

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 527 533**

51 Int. Cl.:

**H05B 7/14** (2006.01)

**H05B 7/085** (2006.01)

**F16B 7/02** (2006.01)

**F16B 7/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.04.2006 E 06753431 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.12.2014 EP 1878314**

54 Título: **Unión de electrodos**

30 Prioridad:

**28.04.2005 US 675596 P**

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

**26.01.2015**

73 Titular/es:

**SGL CARBON SE (100.0%)  
Söhnleinstrasse 8  
65201 Wiesbaden, DE**

72 Inventor/es:

**MONTMINY, JOHN;  
MORRIS, EDWARD G. y  
PRICE, ALAN**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 527 533 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**

Unión de electrodos

**Antecedentes de la invención****Campo de la invención**

- 5 La invención se refiere a columnas de electrodos de carbono o grafito con una unión roscada que combina las ventajas de las uniones tradicionales de electrodo-racor y de las uniones de electrodos macho/hembra. En particular, la invención se refiere a columnas de electrodos de carbono o grafito que comprenden racores que tienen en su ecuador del 80 al 110% de diámetro de los electrodos conectados.
- 10 La técnica de fabricación de electrodos de carbono carbonizado o grafitizado, incluyendo también electrodos de carbono y espigas de conexión para ellos, se ha conocido en la técnica durante más de cien años y se aplica a gran escala industrial. En consecuencia, se la ha refinado en muchos aspectos y optimizado en términos de costes. Puede encontrarse una descripción de esta tecnología en ULLMANN'S ENCYCLOPEDIA OF INDUSTRIAL CHEMISTRY, Vol. A5, VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, 1986, págs. 103-113.
- 15 El documento US 2.957.716 se refiere a una unión a tope entre electrodos de grafito u otros electrodos de carbono para hornos eléctricos, sirviendo tales uniones a tope para unir un nuevo electrodo con el extremo del electrodo casi consumido a fin de permitir un funcionamiento continuo del horno reponiendo el material de electrodo de acuerdo con la tasa de consumo.
- 20 El documento EP 0653901 describe una unión de electrodos para unir de forma roscada dos secciones de electrodo de carbono puestas a tope con un elemento de sujeción de carbono alargado que se encaja a la fuerza dentro de un paso que se extiende desde el exterior de la unión de electrodos a través de una porción del contacto de interfaz entre las secciones de electrodo de carbono puestas a tope.
- 25 Un horno de arco contiene al menos una columna de electrodos de carbono. El extremo superior de tal columna está retenido por una ménsula a través de la cual se suministra también la corriente eléctrica para la columna de electrodos. Cuando el horno está en uso, el arco eléctrico pasa desde la punta inferior o extremo inferior de la columna al metal para fusión que está localizada en el horno. El arco eléctrico y las altas temperaturas en el horno hacen que el extremo inferior de la columna de electrodos se queme y elimine lentamente. Finalmente, a medida que se consume la columna de electrodos, se añade una nueva sección de electrodo uniéndola al extremo superior de la sección de electrodo superior de la columna de electrodos. Así, la longitud adecuada de la columna de electrodos se asegura añadiendo nuevas secciones de electrodo a la parte superior de la columna de electrodos que sobresale a través del techo del horno.
- 30 Un método común de unir las dos secciones de electrodo una con otra es por el uso de un racor roscado (espiga de conexión). El racor se atornilla en receptáculos correspondientemente roscados dispuestos en las caras extremas de las dos secciones de electrodo. Las porciones roscadas pueden ser cilíndricas. En la mayoría de las aplicaciones, se utiliza un racor estrechado roscado por su resistencia superior. Tales racores de la técnica anterior tienen en su ecuador de 40 a 70% del diámetro de los electrodos conectados.
- 35 Los electrodos se atornillan en columna a mano o con una máquina. Particularmente, en el caso de electrodos que tienen un diámetro grande de 600 mm o más, deben aplicarse fuerzas y pares de giro o esfuerzos de atornillamiento significativos a fin de asegurar que no se deshaga una columna de electrodos. La sujeción segura de una columna es vitalmente importante para el funcionamiento de un horno de arco.
- 40 Cuando está en uso un horno de arco, se ejercen repetidamente pares de flexión considerables sobre la columna de electrodos debido a la oscilación de la carcasa del horno, incluyendo la columna, o se somete la columna a vibración constante; la columna se expone a impactos del material de carga, lo que impone también esfuerzos sobre la sujeción segura de la columna. Todos estos esfuerzos – pares de flexión repetidos, vibraciones e impactos - son capaces de provocar que se suelte la conexión roscada de los electrodos. Esta suelta debe considerarse como el resultado de procesos inevitables y/o indeseables.
- 45 Cuando llega a soltarse una conexión de tornillo, el racor queda usualmente expuesto a una carga térmica y mecánica alta. Finalmente, debe esperarse el fallo mecánico del racor debido al sobrecalentamiento y la carga mecánica. Como resultado, el extremo inferior de la columna de electrodos se rompe y cae en el acero fundido, el arco eléctrico se interrumpe y se termina el proceso de fundición.
- 50 Además, el racor tiene que exhibir una resistencia mecánica considerablemente más alta que la de los electrodos, puesto que tiene que sostener todo el peso de la parte inferior de la columna de electrodos adyacente. Como consecuencia, el racor tiene propiedades de material diferentes de las de los electrodos conectados. Por ejemplo, el material del racor es más denso y tiene un CTE (coeficiente de expansión térmica) diferente.

5 Junto con el avance de la operación de carga alta de los hornos de arco, los electrodos y los racores se exponen, además de a la carga mecánica, a una carga eléctrica alta. La rotura de los electrodos ocurre frecuentemente y en su mayoría en el área de unión. Se sabe que la temperatura de la porción central de un electrodo llega a ser más alta en hornos de arco eléctrico de corriente continua recientes que en hornos de arco eléctrico de corriente alterna convencionales. Por tanto, el racor, que está localizado en la porción central de un electrodo, se expone a una alta temperatura, con el resultado de esfuerzos térmicos altos que provocan roturas en el área de unión, especialmente porque el racor tiene un CTE diferente del de los electrodos.

Las consecuencias de la rotura de los electrodos mientras el horno está en funcionamiento ya se han descrito anteriormente.

10 A fin de contrarrestar los problemas de una sujeción inadecuada, una transferencia pobre de corriente de una parte de la columna de electrodos a la siguiente y una rotura, se han instituido e implementado una pluralidad de diferentes enfoques en las acerías.

15 En otro diseño de unión de electrodos, no se requiere ningún racor independiente. Este diseño comprende una superficie macho roscada mecanizada en un extremo del electrodo (también denominada "racor integrado") y una superficie hembra roscada en el extremo opuesto del electrodo para recibir un extremo macho correspondiente del electrodo adyacente. Esta llamada unión de electrodos macho/hembra está bien documentada y ha sido históricamente el primer diseño de unión de electrodos. Como ejemplo, ha sido objeto de la patente US 863.674 concedida en 1907.

20 La patente JP10321264 describe el uso de partes roscadas macho que tienen un diámetro en el ecuador de hasta un 90% del diámetro de los electrodos.

Hay varias ventajas técnicas del diseño de unión macho/hembra con respecto a un diseño de racor convencional:

- El área de contacto entre los electrodos se maximiza y las roscas completamente acopladas y el acuíñamiento de las mismas reducen la resistencia eléctrica de la unión;
- 25 - Debido al acoplamiento completo de las roscas y al efecto de acuíñamiento hay una resistencia al desenrollamiento de la unión;
- Las propiedades físicas del racor son idénticas a las del receptáculo, de modo que la compatibilidad de materiales no es un problema como en el caso de uniones convencionales que utilizan un racor más pequeño independiente; y
- Como resultado, se minimizan los esfuerzos térmicos dentro de la unión, dando así como resultado menos pérdidas de material debido a hendimiento y agrietamiento.

30 Sin embargo, hay también desventajas asociadas con el diseño macho/hembra:

- Se requiere un par de ensamble más alto para explotar las capacidades de resistencia inferiores de la unión;
- Es necesario remecanizar los electrodos salvados después de un fallo de la unión;
- La limpieza de las roscas antes del ensamble es aún más crítica que para uniones de electrodos convencionales;
- 35 - Unas pérdidas de mecanizado mucho más altas están asociadas con cada unión macho/hembra, llevando a costes más altos; y
- La distancia de unión a unión efectiva para una longitud aproximada dada de los electrodos se acortará debido a consideraciones de geometría – como resultado habrá un incremento adicional en las pérdidas de mecanizado debido a la necesidad de más uniones y se requeriría más capacidad de producción de electrodos para mantener los requisitos del cliente.

40 Por estas desventajas, la unión macho/hembra ha sido sustituida hace varias décadas en la mayor parte de las aplicaciones del horno de arco por el diseño de racor.

### Sumario de la invención

45 Es un objeto de la invención proporcionar columnas de electrodos de carbono y/o grafito que superen las desventajas más críticas antes mencionadas y mantengan todavía las ventajas más importantes del diseño de unión de electrodos macho/hembra, mientras se superan las desventajas esenciales del diseño de unión de racor convencional.

En consecuencia, es un objeto de esta invención un diseño "híbrido" que incorpore características de ambos diseños convencionales de racor y de unión macho/hembra.

El diseño propuesto anteriormente incorpora el concepto de unir una pluralidad de electrodos, teniendo cada uno un receptáculo en cada extremo, con racores independientes – como en una unión de electrodos convencional – con varias diferencias importantes:

5 - Hay un acoplamiento de rosca completo en ambos receptáculos (todos los flancos de rosca del racor están en contacto completo con todos los flancos de rosca del receptáculo de tal manera que no haya ningún espaciado interflancos en una unión apropiadamente apretada);

- El ecuador de la espiga de conexión sobresale más allá de las caras extremas de ambos electrodos conectados de tal manera que no sea posible un contacto facial de los electrodos, permitiendo así un acoplamiento de rosca completo en ambos receptáculos como se describe anteriormente;

10 - El diámetro principal del racor es mucho más grande con respecto al diámetro de los electrodos que para una unión convencional;

15 - Debido a que no hay ningún contacto facial de los electrodos, toda la corriente eléctrica es transportada a través del racor, lo que contrasta con un diseño de racor-receptáculo convencional, en donde la mayoría de la corriente eléctrica se transporta a través de las caras extremas de los electrodos, que deben estar en estrecho contacto una con otra – el área del contacto de superficie es mayor para el diseño híbrido y, por tanto, la resistencia eléctrica a través de la unión es menor que para un diseño de racor-receptáculo convencional; y

- El material de la espiga de conexión es el mismo que el material de los electrodos, de tal manera que no hay virtualmente diferencias en las propiedades físicas – como resultado, no hay problemas de compatibilidad de los materiales de la espiga/el receptáculo de conexión.

20 Una configuración de unión híbrida de este tipo tiene las siguientes ventajas importantes:

- Se retendrán todas las ventajas de las prestaciones de una configuración de electrodo macho/hembra típica;

- Pueden salvarse electrodos sin remecanizar los receptáculos; pueden sustituirse los racores rotos de modo que puedan reutilizarse; y

25 - Son posibles longitudes de unión a unión efectivas más largas utilizando el mismo equipo de fabricación – por tanto, el cliente consumirá menos electrodos y se minimizarán las reducciones en la capacidad de fabricación de electrodos asociadas con uniones típicas macho/hembra.

Pueden mejorarse aún más las eficiencias de la unión híbrida optimizando la profundidad de los receptáculos, es decir, unos receptáculos más superficiales pueden provocar pérdidas de materiales menores, y utilizando la misma materia prima de los electrodos para mecanizar los racores.

30 Pueden materializarse mejoras de prestaciones adicionales añadiendo un material conductor entre las caras extremas de los electrodos que no hacen contacto. Preferiblemente, este material comprende grafito flexible en la forma de una lámina gruesa o una bobina.

35 Además, es también un objeto de esta invención proporcionar una unión macho/hembra mejorada. El diseño propuesto incorpora el concepto de unir una pluralidad de electrodos, teniendo cada uno de ellos un receptáculo en un extremo, con un racor integrado en el otro extremo – como en una unión de electrodos macho/hembra convencional – con la diferencia importante de que el ecuador de la espiga integrada sobresale más allá de las caras extremas de ambos electrodos conectados, de tal manera que no es posible un contacto facial de los electrodos.

40 Debido a que no hay ningún contacto facial de los electrodos, toda la corriente eléctrica se transporta a través del racor integrado, lo que contrasta con un diseño macho/hembra convencional, en donde la mayoría de la corriente eléctrica se transporta a través de las caras extremas de los electrodos, que deben estar en estrecho contacto una con otra – el área del contacto de superficie es mayor para el diseño de unión macho/hembra mejorado y, por tanto, la resistencia eléctrica a través de la unión es menor que para un diseño de unión macho/hembra convencional.

Con los anteriores y otros objetos a la vista se proporciona, de acuerdo con la invención, un conjunto con una conexión roscada que comprende:

45 una parte exterior hecha de cerámica y que tiene una rosca interna estrechada axial;

una parte interior hecha de cerámica y que tiene una rosca externa estrechada axial;

teniendo dicha parte interior en su ecuador del 80 al 110% del diámetro de la parte exterior.

En otras palabras, las partes de conexión roscadas están hechas de cerámica, de carbono o grafico sintéticamente producido, y las roscas siguen una forma cónica. Cuando se acoplan las partes de una conexión roscada, todos los

flancos de rosca del racor están en contacto completo con todos los flancos de rosca del receptáculo del electrodo, de tal manera que no hay ningún espaciado interflancos en una unión apropiadamente apretada. El ecuador de la espiga de conexión sobresale más allá de las caras extremas de ambos electrodos conectados, de tal manera que no es posible un contacto facial, permitiendo así un completo acoplamiento de rosca en ambos receptáculos como se describe, y asegurando que toda la corriente eléctrica se transporte a través de la espiga de conexión y no a través de una combinación de las caras extremas de los electrodos y la espiga de conexión.

Con los anteriores y otros objetos a la vista se proporciona también, de acuerdo con la invención, una columna de electrodos con el conjunto anteriormente resumido y con una pluralidad de las partes exteriores formadas como electrodos de carbono y de las partes interiores formadas como espigas de conexión que atornillan los electrodos uno a otro en una columna de electrodos, y con el conjunto formando una conexión de soporte de carga que no es susceptible de desatornillarse o agrietarse.

Para los fines de la invención, las columnas de electrodos de carbono no deberán soltarse o separarse una de otra por los momentos de flexión, las vibraciones o los impactos prevalecientes en el funcionamiento de las acerías, de manera que los elementos deberán permanecer bloqueados en contacto uno con otro y la conexión roscada deberá soportar la carga de la parte inferior de la columna en cada caso, mientras los racores mantienen juntos los electrodos. Además, las columnas de electrodos de carbono no son propensas a agrietarse debido a esfuerzos térmicos porque tanto los electrodos como los racores están hechos del mismo material.

Se proporciona también, de acuerdo con la invención, un conjunto con una conexión roscada (macho/hembra), que comprende electrodos de carbono que tienen una superficie macho roscada mecanizada en un extremo y una superficie hembra roscada en el extremo opuesto para recibir un extremo macho correspondiente del electrodo adyacente, en donde los parámetros de diseño geométrico excluyen el contacto de las caras extremas de los electrodos y las roscas de las superficies macho y hembra están completamente acopladas y toda la corriente eléctrica debe pasar a través de ellas y no a través de las caras extremas de los electrodos.

Otras particularidades que se consideran como características para la invención se exponen en las reivindicaciones adjuntas.

Se utilizan aquí las siguientes definiciones:

Los extremos de un electrodo se denominan también caras extremas.

Un receptáculo es una depresión cónica coaxial en la cara extrema de un electrodo. (Receptáculo con rosca interna = receptáculo roscado).

Un racor es un tornillo bicónico que tiene una rosca externa y una cara extrema dispuesta perpendicularmente al eje del racor a cada lado del mismo. Un racor se atornilla hasta aproximadamente la mitad en cada receptáculo de los electrodos adyacentes a fin de conectar los dos electrodos.

Un electrodo o electrodo de carbono tiene un receptáculo roscado en al menos una cara extrema. En este documento, la conexión de dos electrodos por medio de un racor independiente o integrado significa siempre una conexión de electrodos roscada. Sin embargo, por motivos de simplicidad, se utiliza el término unión de electrodos, también en las reivindicaciones.

Aunque la invención se ilustra y se describe aquí como realizada en una conexión roscada para columnas de electrodos de carbono y/o grafito, no se pretende, sin embargo, que quede limitada a los detalles mostrados, puesto que pueden hacerse en ella diversas modificaciones y cambios estructurales dentro del alcance y el rango de equivalentes de las reivindicaciones.

Sin embargo, la construcción y el método de funcionamiento de la invención, junto con objetos y ventajas adicionales de la misma, se entenderán mejor a partir de la siguiente descripción de realizaciones específicas cuando se la lea en conexión con los dibujos que se acompañan.

### Breve descripción de los dibujos

La figura 1 (Técnica Anterior) es una sección tomada en paralelo a los ejes longitudinales a través de los electrodos 1 y 2 con una superficie macho roscada mecanizada (no mostrada) en un extremo del electrodo 1 y una superficie hembra roscada (receptáculo) 3 en el extremo opuesto del electrodo 1 a fin de recibir una superficie extrema macho roscada (racor integrado) 4 correspondientes del electrodo adyacente 2.

La figura 2 es una sección tomada en paralelo a los ejes longitudinales a través de los electrodos 1 y 2, teniendo ambos unas superficies hembra roscadas (receptáculos) 3 opuestas con un racor bicónico 5 que tiene dos superficies extremas macho roscadas 4 atornilladas en el receptáculo de ambos electrodos 1 y 2.

La figura 3 es una sección tomada en paralelo a los ejes longitudinales a través de los electrodos 1 y 2, teniendo

ambos unas superficies hembra roscadas (receptáculos) 3 opuestas con un racor bicónico 5 que tiene dos superficies extremas macho roscadas 4 atornilladas en los receptáculos de ambos electrodos 1 y 2, ilustrando con más detalle características de diseño esenciales de esta invención.

5 La figura 4 es una sección tomada en paralelo a los ejes longitudinales a través de los electrodos 1 y 2 con una superficie macho roscada mecanizada (no mostrada) en un extremo del electrodo 1 y una superficie hembra roscada (receptáculo) 3 en el extremo opuesto del electrodo 1 para recibir una superficie extrema macho roscada (racor integrado) 4 correspondiente del electrodo adyacente 2.

Esta realización no cae bajo el alcance de la reivindicación 1.

#### Descripción de las realizaciones preferidas

10 La figura 1 proporciona una vista general de disposiciones de electrodos 1 y 2 según el diseño de unión macho/hembra. El receptáculo coaxialmente dispuesto del electrodo 1 y el extremo macho del electrodo adyacente 2 están provistos de superficies roscadas 3 y 4. Ambas superficies de rosca están completamente acopladas. Los dos electrodos 1 y 2 están completamente acoplados y tienen contacto facial.

15 En la figura 2 está representado el diseño de unión híbrido según esta invención. Ambos electrodos 1 y 2 tienen superficies hembra roscadas opuestas (receptáculos) 3 con un racor bicónico 5 que tiene dos superficies extremas macho roscadas 4 atornilladas en el receptáculo de ambos electrodos 1 y 2. El racor 5 tiene en su ecuador un diámetro próximo al de los electrodos conectados 1 y 2. Más particularmente, el racor 5 tiene en su ecuador un diámetro de 80 a 110% del de los electrodos conectados 1 y 2.

20 Debido a ese gran diámetro del racor 5, dicho racor 5 se hace del mismo material que los electrodos 1 y 2, ya que no requiere entonces la resistencia mecánica incrementada sobre la de los electrodos para acomodarse a los esfuerzos mecánicos y al peso de la columna de electrodos. Esto permite la fabricación de los racores 5 de la misma materia prima y con gran parte del mismo equipo utilizado para producir los electrodos 1 y 2. Además, los racores 5 pueden mecanizarse a partir de piezas de electrodo desguazadas. Además de los considerables beneficios económicos, la utilización del mismo material para tanto el racor 5 como los electrodos 1 y 2 sienta las bases para una unión  
25 roscada con roscas completamente acopladas debido a que se producirá de poco a ningún esfuerzo térmico en el área de la unión en razón de que el CTE del racor 5 y los electrodos 1 y 2 es el mismo.

A su vez, esta característica de diseño proporciona una conexión muy estrechamente bloqueada y, por tanto, los electrodos no se sueltan o se separan tan fácilmente uno de otro por efecto de fuerzas mecánicas, tal como es posible en un diseño de espiga de conexión convencional. Además, esta nueva característica de diseño proporciona  
30 una resistencia eléctrica y térmica mucho menor del racor 5 a los electrodos 1 y 2. Este efecto supone un beneficio muy considerable con respecto al diseño de unión de racor convencional, en donde las roscas del racor hacen tope sólo parcialmente con las roscas del receptáculo de los electrodos y así el contacto entre ambas caras de los electrodos es esencial para la conductividad eléctrica y térmica en toda la columna de electrodos. Sin embargo, debido a la carga térmica extrema a la que se expone una columna de electrodos en el horno de arco, los electrodos, que se alargarían realmente con el comienzo del calor, se deforman y agrietan debido a que el  
35 alargamiento libre de los mismos es impedido por su contacto facial.

Por el contrario, gracias a la resistencia eléctrica y térmica mucho menor del racor 5 a los electrodos 1 y 2 en el diseño de la unión de esta invención, puede incorporarse una holgura facial entre los electrodos 1 y 2. Por tanto, los electrodos 1 y 2 son más capaces de alargarse libremente y no generar un esfuerzo mecánico adicional.

40 En la figura 3 están representadas con más detalle varias características del diseño de unión híbrido según esta invención. Ambos electrodos 1 y 2 tienen un diámetro A. El racor 5 tiene en su ecuador un diámetro B de 80 a 110% del diámetro A de los electrodos conectados 1 y 2. La longitud C del racor se define como la longitud axial de cara a cara del racor 5. Según esta invención, la relación de la longitud C del racor al diámetro B del racor va desde 0,5 hasta 2,0. El paso de rosca D se mide en roscas por pulgada (TPI). Según esta invención, las roscas de las superficies hembra roscadas (receptáculos) 3 y de las dos superficies extremas macho roscadas 4 tienen un paso de rosca de 6,35 a 12,7 mm (2 a 4 roscas por pulgada). El ángulo de estrechamiento E de las superficies hembra roscadas (receptáculos) 3 y de las dos superficies extremas macho roscadas 4 desde la línea central de la columna de electrodo puede ir desde aproximadamente 18 hasta 35 grados.

La figura 4 proporciona una vista general de disposiciones de electrodos 1 y 2 de un diseño de unión macho/hembra según esta invención. El receptáculo coaxialmente dispuesto del electrodo 1 y el extremo macho (racor integrado) del electrodo adyacente 2 están provistos de superficies roscadas 3 y 4. Ambas superficies de rosca están completamente acopladas. Los dos electrodos 1 y 2 están completamente acoplados, pero no tienen ningún contacto facial, ya que el ecuador de la espiga integrada sobresale más allá de las caras extremas de ambos electrodos conectados. Como resultado, toda la corriente eléctrica debe pasar a través del racor integrado y no a  
55 través de las caras extremas de los electrodos.

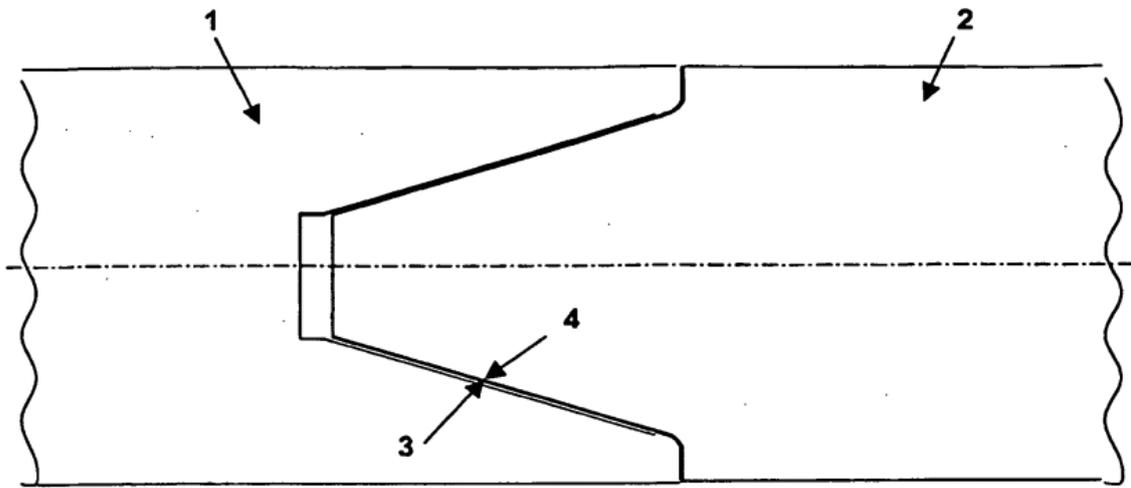
**Clave para las figuras**

- 1, 2    electrodos de carbono
- 3        superficie roscada de receptáculo de electrodo
- 4        superficie roscada de racor (integrado o separado)
- 5    5        racor (separado)
- A        diámetro de electrodo
- B        diámetro de racor en su ecuador
- C        longitud de racor
- D        paso de rosca de superficies roscadas
- 10    E        ángulo de estrechamiento de las superficies roscadas

**REIVINDICACIONES**

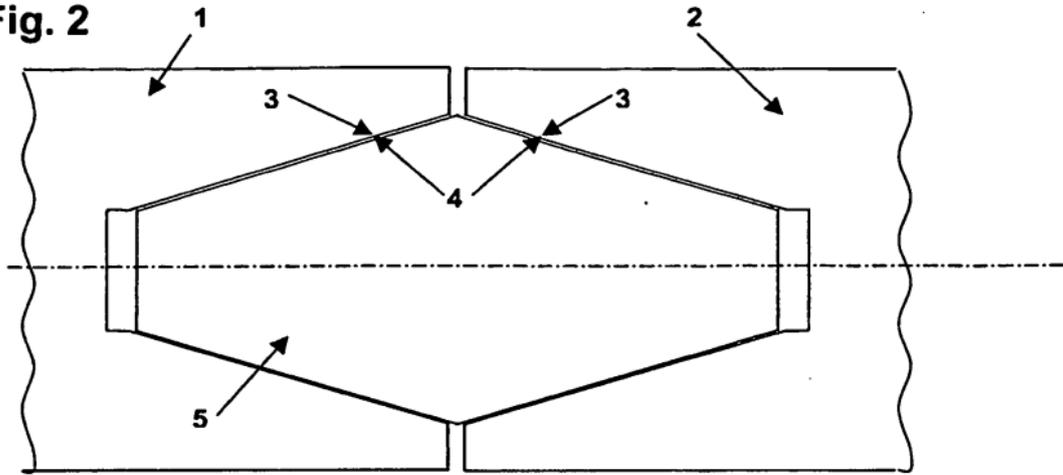
1. Un conjunto con una conexión roscada, que comprende  
una parte exterior (1, 2) hecha de carbono sintéticamente producido y que tiene una superficie hembra (3) roscada interna estrechada axial;
- 5 una parte interior (5) hecha de carbono sintéticamente producido y que tiene una superficie macho (4) roscada externa estrechada axial; o  
una parte exterior (1, 2) hecha de grafito sintéticamente producido y que tiene una superficie hembra (3) roscada interna estrechada axial;
- 10 una parte interior (5) hecha de grafito sintéticamente producido y que tiene una superficie macho (4) roscada externa estrechada axial;  
**caracterizado** por que dicha parte interior tiene un diámetro B en su ecuador de 80 a 110% del diámetro A de la parte exterior, en donde dicha superficie macho (4) y dicha superficie hembra (3) están completamente acopladas.
- 15 2. El conjunto según la reivindicación 1, en el que dicha parte exterior (1, 2) es un electrodo de carbono con un receptáculo y una superficie hembra (3) roscada interna formada en él, y dicha parte interior (5) es un racor de carbono con dicha superficie macho (4) roscada externa para conectar los dos mencionados electrodos (1, 2).
- 20 3. El conjunto según la reivindicación 1, en el que los electrodos de carbono (1, 2) tienen una superficie macho (4) roscada mecanizada en un extremo y una superficie hembra (3) roscada en el extremo opuesto para recibir un extremo macho correspondiente del electrodo adyacente, en donde los parámetros de diseño geométricos excluyen el contacto de caras extremas de los electrodos (1, 2) y las roscas (3, 4) de las superficies macho y hembra están completamente acopladas y toda la corriente eléctrica debe pasar a través de ellas y no a través de las caras extremas de los electrodos (1, 2).
4. El conjunto según la reivindicación 1, en el que dichas roscas internas (3) y externas (4) tienen un ángulo de estrechamiento (E) desde la línea central de dichas partes interiores (5) y exteriores (1, 2) de 18 a 35 grados.
- 25 5. El conjunto según la reivindicación 1, en el que dichas roscas internas (3) y externas (4) tienen un paso de rosca (D) de 6,35 a 12,7 mm (2 a 4 roscas por pulgada).
6. El conjunto según la reivindicación 1, en el que dicha parte interior (5) tiene una relación de longitud axial (C) a diámetro (B) de 0,5 a 2,0.
- 30 7. El conjunto según la reivindicación 1, en el que los parámetros de diseño geométricos excluyen el contacto de caras extremas de las partes exteriores (1, 2), de tal manera que las roscas (3, 4) de las superficies macho y hembra están completamente acopladas y toda la corriente eléctrica debe pasar a través de la parte interior (5) y no a través de las caras extremas de las partes exteriores (1, 2).
- 35 8. Una columna de electrodos que comprende el conjunto según la reivindicación 1 con una pluralidad de dichas partes exteriores (1, 2) formadas como electrodos de carbono y dichas partes interiores (5) formadas como racores que atornillan dichos electrodos (1, 2) conjuntamente a una columna de electrodos, y con el conjunto formando una conexión de soporte de carga que no es susceptible de desatornillarse ni agrietarse.

**FIG. 1**

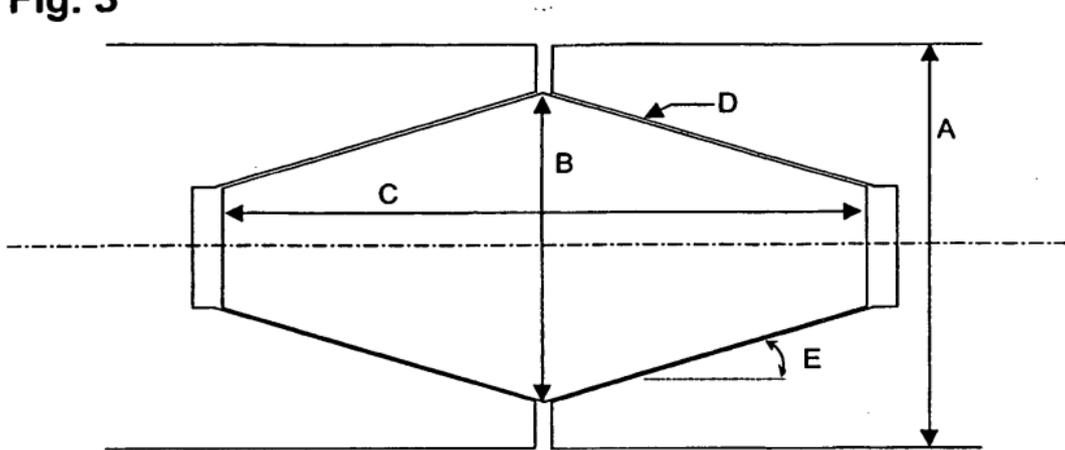


Técnica anterior

Fig. 2



**Fig. 3**



**Fig. 4**

