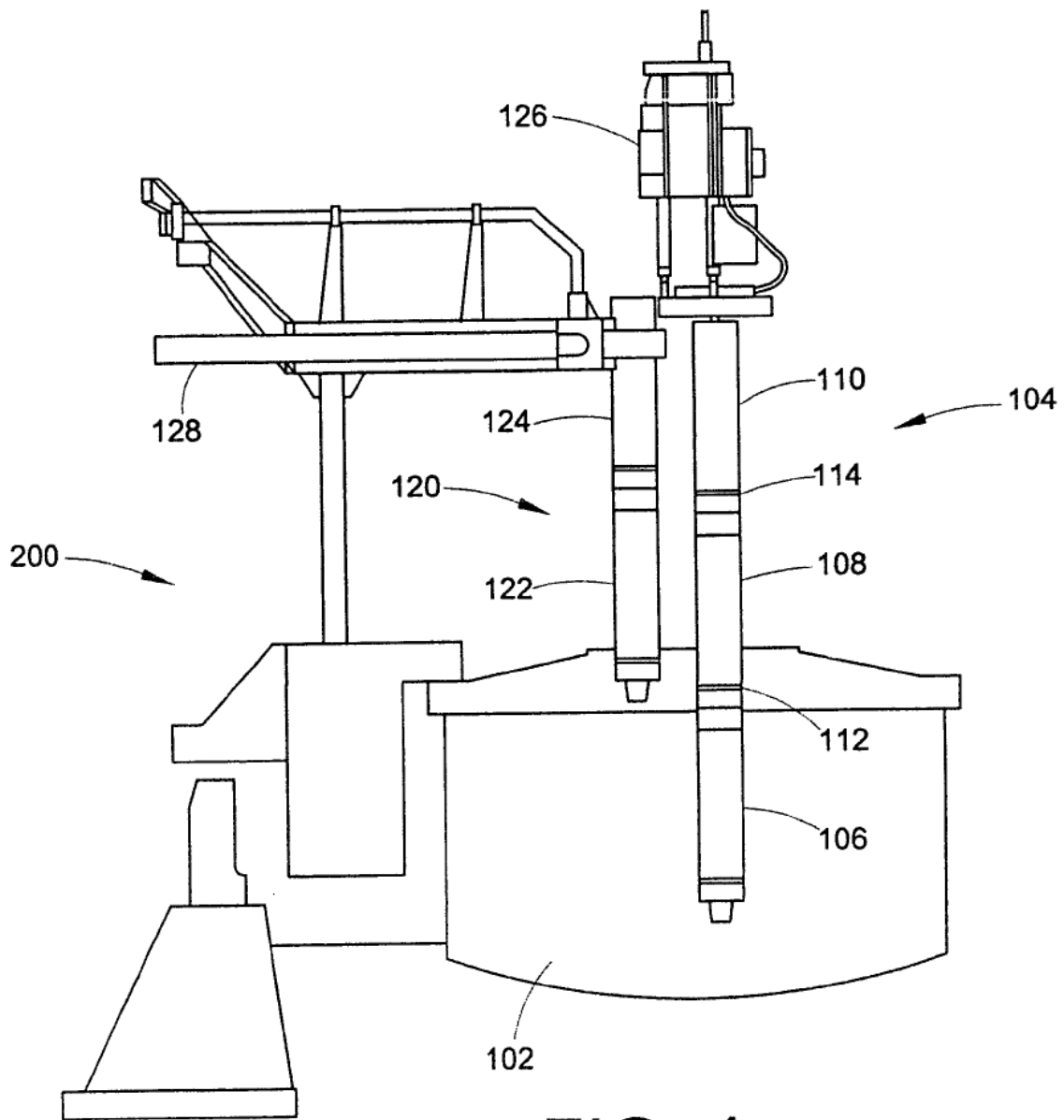


FIG. 4