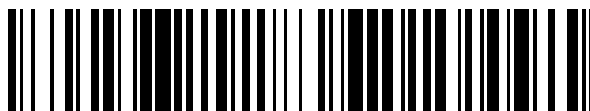


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 409 739**

51 Int. Cl.:

F27B 1/08 (2006.01)
F27B 9/06 (2006.01)
F27D 11/02 (2006.01)
H05B 3/62 (2006.01)
H05B 6/22 (2006.01)
F27D 99/00 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.11.2008 E 08847704 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.01.2013 EP 2255139**

54 Título: **Horno de cuba calentado eléctricamente**

30 Prioridad:

08.11.2007 AT 18032007
11.12.2007 AT 20042007

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.06.2013

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

EDLINGER, ALFRED

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 409 739 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

Horno de cuba calentado eléctricamente.

La invención se refiere a un horno de cuba calentado eléctricamente con al menos un elemento calefactor formado de conductores eléctricos.

5 En el documento WO 2006/079132 A1 se ha propuesto un procedimiento y un dispositivo para la reducción de
 escorias o escorias vitrificadas con contenido de óxidos metálicos y/o desgasificado de colada mineral, en la que las
 escorias fundidas han sido alimentadas a una cama de coque calentada inductivamente. En este caso, la carga ha
 sido suministrada a un horno de cuba y la cama de coque calentada inductivamente a temperaturas que aseguran
 que hasta la finalización de la sangría se forme una colada o se mantenga la temperatura de fusión. Mediante el uso
 10 de coque calentado inductivamente se puso a disposición una cama con un elevado potencial de reducción, de
 modo que se ha podido realizar de manera sencilla la reducción de escorias oxídicas o cargados de sustancias
 orgánicas y polvos metalúrgicos también con elevados contenidos de escorias de óxido de cromo u óxido de
 vanadio. Los hornos calentados inductivamente se conocen también como hornos de crisol. En el caso de hornos
 calentados eléctricamente se aprovecha, generalmente, la resistencia eléctrica de la colada y la aplicación de la
 15 energía eléctrica por medio de los electrodos inmersos en la colada. Para un calentamiento inductivo ya se habían
 propuesto bobinas de cobre, siendo la transmisión de calor por inducción sólo exitosa con alta eficiencia cuando
 entre la bobina de inducción y el medio a calentar inductivamente deben ser cubiertas sólo distancias cortas. En el
 caso de coladas, ello significa que el calor correspondiente es irradiado también a las bobinas de inducción, de
 modo que en el caso de arrollamientos de cobre se han propuesto como conductores tubos de cobre enfriados por
 20 agua. Sin embargo, los conductores enfriados por agua presentan una considerable pérdida de potencia.

Mediante el documento DE 2 235 706 se da a conocer un horno de cúpula para la producción de una colada
 metálica, comprendiendo el horno de cúpula una cámara de sobrecalentamiento, en la que se ha previsto un
 revestimiento con contenido de grafito en el que se encuentran dispuestas bobinas de inducción enfriadas mediante
 las que es calentado el material de carga existente en la cámara de sobrecalentamiento. Hornos similares se
 25 conocen por el documento JP 06-074.653 A, por el documento WO 2006/079132 A1 y por el documento US
 2.122.241.

Por el documento CN 86-108.553 se da a conocer un horno para la fusión de metales y aleaciones, estando este
 horno equipado de una calefacción inductiva cuyo inductor está compuesto de una cinta de grafito. En este caso, la
 cinta de grafito está dispuesta detrás de una camisa de grafito prevista detrás de un aislamiento eléctrico.

30 Ahora bien, la invención se propone crear una configuración para el calentamiento eléctrico de un horno de cuba en
 el cual con una baja pérdida de potencia es posible introducir energía de alta frecuencia u, opcionalmente, realizar
 otras formas de calentamiento eléctrico y con la que es posible evitar el complicado enfriamiento por agua previsto
 en el estado actual de la técnica.

Para conseguir este objetivo se pone a disposición un horno de cuba calentado eléctricamente para la reducción por
 fusión mediante una calefacción por inducción con al menos un inductor, estando el inductor configurado de
 35 conductores eléctricos compuestos de grafito, y en el cual el horno de cuba comprende un revestimiento interior de
 material refractario y presenta en su superficie interior acanaladuras en las que se han previsto conductores
 conformados de grafito. La selección del grafito para el conductor, y con ello para el inductor, tiene aquí por
 resultado el uso de un material refractario que ya no requiere un enfriamiento complicado. La conductibilidad del
 40 grafito aumenta con temperatura creciente, de modo que un calentamiento escalonado correspondiente aparece
 como ventajoso, para lo cual, por ejemplo, al comienzo también el conductor puede ser conectado a la manera de un
 calefactor por resistencia.

De manera particularmente ventajosa, el inductor puede estar formado de anillos o segmentos anulares de grafito o,
 alternativamente, de barras de grafito.

45 El grafito tiene, generalmente, menos de la mitad de la conductibilidad del cobre, por lo cual deben ser previstos
 inductores de grafito o secciones de conductores de grafito correspondientemente mayores. De acuerdo con la
 presente invención, ello se consigue porque la configuración es tal que el revestimiento interior del horno de cuba es
 de material refractario y en su superficie interior presenta acanaladuras, en particular acanaladuras en forma de
 líneas helicoidales para el alojamiento de vías de conductores formadas de grafito. En este caso, la capa conductora
 50 o los anillos de grafito pueden ser incorporados directamente en el revestimiento refractario del horno de cuba,
 siendo el grafito mismo un material refractario excelente y que permanece indeformable, incluso a temperaturas muy
 elevadas. Debido a que en el caso de un calentamiento inductivo, las pérdidas por inducción aumentan en el
 cuadrado de la distancia entre el inductor y el material a acoplar, por ejemplo una cama de coque, las pérdidas por
 inducción pueden ser minimizadas incorporando el conductor directamente al material refractario, con lo cual
 55 solamente es necesario un aislamiento eléctrico correspondiente entre una cama de coque y el inductor, para lo
 cual, sin embargo, son suficientes medidas particularmente sencillas.

En este caso, la configuración es adoptada, ventajosamente, para que el revestimiento interior esté recubierta de un

material refractario o lámina o estera aislante, estando el material refractario y/o capa aislante formado, preferentemente, de MgO o Al₂O₃. Alternativamente a este uso de una lámina, con acanaladuras correspondientemente estrechas y un apropiado dimensionamiento de las vías de conductores o de los anillos de grafito con, simultáneamente, una granulometría apropiada de la carga de coque, es posible proceder de manera que la profundidad de las acanaladuras en el revestimiento se escoja mayor que la anchura de las vías de conductores o anillos de grafito y la distancia radial de las vías de conductores del eje o del diámetro interior de los anillos de grafito esté escogido mayor que el diámetro interior del revestimiento del horno de cuba.

De manera particularmente sencilla, la conexión eléctrica a las vías de conductores se consigue cuando los anillos de grafito están configurados abiertos en su circunferencia y los extremos libres de los anillos son aplicables en paralelo o en serie a una fuente de corriente. En este caso, la configuración puede ser realizada, ventajosamente, de tal manera que las vías de conductores estén compuestas de polvo de grafito apisonado o sustancias electroconductoras, en particular provistas de sales térmicamente disociantes.

Alternativamente a la configuración descrita, en la que el inductor está formado de vías de carbono a lo largo de una línea helicoidal o en forma de anillo circular, la configuración puede estar realizada de manera particularmente sencilla para que el inductor esté formado de barras de grafito. En este caso, la configuración está adoptada, preferentemente, de manera que las barras estén, esencialmente, dispuestas paralelas al eje del horno de cuba tubular, estando el horno de cuba configurado cilíndrico y se encuentre una pluralidad de barras dispuestas sobre un círculo concéntrico al eje. En esta configuración es posible trabajar con barras de grafito como las que también se usan como electrodos en hornos eléctricos. El material de electrodos correspondiente puede ser grafitado y se destaca por una estabilidad extremadamente elevada, incluso mecánica. La disposición de tales barras paralelas al eje de un horno de cuba permite, para colmo, realizar cualquier circuito de estas barras, pudiendo la configuración ser realizada, ventajosamente, de tal manera que las barras estén conectadas, en cada caso, en un extremo con el extremo adyacente de una barra contigua en sentido circunferencial del horno de cuba. En una configuración de este tipo es posible, ventajosamente, la conexión de barras adyacentes, pudiendo las barras ser conectadas, opcionalmente, entre sí o separadas a la fuente de corriente. Por lo tanto, visto en sentido circunferencial, es posible operar diferentes barras conectadas en serie o en paralelo, pudiendo, para colmo, ser usadas para el calentamiento inductivo barras individuales o grupos de barras con frecuencias diferentes.

El diseño como horno de cuba en el que todo el revestimiento tiene elementos calefactores inductivos con los cuales es posible realizar sin problemas temperaturas extremadamente elevadas permite, en este caso, usos especialmente preferentes de un horno de cuba de este tipo. Según la invención, tal uso preferente consiste en que el horno de cuba es usado para la fundición reductora de silicio, carburo de silicio, hierro al silicio o fósforo.

En principio, un conductor formado de carbono o grafito es apropiado para el uso en un intervalo extremadamente grande de frecuencias, produciendo en el caso de corriente continua o corriente alterna con frecuencia $f = 0$ un calentamiento puramente conductivo de la vía de conductores de grafito, en particular barras o segmentos anulares, debido a la resistencia óhmica. Cuando se aplica corriente alterna se producirá, según la frecuencia de la corriente alterna, el calentamiento por resistencia o el calentamiento por inducción del material de carga, por ejemplo una cama de coque o, en el caso de un crisol, una colada de hierro, siendo el uso de grafito como conductor particularmente ventajoso donde imperan condiciones neutras hasta reductivas. Aquí son un posible ejemplo de aplicación los hornos de fundición por inducción en los que se funden aleaciones de acero de elevado punto de fusión bajo vacío o gas inerte. Respecto de bobinas de cobre enfriadas por agua se elimina, en este caso, el peligro potencial de explosión, porque en el caso de puntos de fuga la salida de agua puede producir gas detonante, pudiendo haber, para colmo, una difusión de hidrógeno en la colada de acero. El uso de material conductor altamente refractario permite seleccionar la temperatura del conductor esencialmente igual a la temperatura del material a tratar, con lo cual aumenta, significativamente, la conductibilidad. Otro aumento de la conductibilidad a altas temperaturas se consigue, como ya se ha mencionado anteriormente, mediante el agregado de sales metálicas térmicamente disociantes que, a altas temperaturas, son muy buenas conductoras.

El horno de cuba calentado eléctricamente según la invención es operado como horno de inducción, pudiendo, en el caso de cargas electroconductoras y, en particular, en el caso de una cama de coque o un crisol con colada de acero, realizar sin problemas temperaturas de más o menos 2300 °C. En atmósfera reductora, el grafito continúa siendo indeformable hasta temperaturas de, aproximadamente, 3400 °C.

A continuación, la invención se explica en detalle mediante un ejemplo de realización de un horno de cuba representado esquemáticamente en el dibujo. En el mismo, la figura 1 muestra una vista en planta de un anillo de grafito abierto, la figura 2 una representación en sección en el sentido de la flecha II – II de la figura 1, y la figura 3 una representación en sección en el sentido de la flecha III – III de la figura 1. La representación en sección según las figuras 2 y 3 muestran, en este caso, sólo en sección la mitad del horno de cuba. La figura 4 muestra una sección axial a través de una configuración modificada del horno de cuba con inductor en forma de barra, la figura 5 una sección según la línea V, V de la figura 4 no según la invención, la figura 6 una configuración modificada en una representación correspondiente a la figura 5 no según la invención, y la figura 7 una sección transversal a través de una configuración modificada con vías de conductores extendidas paralelas al eje.

En la figura 1 se designa con 1 un anillo de grafito abierto cuyos extremos libres desembocan en caras frontales 2 y

3. Por medio de estas caras frontales 2 y 3, los anillos de grafito abiertos pueden ser contactados eléctricamente y serles aplicada, correspondientemente, corriente continua, corriente alterna de baja frecuencia o corriente alterna de alta frecuencia.

5 En la representación según la figura 2 se pueden ver, en cada caso, las caras de contacto 3 que, en anillos de grafito dispuestos uno sobre otro en sentido del eje 4 del horno de cuba 5, están conectadas entre sí. En este caso, como resulta en combinación con la representación según la figura 3, en el sector a los anillos de grafito están conectados en serie, mientras que en el sector b dos anillos de grafito son operados en paralelo el uno con el otro.

10 En la representación según la figura 3 se pueden ver, respectivamente, las caras frontales 2 de los anillos abiertos. En combinación con la representación de la figura 2 con las caras frontales 3 resulta, por lo tanto, que en el sector a se aplica corriente a la cara frontal inferior 2 y se produce, a continuación, el contacto con el anillo de grafito 1 siguiente por medio de las caras frontales 3 adyacentes en dirección vertical, tras lo cual se produce, por su parte, girado en un ángulo de aproximadamente 180°, un contacto de caras frontales 2 contiguas para conseguir una conexión en serie de los anillos. En este caso, por medio de las conexiones 6 y 7 puede suministrarse corriente alterna de baja frecuencia. Para la alimentación de corriente alterna de alta frecuencia y, en particular, para la aplicación de frecuencias de más de 60 kHz, concretamente hasta aproximadamente 350 kHz, conviene una conexión en paralelo, como la que puede verse en el sector axial b, estando las respectivas conexiones indicadas aquí con 8 y 9, y se encuentran, respectivamente, dos anillos 1 consecutivos en sentido axial conectados en paralelo. Una conexión en paralelo de este tipo produce una reducción de la tensión necesaria en el caso de un calentamiento inductivo, de modo que disminuye el potencial de riesgo y de descarga.

20 En principio, la configuración por medio de la altura axial del horno de cuba 5 puede ser elegida de manera flexible y se puede efectuar, opcionalmente, en diferentes anchuras axiales una conexión en paralelo o una conexión en serie para tomar en consideración los perfiles de temperatura requeridos en cada caso.

25 La figura 4 muestra una sección transversal a través de un horno de cuba 10 en cuyo revestimiento refractario 11 se han incorporado elementos calefactores 12 con forma de barras. En este caso, los elementos calefactores 12 con forma de barras están formados de barras de grafito. Los extremos contiguos de tales barras de grafito 12 pueden estar, en cada caso, conectados entre sí, opcionalmente, por medio de conexiones conductoras 13 en un extremo y conexiones conductoras 14 en el otro extremo de las barras, por lo cual es posible realizar una conexión en serie de tres barras de grafito 12 dispuestas contiguas. Los extremos de la resistencia total y de la inductividad total conseguidos mediante esta conexión en serie pueden ser usados tanto como calefacción inductiva con conexión de corriente alterna, como para la calefacción conductiva con conexión de corriente continua. La conexión de las diferentes barras resulta, en este caso, de la representación en sección según la figura 7, pudiéndose configurar en total como inductor una jaula de barras de grafito, pudiendo las diferentes barras de la jaula ser conectadas en paralelo o en serie.

35 La configuración ligeramente modificada según la figura 6, cuya representación corresponde, en lo esencial, a la representación de la figura 5, permite reconocer una estructura multicapas del revestimiento y es, preferentemente, usada a temperaturas máximas para provocar reacciones de grafitización. En este caso, los elementos calefactores 12 están revestidos de una primera cubierta de grafito, pudiendo este primer revestimiento 15 estar compuesto de segmentos individuales. En este caso, las barras de grafito o electrodos de grafito independientes pueden, en tanto sea necesario, ser barridos, eventualmente, mediante gas inerte, para lo cual se han previsto aberturas de entrada 16. La camisa de grafito 15 es envuelto exteriormente por otro revestimiento de material refractario, designado con 17. Una configuración de este tipo se puede usar, por ejemplo, para la grafitización de barras de carbono, como se indica, esquemáticamente, mediante un extrusionado de coque 18 que puede ser transportada a través del horno de cuba en el sentido de la flecha 19. A una temperatura apropiadamente elevada y un tiempo de permanencia correspondiente se puede conseguir, además del cocimiento continuo, también la grafitización de extrusionado de coque 18, por lo cual se produce la cristalización del carbono en el extrusionado de coque 18.

50 En la figura 7 se muestran, esquemáticamente, diferentes ejemplos de aplicación del horno de cuba, estando prevista, nuevamente, una configuración modificada del horno de cuba. En el revestimiento 11 de material refractario se han previsto, en este caso, acanaladuras o ranuras 20 conformadas con formas de cola de milano y que alojan las vías de conductores y/o barras de grafito 21. En este caso, la superficie interior de esta barra de grafito o vía de conductores está a una distancia radial mayor del eje 22 del horno de cuba que la pared interior 23 del revestimiento refractario, de modo que en el caso del uso de una cama de coque para la reducción por fusión se evite un contacto directo conductor entre la cama de coque y la barra de grafito. Una alimentación de este tipo o una aplicación de este tipo de una cama de coque está esbozada mediante pedazos de coque. Alternativamente, como se muestra en una sección transversal en otro segmento del horno de cuba, es posible producir una colada y usar el horno de cuba como crisol para la fundición de acero. En este caso, la colada está indicada, esquemáticamente, con 24. En otra sección 25, que aclara otro uso posible del horno de cuba, el procedimiento se puede usar de tal manera que un intercambiador de calor de grafito, indicado con la referencia 25, se aplica para la producción de escoria de tres componentes.

REIVINDICACIONES

1. Horno de cuba (5, 10) calentado eléctricamente para la reducción por fusión mediante una calefacción por inducción con al menos un inductor (12), estando el inductor (12) conformado de conductores eléctricos compuestos de grafito, y en el cual el horno de cuba (5, 10) comprende un revestimiento interior (11) de material refractario y presenta en su superficie interior acanaladuras (20) en las que se han previsto conductores conformados de grafito.
- 5 2. Horno de cuba según la reivindicación 1, caracterizado porque el inductor (12) está formado de conductores de grafito dispuestos en sentido circunferencial en forma de anillos, segmentos de anillos (1) o en una línea helicoidal.
3. Horno de cuba según la reivindicación 1, caracterizado porque el inductor está formado de barras de grafito (12).
4. Horno de cuba según la reivindicación 3, caracterizado porque las barras de grafito (12) están dispuestas paralelas al eje (22) del horno de cuba tubular (5, 10).
- 10 5. Horno de cuba según las reivindicaciones 3 o 4, caracterizado porque el horno de cuba (5, 10) está configurado cilíndrico y sobre un círculo concéntrico al eje (22) están dispuestas una pluralidad de barras de grafito (12).
6. Horno de cuba según una de las reivindicaciones 1 a 5 caracterizado porque las acanaladuras está realizado como acanaladuras helicoidales.
- 15 7. Horno de cuba según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque la camisa interior (11) está revestida de una capa o folio o estera aislante (17) refractaria.
8. Horno de cuba según la reivindicación 7, caracterizado porque el material refractario y/o la capa aislante está formada de MgO, Al₂O₃ o chamota.
9. Horno de cuba según la reivindicación 2, caracterizado porque los anillos de grafito (1) están configurados abiertos en su circunferencia y los extremos libres (2, 3) de los anillos de grafito (1) son aplicables en paralelo o en serie a una fuente de corriente.
- 20 10. Horno de cuba según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque las vías de conductores están compuestas de polvo de grafito apisonado o provistas de sustancias electroconductoras.
11. Horno de cuba según la reivindicación 10, caracterizado porque las vías de conductores están provistas de sustancias térmicamente disociantes.
- 25 12. Horno de cuba según una de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado porque la profundidad de las acanaladuras (20) en el revestimiento (11) es mayor que la anchura de las vías de conductores (21), preferentemente de los anillos de grafito (1), y la distancia radial de las vías de conductores (21) del eje (22), preferentemente el diámetro interior de los anillos de grafito (1), ha sido escogida mayor que el diámetro interior del revestimiento (11) del horno de cuba (5, 10).
- 30 13. Horno de cuba según una de las reivindicaciones 3 a 5, caracterizado porque las barras de grafito (12) están conectadas, en cada caso, en un extremo con el extremo adyacente de una barra de grafito (12) contigua en sentido circunferencial del horno de cuba.
14. Horno de cuba según la reivindicación 13, caracterizado porque la conexión de barras de grafito (12) adyacentes es conmutable y las barras de grafito (12) pueden ser conectadas, opcionalmente, entre sí o separadas con la fuente de corriente.
- 35 15. Uso de un horno de cuba según las reivindicaciones 1 a 14 para la fusión reductora de Si, SiC, FeSi o P.

Fig. 1

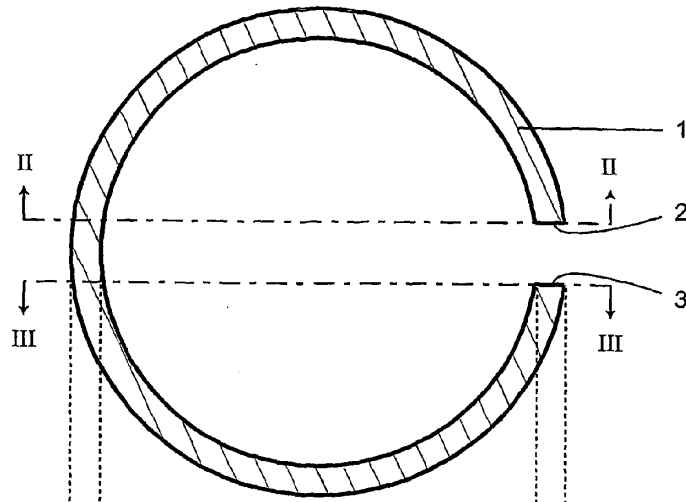


Fig. 2

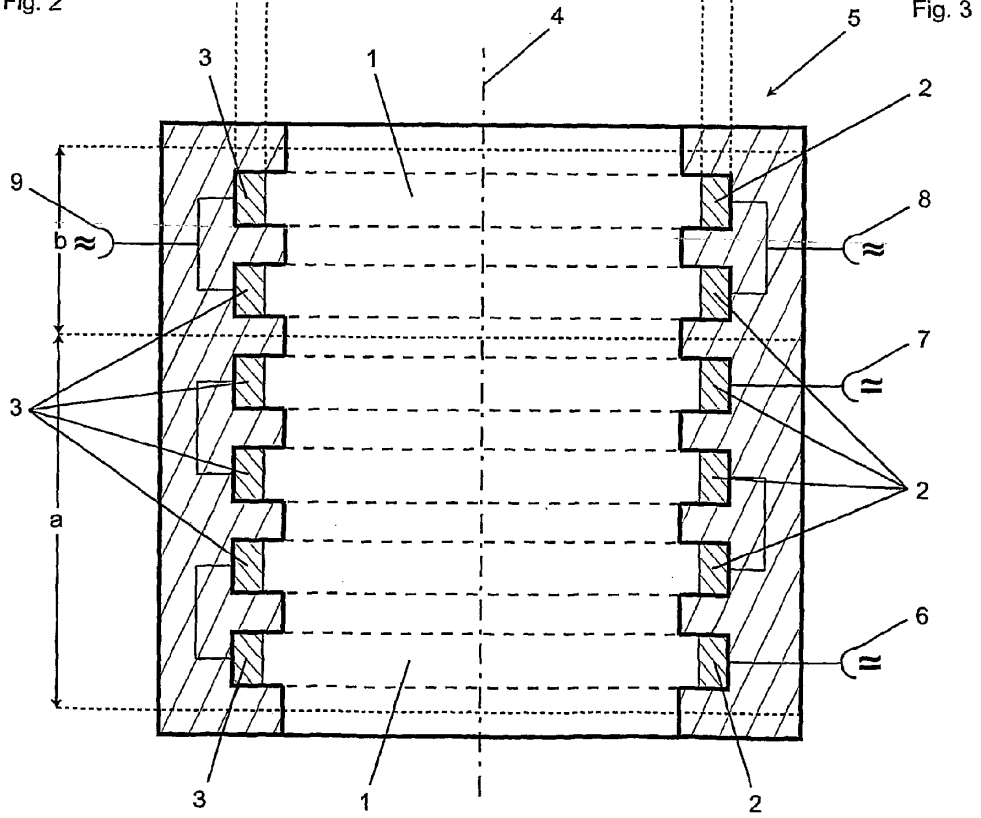


Fig. 3

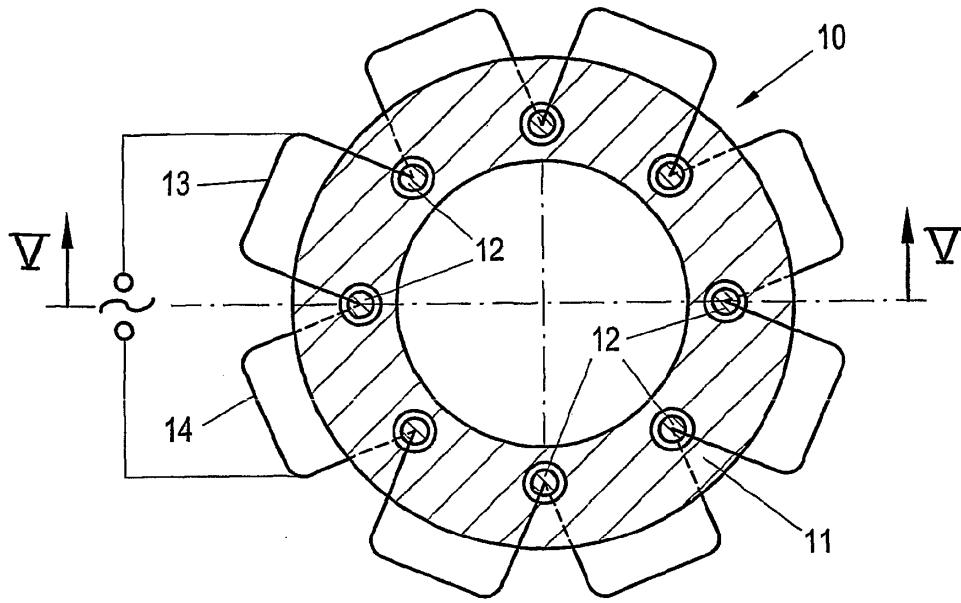


Fig. 4

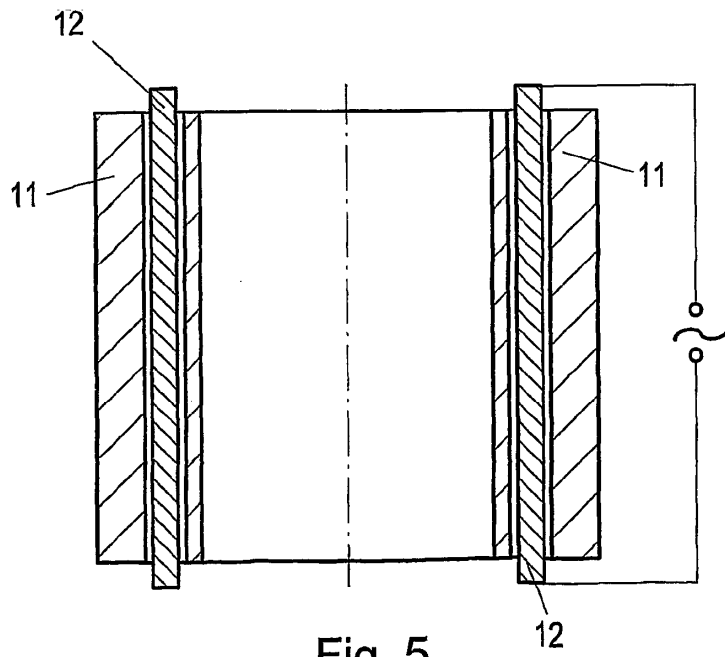


Fig. 5

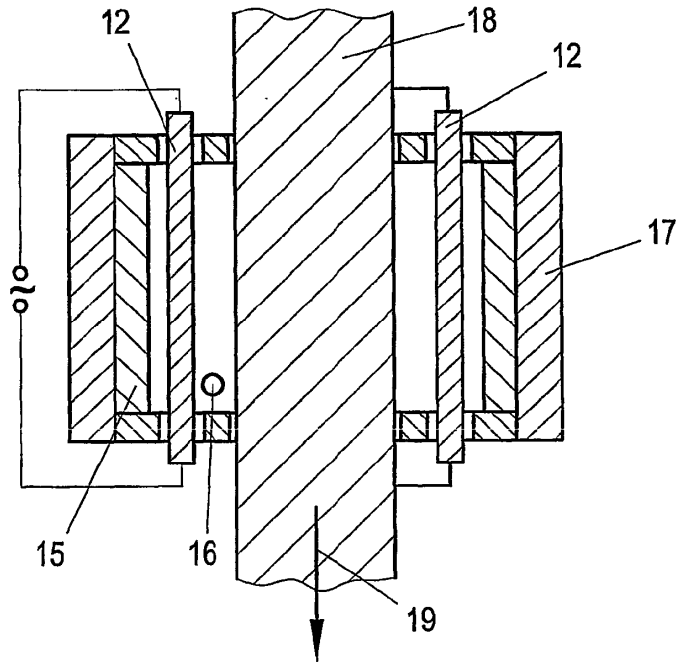


Fig. 6

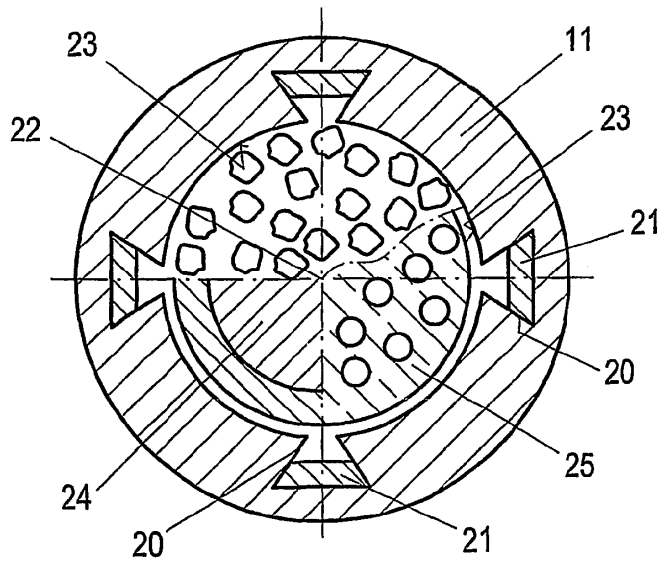


Fig. 7