

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 371 835**

51 Int. Cl.:
H05B 7/14 (2006.01)
H05B 7/085 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08152184 .1**
96 Fecha de presentación: **29.02.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **1993325**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **19.11.2008**

54 Título: **ELECTRODO DE GRAFITO CON LONGITUD AUMENTADA.**

30 Prioridad:
09.04.2007 US 922519 P

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
10.01.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
10.01.2012

73 Titular/es:
**GRAFTECH INTERNATIONAL HOLDINGS INC.
12900 SNOW ROAD
PARMA, OH 44130, US**

72 Inventor/es:
**Artman, Diane;
Coleman, Phil y
Morales, Juan**

74 Agente: **Ponti Sales, Adelaida**

ES 2 371 835 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

Electrodo de grafito con longitud aumentada.

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

5 **[0002]** Los electrodos de grafito se utilizan en la industria siderúrgica para fundir los metales y otros ingredientes usados 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 superiores a los 100.000 amperios. Las altas temperaturas resultantes funden los metales y otros ingredientes. En general, los electrodos que se utilizan en
10 hornos de acero están compuestos 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.

15 **[0003]** EP 1 406 473 se refiere a un electrodo de carbono que comprende al menos dos materiales diferentes de carbono en toda la longitud del electrodo. SU 1 056 480 se refiere a electrodos revestidos con grafito.

[0004] 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
20 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.

25 **[0005]** 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 daños o la destrucción de la columna de electrodos o de electrodos individuales. 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 de 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) en la dirección transversal del pasador es mayor que el CET en la dirección transversal del electrodo. Por consiguiente, se puede utilizar un cierto 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 de los electrodos 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, ello puede producir 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 podría fallar en la sección de la junta.

40 **[0006]** 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. Han existido otros esfuerzos para 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. Se produce alguna variación en este concepto 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.

50 **[0007]** 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. Por ejemplo, se han fabricado electrodos que incluyen una espiga integral 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 las razones anteriormente mencionadas y otras, la junta entre dos
55

electrodos adyacentes en una columna de electrodos es un motivo de preocupación para un operario de un horno de arco eléctrico.

5 **[0008]** Un electrodo de Pasta de 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, pero no grafitados, su rendimiento no es apropiado para su uso en la fabricación de acero de 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.

10 **[0009]** 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 a lo largo de los parámetros para las roscas del conector de un electrodo. Además de las normas relacionadas con la junta de electrodo, también se han elaborado 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 2900 mm hasta aproximadamente 825 mm, y el diámetro del electrodo puede variar desde 765 mm hasta 352 mm para un electrodo de 2900 mm hasta 2275 mm de longitud.

15 **[0010]** Otra cuestión 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.

20 **[0011]** 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.

25 **[0012]** 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) están representadas con los números de referencia (112 y 114).

30 **[0013]** 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.

35 **[0014]** 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 de columna de los electrodos en el horno (102), malgastándose así un periodo de producción significativo por causa de este cambio.

40 **[0015]** Un método 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 nº 2006/0140244. Sin embargo, este enfoque tiene la desventaja de que cada uno de los electrodos más cortos debe ser mecanizado para que tenga su propia espiga roscada y partes de 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 adicional, y desperdicia el material de grafito de alto valor que se mecaniza 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.

[0016] La presente invención trata de proporcionar un electrodo de grafito monolítico que posee ventajas sobre otros electrodos similares conocidos.

5 **[0017]** De conformidad con la presente invención, se proporciona un electrodo de grafito monolítico que comprende un cuerpo principal. Este cuerpo tiene una longitud superior a los 3300 mm, en el que: o bien el cuerpo principal incluye una pareja de caras en los extremos, incluyendo cada cara un conector; o bien el electrodo incluye una cara en el extremo que posee un conector en un extremo del cuerpo y una espiga roscada en un segundo extremo del cuerpo.

[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.

10 **[0019]** Preferentemente, la longitud del cuerpo principal comprende más de 3330 mm. También se prefiere que la longitud del cuerpo principal comprenda más de 3430 mm. Se prefiere aún más que la longitud del cuerpo principal comprenda más de 3680 mm.

15 **[0020]** 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.

[0021] 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.

20 **[0022]** 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 3050 mm de electrodo por junta y más preferentemente una longitud de 3300 mm o superior por junta de electrodo.

[0023] Preferentemente, la columna posee una longitud total de al menos 6350 mm y menos de dos juntas.

25 **[0024]** 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.

[0025] 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 conector de pasador.

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

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

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

35 **[0026]** 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. 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 incluyen 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.sthm>)). Las fibras preferentemente poseen un diámetro medio de aproximadamente 6 a aproximadamente 15 micrones (T-300 es de 7 micrones), una resistencia a la tracción de

50

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 4mm 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 muy 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 nº 6.916.435).

[0027] 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 fraccionadores de etileno, derivados de carbón, alquitranes térmicos de petróleo, residuos de fraccionador de fluidos y destilados aromáticos tratados a presión que poseen un intervalo de ebullición comprendido 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.

[0028] 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 resultarán 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 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.

[0029] Un método 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 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.

[0030] 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.

[0031] 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 formación convencionales con el fin de formar lo que se denomina una mezcla base verde. Este proceso de formación, 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 electrodos el diámetro puede oscilar entre aproximadamente 220 mm y 850 mm.

[0032] 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 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.

[0033] Después de la cocción, la mezcla carbonizada se grafitiza. La grafitización 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 pasen de un estado de ordenamiento deficiente a una estructura cristalina del grafito. De forma ventajosa, el proceso de grafitización 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 grafitización 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 grafitización se realiza durante un periodo comprendido entre unas 1,5 horas y unas 8 horas.

[0034] Como se ha indicado anteriormente, una vez que se ha completado el proceso de grafitización, 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 en un extremo hasta la cara en el otro extremo del electrodo (10)) (12), y una pareja 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 de más de 3050 mm (120 pulgadas), más preferentemente de 3300 mm (130 pulgadas) o superior, incluso más preferentemente de 3550 mm (140 pulgadas) o superior, e idóneamente de 3680 mm (145 pulgadas) o superior. En un ejemplo específico, el cuerpo principal (12) tiene una longitud de más de 3800 mm (aproximadamente 150 pulgadas). Debido a que el stock verde pierde parte de su longitud durante los pasos de grafitización y mecanizado, el electrodo (10) está formado preferentemente a partir de un cuerpo verde que posee una longitud de electrodo de 3200 mm (126 pulgadas) o superior, más preferentemente 3430 mm (135 pulgadas) o superior, e incluso más preferentemente 3810 mm (150 pulgadas) o superior.

[0035] En la Figura 2 se muestra un electrodo (20) que incluye 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 (22) 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 2920 mm (115 pulgadas). En una realización particular, el cuerpo (22) puede tener una longitud de al menos 3175 mm (125 pulgadas), preferentemente de al menos 3300 mm (130 pulgadas), más preferentemente de al menos 3425 mm (135 pulgadas), incluso más preferentemente de al menos 3550 mm (140 pulgadas), e idóneamente de al menos 3680 mm (145 pulgadas). En una realización determinada, la longitud del cuerpo (22) es al menos de aproximadamente 3800 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, ilustrada por la línea "L" en la Figura 2. Preferentemente, la espiga (28) se extiende desde el cuerpo (12) a un ángulo de estrechamiento progresivo 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), que no se muestra.

[0036] El diámetro de los electrodos descritos anteriormente (10 y 20) puede variar, dependiendo de las preferencias del usuario final. El diámetro del electrodo (10 ó 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 ó 20). Las roscas (40) sobre la espiga (28) pueden tener el mismo paso de rosca, o si se desea uno diferente, paso que las roscas del conector (26). De forma similar, resulta típico que ambos conectores (16) posean las mismas RPP, sin embargo, si los conectores deseados (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.

5 **[0037]** Preferentemente, el electrodo descrito anteriormente puede estar incluido en la columna de electrodos, de manera que la columna incluirá más de 3050 mm de longitud del electrodo monolítico por junta entre electrodos adyacentes en la columna de electrodos; más preferentemente, la longitud comprende más de 3300 mm. En una realización particular, la columna de electrodos puede comprender más de 6300 mm y menos de dos juntas entre los electrodos que forman la columna.

10 **[0038]** 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 mano de obra requerida 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.

15 **[0039]** Las diferentes realizaciones descritas anteriormente pueden ponerse en la práctica por separado o en cualquier combinación posible de las mismas.

REIVINDICACIONES

1. Un electrodo de grafito monolítico (10/20) que comprende un cuerpo principal (12/22), teniendo este cuerpo una longitud superior a los 3300 mm, en el que
- 5 - o bien el cuerpo principal incluye una pareja de caras en los extremos (14/24), incluyendo cada cara un conector (16/26);
- o bien el electrodo incluye una cara en un extremo que posee un conector en un extremo del cuerpo y una espiga roscada (28) en un segundo extremo del cuerpo.
- 10 2. El electrodo (10/20) de la reivindicación 1, en el que la longitud del cuerpo principal (12/22) comprende al menos alrededor de 3680 mm.
3. El electrodo (10/20) de la reivindicación 1, en el que la longitud del cuerpo principal (12/22) comprende más de 3430 mm.
4. El electrodo (10/20) de la reivindicación 1, en el que la longitud del cuerpo principal (12/22) comprende más de 3330 mm.
- 15 5. El electrodo (10/20) de la reivindicación 1, en el que un diámetro del electrodo comprende al menos 500 mm.
6. El electrodo (10/20) de la reivindicación 1, en el que un diámetro del electrodo comprende desde aproximadamente 500 mm a 1140 mm.
7. El electrodo (10/20) de la reivindicación 1, en el que un diámetro del electrodo comprende desde aproximadamente 500 mm a 850 mm.
- 20 8. El electrodo (10/20) de la reivindicación 1, en el que el RPP (rosca por pulgada) de la espiga (28) comprende dos y el RPP del conector (16/26) comprende dos.

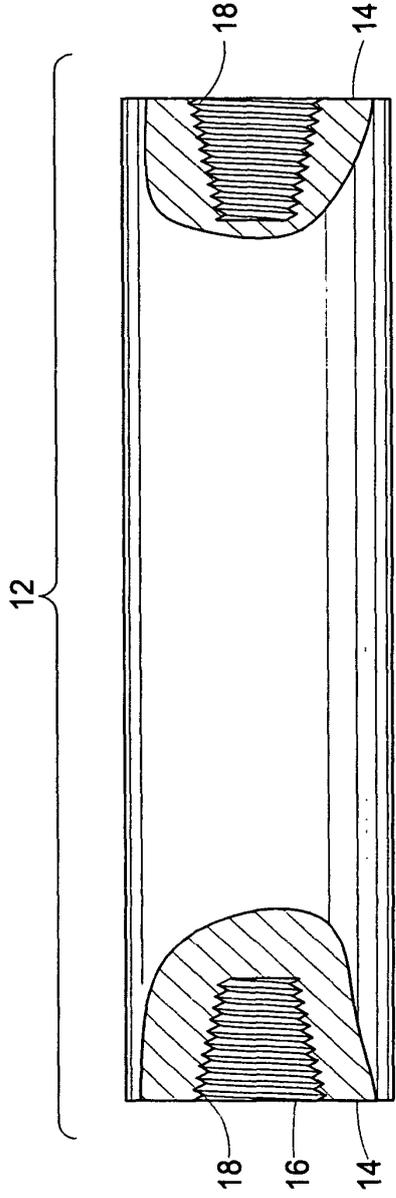


FIG. 1

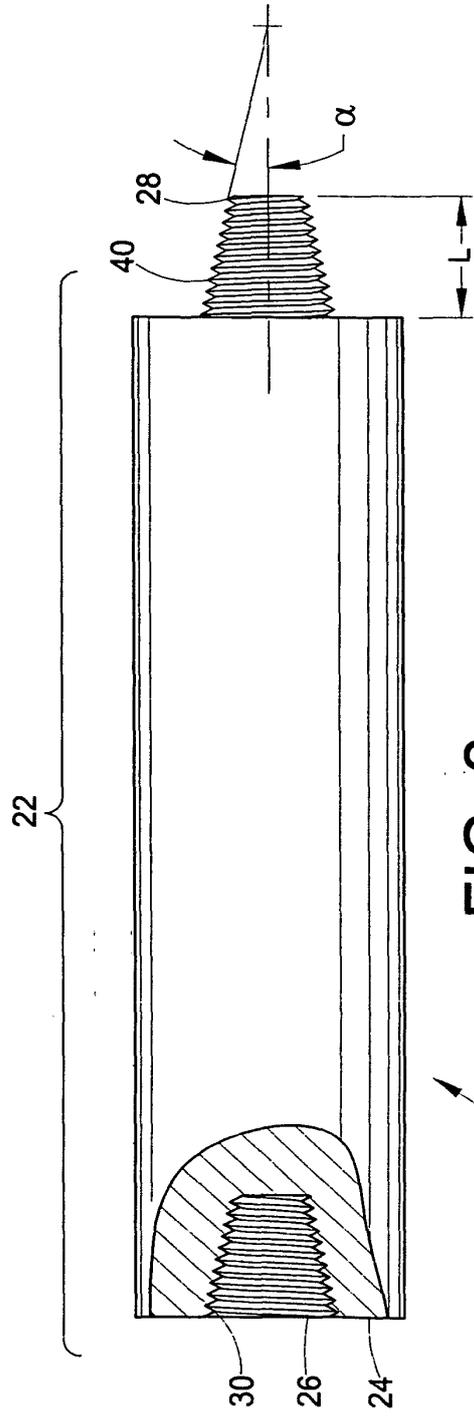


FIG. 2

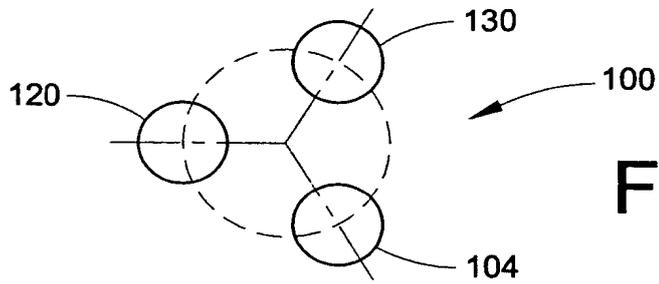


FIG. 3

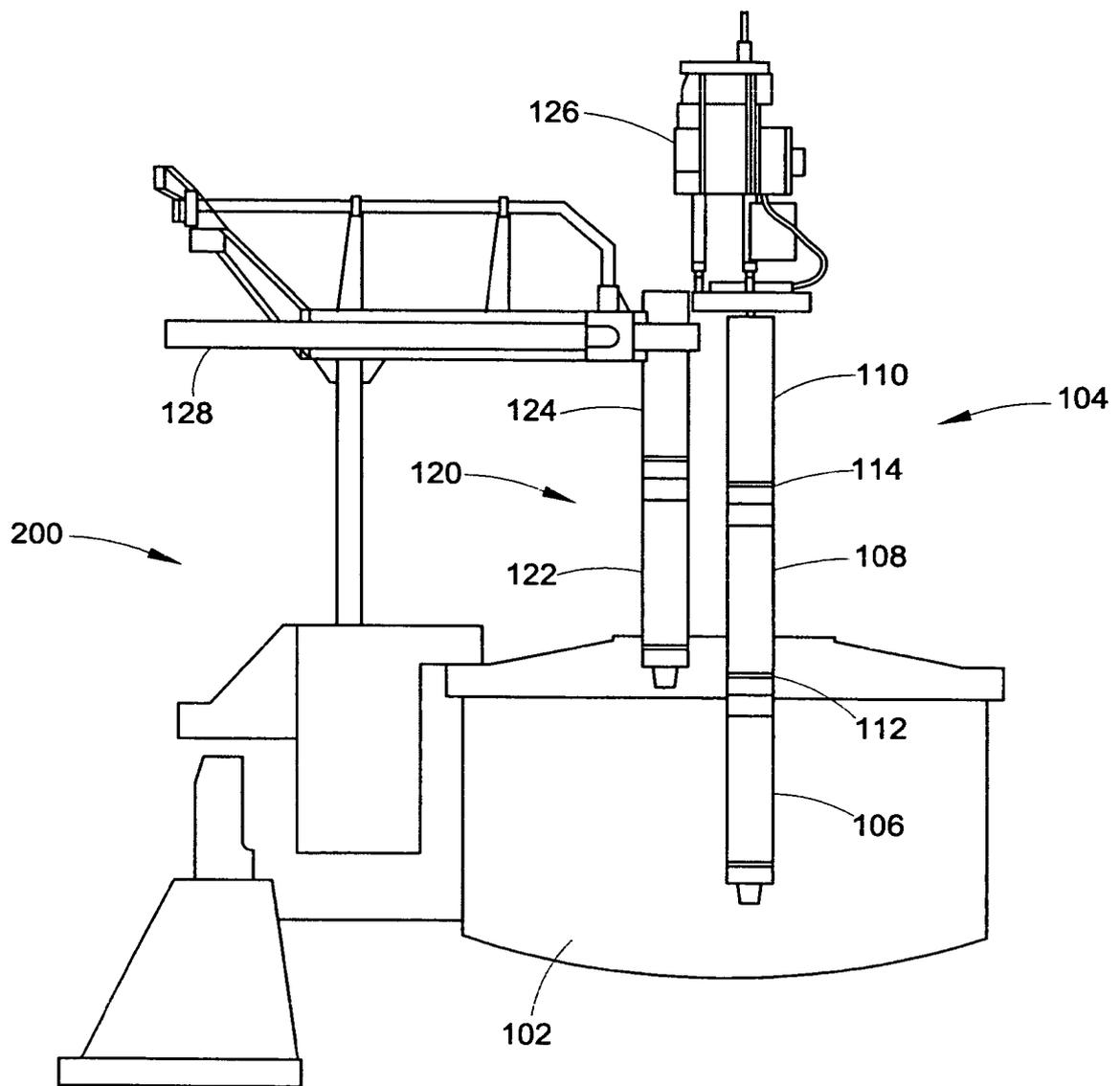


FIG. 4