

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 879 831**

51 Int. Cl.:

**F27B 17/00** (2006.01)

**F27D 1/00** (2006.01)

**F27D 11/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.02.2018 E 18154874 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.04.2021 EP 3521740**

54 Título: **Horno**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**23.11.2021**

73 Titular/es:

**SHOWA DENKO CARBON AUSTRIA GMBH  
(100.0%)  
Elektrodenwerkplatz 1  
4822 Bad Goisern am Hallstättersee, AT**

72 Inventor/es:

**HUBWEBER, GERHARD y  
KALS, FRANZ**

74 Agente/Representante:

**SUGRAÑES, S.L.P.**

**ES 2 879 831 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

5 La invención se refiere a un horno con al menos una cubeta de horno, en la que están previstos un primer y un segundo contactos de corriente aislados eléctricamente de la cubeta de horno, estando formada la cubeta de horno por segmentos de cubeta dispuestos unos detrás de otros del primer al segundo contacto de corriente y situados a una distancia entre sí, estando formados los segmentos de cubeta al menos parcialmente por metal presentando en su lado interior orientado hacia el espacio interior de la cubeta de horno un recubrimiento aislante eléctricamente.

10 Los hornos del tipo mencionado son conocidos del estado de la técnica y se usan para la fabricación de grafito sintético que se necesita en grandes cantidades para aplicaciones en la metalurgia como por ejemplo para electrodos de fusión para la fusión de chatarra. El grafito sintético se fabrica mediante el calentamiento de cuerpos de moldeo con alto contenido de carbono a temperaturas de aprox. 3.000 °C. Los cuerpos de moldeo con alto contenido de carbono se fabrican de manera conocida (Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol. A5, VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, 1986, pág. 103 a 113) mediante la mezcla en caliente de coques de petróleo o coques de brea, preferentemente en forma de los coques de aguja, con brea de alquitrán de hulla, brea de petróleo u otros líquidos orgánicos coqueables como aglutinante, la conformación y la cocción al horno subsiguientes de los cuerpos de moldeo para coquear el aglutinante. Alternativamente, los cuerpos de moldeo cocidos al horno pueden impregnarse con brea u otros líquidos orgánicos coqueables y volver a cocerse al horno para coquear el agente de impregnación, por lo que disminuye la porosidad de los cuerpos de moldeo y aumenta su solidez. Para la grafitización de los cuerpos de moldeo con alto contenido de carbono, antiguamente se usaba el llamado horno Acheson, en el que los cuerpos de moldeo con alto contenido de carbono, situados transversalmente al eje longitudinal de horno, se embebían en un material a granel de resistencia con contenido de carburo de silicio. Este material a granel de resistencia se unía a través de electrodos de conexión a un suministro de corriente eléctrica adecuado y se calentaba por corriente eléctrica a la temperatura de grafitización, por lo que se calentaban también los cuerpos de moldeo. En las últimas décadas se ha impuesto la llamada grafitización longitudinal (horno Castner). A diferencia del horno Acheson que presentaba paredes colocadas lateralmente de elementos de hormigón resistente al fuego, que se volvía a remover después de cada cocción, el horno para la grafitización longitudinal se compone de una cubeta fija de metal, cerámica o una combinación de ambos, en la que se insertan un material a granel para el aislamiento térmico y los cuerpos de moldeo que han de ser grafitizados, como cordón. En los dos extremos de cordón, en los cuerpos de moldeo que han de ser grafitizados se aplica a presión como electrodo de conexión de corriente un bloque de carbono aislado eléctricamente de la cubeta. A través de estos bloques de carbono se aplica corriente continua en el ramal y los cuerpos de moldeo se calientan con paso directo de corriente hasta la temperatura de grafitización de 3.000 °C.

35 El documento AT411798B describe un horno para la grafitización longitudinal, en el que segmentos de cubeta de metal y nervios de hormigón colocados sobre un suelo de nave, resistentes a las temperaturas y aislantes eléctricamente están dispuestos alternando y se cierran de forma estanca al gas por medio de una caperuza de horno.

40 Una desventaja del procedimiento de la grafitización longitudinal es que solo pueden usarse materiales a granel con contenido de carbono para el aislamiento térmico en la cubeta de horno, que presentan una conductividad eléctrica no deseada. Por esta conductividad eléctrica se produce el acoplamiento de la cubeta de horno metálica al gradiente de potencial de los electrodos de conexión eléctrica con una formación de corrientes secundarias no deseadas en la cubeta de horno que, por una parte, calientan la cubeta de horno y, por otra parte, quitan energía de los cuerpos de moldeo que han de ser grafitizados. Por ello, en los comienzos de la grafitización longitudinal, las cubetas de horno metálicas estaban provistas de mampostería con ladrillos refractarios, para conseguir un aislamiento eléctrico, Esto tenía la enorme desventaja de que eran muy largos los tiempos de enfriamiento de los electrodos de grafito en el horno después de la grafitización por la mampostería refractaria que servía de aislamiento térmico adicional, lo que limitaba fuertemente la productividad de los hornos de grafitización. Dado que los nervios de hormigón macizos interrumpen de manera múltiple eléctricamente la cubeta de horno metálica según el documento AT411798B, se reducen las desventajas del acoplamiento del gradiente de potencial, sin tener que proveer de mampostería los segmentos metálicos. No obstante, en los segmentos de cubeta metálicos permanece un gradiente de potencia eléctrica con la formación de corrientes secundarias que consumen una parte de la energía necesaria para la grafitización. Además, los nervios de hormigón colados que ocupan una parte considerable de la construcción del horno (o de la longitud del horno) entorpecen la transmisión de calor después de la grafitización, lo que influye negativamente en la productividad como consecuencia de la prolongación del tiempo de enfriamiento.

55 El documento US5,299,225 describe un horno que reduce ligeramente los tiempos de enfriamiento. El horno presenta una cubeta de horno con varios segmentos metálicos unidos entre sí, en los que está insertado un aislamiento colado resistente al fuego. La cubeta de horno presenta además una compleja construcción metálica fuertemente nervada, por lo que la superficie exterior de la cubeta de horno se agrandaba en comparación con las cubetas de horno conocidas hasta entonces y se conseguía una mejor transmisión de calor después de la grafitización. No obstante, el paso de calor seguía estando fuertemente limitado por el aislamiento colado, resistente al fuego, de varios cm de grosor.

65 El documento US5,631,919 describe un horno para la grafitización longitudinal con dos filas que discurren una al lado

de otra de segmentos de cubeta metálicos dispuestos unos detrás de otros y situados a una distancia entre sí. Los extremos orientados uno hacia otro de segmentos de cubeta sucesivos están soportados de manera deslizante en una depresión en forma de U de un cuerpo de apoyo de material aislante eléctricamente, especialmente hormigón. Por lo tanto, los segmentos de cubeta están aislados eléctricamente entre sí por la distancia entre los extremos orientados unos a otros de segmentos de cubeta sucesivos o por cuerpos de hormigón alojados entre los extremos orientados uno hacia otro. En los lados interiores de los segmentos de cubeta está previsto un revestimiento adherente, aislante eléctricamente, cuyo grosor de capa en estado seco mide entre 0,127 mm y 1,27 mm. El revestimiento sirve para el aislamiento eléctrico de cuerpos de carbono insertados en los segmentos de cubeta, con respecto a los segmentos de cubeta. Aquí, resulta desventajoso que respectivamente en la zona de los extremos orientados uno hacia otro de segmentos de cubeta sucesivos han de preverse los cuerpos de apoyo.

El documento US4,394,766 describe un horno para la grafitización longitudinal con segmentos de cubeta metálicos dispuestos unos detrás de otros y situados a una distancia entre sí, que presentan un recubrimiento interior colado, resistente al calor, estabilizado con anclajes. El intersticio entre los segmentos de cubeta situados a una distancia entre sí absorbe cambios de longitud, debidos a la temperatura, de los segmentos de cubeta, aísla segmentos de cubeta sucesivos eléctricamente entre sí y está cubierto por un cuerpo de recubrimiento que presenta un recubrimiento interior resistente al calor y una junta exterior que yace en el segmento de cubeta. Aquí, resulta desventajosa especialmente la realización maciza del recubrimiento interior. Además, resulta complicada la construcción del horno por los cuerpos de recubrimiento que deben disponerse encima de cada intersticio.

El documento WO87/06685A1 describe un horno para la grafitización longitudinal con segmentos de cubeta metálicos dispuestos unos detrás de otros y situados a una distancia entre sí. Los segmentos de cubeta están revestidos en el lado interior con piedras resistentes al fuego y están aislados eléctricamente entre sí.

La invención tiene el objetivo de proporcionar un horno, tal como se indica al principio, que evite la formación de un flujo de corriente no deseado en la cubeta de horno metálica, reduciendo de esta manera el consumo de energía para la grafitización de los cuerpos de moldeo introducidos en la cubeta de horno y mejorando la calidad de los cuerpos de moldeo que han de ser grafitizados. Además, la invención tiene el objetivo de mejorar la productividad en la grafitización de los cuerpos de moldeo mediante la minimización del tiempo de enfriamiento después de la grafitización y minimizar el gasto de la fabricación de cubetas de horno para la grafitización longitudinal.

Para ello, la invención prevé un horno tal como se define en la reivindicación 1. Formas de realización y variantes ventajosas se indican en las reivindicaciones dependientes.

Según la invención, está previsto que segmentos de cubeta contiguos están unidos entre sí a través de un elemento de compensación de longitud dispuesto entre extremos orientados uno hacia otro de los segmentos de cubeta contiguos, estando formado dicho elemento de compensación de longitud al menos parcialmente por metal presentando en su lado interior orientado hacia el espacio interior de la cubeta de horno un recubrimiento aislante eléctricamente y estando realizado perpendicularmente al lado interior de los segmentos de cubeta. El horno presenta por tanto al menos una cubeta de horno, en la que se puede introducir un cuerpo de moldeo que contiene carbono y que ha de ser mecanizado por calor. En lugar de un cuerpo de moldeo individual que ha de ser mecanizado, también se puede introducir en el horno una fila de cuerpos de moldeo dispuestos preferentemente unos detrás de otros y unidos entre sí, que contienen carbono y que han de ser mecanizados por calor. Si el horno presenta una segunda o más cubetas de horno, las cubetas de horno están dispuestas de manera ventajosa unas al lado de otras, para poder realizar el horno con reducidas dimensiones de longitud, pudiendo introducirse entonces en cada cubeta de horno al menos un cuerpo de moldeo que ha de ser mecanizado. El cuerpo de moldeo que ha de ser mecanizado se inserta de manera conveniente en una carga a granel de un material que contiene carbono y que presenta un efecto aislante térmicamente, pero también una conductividad eléctrica. En particular, el horno puede ser un horno de grafitización para realizar una grafitización longitudinal del cuerpo de moldeo que ha de ser mecanizado. Para el mecanizado del cuerpo de moldeo, en este se aplica una tensión eléctrica, de tal forma que el cuerpo de moldeo se calienta por el resultante flujo de corriente por el cuerpo de moldeo. Para ello, en la cubeta de horno o en cada cubeta de horno están previstos un primer y un segundo contactos de corriente aislados eléctricamente de la cubeta de horno. Los contactos de corriente están unidos o pueden unirse a una fuente de energía eléctrica proporcionada fuera de la cubeta de horno y están preparados para establecer una unión eléctrica al cuerpo de moldeo que ha de ser mecanizado. Disposiciones y realizaciones convenientes de contactos de corriente en una cubeta de horno son conocidos por los expertos en la materia de los hornos para la grafitización longitudinal. Por ejemplo, los contactos de corriente pueden estar dispuestos en paredes frontales, compuestas de un material cerámica, en dos extremos de la cubeta de horno. La cubeta de horno está formada por segmentos de cubeta que están dispuestos unos detrás de otros del primer al segundo contacto de corriente y situados a una distancia entre sí. La distancia entre segmentos de cubeta contiguas, es decir, dispuestos unos detrás de otros en sentido del primer al segundo contacto de corriente permiten un alargamiento debido a la temperatura, exenta de colisión, de los segmentos de cubeta. Los segmentos de cubeta están formados al menos en parte de metal, es decir, que allí son conductores eléctricamente. Para aislar eléctricamente los segmentos de cubeta con respecto al cuerpo de moldeo que ha de ser mecanizado, por el que pasa corriente en el estado operativo del horno, y con respecto al material de la carga a granel, los segmentos de cubeta presentan en su lado interior orientado hacia el espacio interior de la cubeta de horno un recubrimiento aislante eléctricamente. Los segmentos de cubeta contiguos, situados a una distancia entre sí, están unidos unos a otros a través de un elemento

de compensación de longitud dispuesto entre los segmentos de cubeta contiguos, para evitar un intersticio entre los extremos orientados uno hacia otro de los segmentos de cubeta contiguos, es decir que el elemento de compensación de longitud está dispuesto entre los extremos orientados uno hacia otro de dos segmentos de cubeta contiguos. Los elementos de compensación de longitud están formados al menos en parte de metal, siendo por tanto conductores eléctricamente allí. Para aislar eléctricamente la cubeta de horno completa y no solo los segmentos de cubeta, también los elementos de compensación de longitud presentan en su lado interior orientado hacia el espacio interior de la cubeta de horno un recubrimiento aislante eléctricamente. De esta manera, se impide un flujo de corriente no deseado en la cubeta de horno o en los segmentos de cubeta y en los elementos de compensación de longitud, que se produciría debido a zonas de superficie no aisladas eléctricamente en la pared interior de la cubeta de horno. El recubrimiento aislante eléctricamente mismo debe presentar una capacidad de almacenamiento de calor lo más baja posible y el menor grosor de capa posible para favorecer el enfriamiento del horno una vez finalizado el proceso de calentamiento. Preferiblemente, el grosor de capa del recubrimiento aislante eléctricamente es inferior a 1 mm, preferiblemente inferior a 0,5 mm y de forma especialmente preferible inferior a 0,2 mm. Dado que como consecuencia de la fluctuación de la temperatura del horno, los segmentos de cubeta se alargan de distintas maneras, los elementos de compensación de longitud dispuestos entre los segmentos de cubeta presentan igualmente una extensión que fluctúa debido a la temperatura. De manera ventajosa, el recubrimiento aislante eléctricamente está realizado de forma al menos ligeramente elástica para adherirse de manera fiable a los elementos de compensación de longitud deformados por el influjo de la temperatura. Además, está previsto que el elemento de compensación de longitud está realizado perpendicularmente con respecto al lado interior de los segmentos de cubeta. Un elemento de compensación de longitud construido de esta manera, por ejemplo, con un curso ondulado en su sentido longitudinal, resulta especialmente adecuado para variaciones de su extensión longitudinal entre los extremos orientados uno hacia otro de dos segmentos de cubeta contiguos. Preferiblemente, el elemento de compensación de longitud no sobresale del lado interior de los segmentos de cubeta en sentido hacia el espacio interior de la cubeta de horno, para no dificultar el manejo de la carga a granel en la cubeta de horno por partes salientes de los elementos de compensación de longitud.

Cuando en el marco de la descripción se hace referencia a un sentido longitudinal del horno, de la cubeta de horno, de los segmentos de cubeta o de los elementos de compensación de longitud, se entiende por ello el sentido del primer al segundo contacto de corriente.

Según una forma de realización preferible de la presente invención puede estar previsto que los segmentos de cubeta estén aislados eléctricamente del elemento de compensación de longitud unido a estos. De esta manera, se impide aún mejor un flujo de corriente no deseado en la cubeta de horno, es decir, en los segmentos de cubeta y los elementos de compensación de longitud. Incluso si están dañadas, especialmente desconchadas, partes del recubrimiento aislante eléctricamente en la pared interior de la cubeta de horno, por el aislamiento eléctrico entre los segmentos de cubeta y los elementos de compensación de longitud unidos a estos no puede producirse ningún flujo de corriente no deseado entre dos o más segmentos de cubeta.

Para una construcción especialmente ventajosa del horno puede estar previsto que el elemento de compensación de longitud esté realizado en forma de meandro.

Para poder estructurar el horno de manera sencilla y poder reparar o recambiar segmentos de cubeta individuales en caso de necesidad, resulta favorable si al menos un segmento de cubeta está atornillado de forma separable a un elemento de compensación de longitud. De manera ventajosa, todos los segmentos de cubeta están atornillados de forma separable al elemento de compensación de longitud unido a estos respectivamente.

Una construcción especialmente estable del horno se puede lograr si el segmento de cubeta atornillado al elemento de compensación de longitud presenta un borde doblado hacia fuera, con el que está en contacto una sección de unión del elemento de compensación de longitud, y si al menos un tornillo se extiende por el borde doblado del segmento de cubeta, por la sección de unión del elemento de compensación de longitud y por dos bridas que están en contacto con los lados opuestos uno a otro del borde doblado del segmento de cubeta y de la sección de unión del elemento de compensación de longitud. El borde doblado hacia fuera del segmento de cubeta está orientado en sentido contrario al espacio interior de la cubeta de horno y puede estar acodado por ejemplo en ángulo recto con respecto al lado interior del segmento de cubeta. La sección de unión del elemento de compensación de longitud, que en el estado atornillado está en contacto con el borde doblado del segmento de cubeta, es de manera conveniente una sección final del elemento de compensación de longitud. Las bridas presentan perpendicularmente al lado interior de los segmentos de cubeta una mayor extensión que la cabeza del tornillo o que una tuerca enroscada sobre esta y por tanto agrandan la superficie en la que la fuerza del tornillo apretado actúa sobre el borde doblado del segmento de cubeta y sobre la sección de unión del elemento de compensación de longitud. Las bridas preferiblemente están unidas de forma separable, por medio del al menos un tornillo, al borde doblado del segmento de cubeta y a la sección de unión del elemento de compensación de longitud.

Para poder evitar de manera especialmente fiable un flujo de corriente no deseado en la cubeta de horno puede estar previsto que también el borde doblado hacia fuera del segmento de cubeta y/o la sección de unión del elemento de compensación de longitud presenten en los lados orientados uno hacia otro un recubrimiento aislante eléctricamente y que el al menos un tornillo esté alojado en un casquillo aislante eléctricamente. El borde doblado hacia fuera del

segmento de cubeta y la sección de unión del elemento de compensación de longitud por lo tanto están en contacto entre sí de forma aislada eléctricamente uno de otro. Dado que también el al menos un tornillo, incluida la cabeza de tornillo y una tuerca enroscada sobre esta, está aislado eléctricamente por medio del casquillo aislante eléctricamente con respecto al borde doblado del segmento de cubeta y la sección de unión del elemento de compensación de longitud, se impide un flujo de corriente de un segmento de cubeta, a través del elemento de compensación de longitud, al segmento de cubeta contiguo. El recubrimiento aislante eléctricamente del borde doblado del segmento de cubeta y/o de la sección de unión del elemento de compensación de longitud en los lados orientados uno hacia otro del borde doblado y de la sección de unión está realizado preferiblemente de la misma manera que el recubrimiento aislante eléctricamente en el lado interior de los segmentos de cubeta y en el lado interior de los elementos de compensación de longitud.

Resulta especialmente favorable si, en los lados orientados uno hacia otro del borde doblado hacia fuera del segmento de cubeta y de la sección de unión del elemento de compensación de longitud, el recubrimiento aislante eléctricamente se extiende más allá de la superficie de contacto entre el borde doblado hacia fuera del segmento de cubeta y la sección de unión del elemento de compensación de longitud. De esta manera, el segmento de cubeta y el elemento de compensación de longitud seguirán estando aislados eléctricamente entre sí, aunque a causa de imprecisiones de montaje o de fabricación, el borde doblado del segmento de cubeta y de la sección de unión del elemento de compensación de longitud estén desplazados entre sí en el estado atornillado de uno a otro, difiriendo de manera no deseada de una posición teórica. También puede estar previsto que, solo en uno de los lados orientados uno hacia otro del borde doblado hacia fuera del segmento de cubeta y de la sección de unión del elemento de compensación de longitud, el recubrimiento aislante eléctricamente se extienda más allá de la superficie de contacto entre el borde doblado hacia fuera del segmento de cubeta y la sección de unión del elemento de compensación de longitud.

Según otra forma de realización preferible de la invención puede estar previsto que el segmento de cubeta atornillado al elemento de compensación de longitud esté unido de forma inseparable a una primera brida, con la que está en contacto una segunda brida unida de forma inseparable al elemento de compensación de longitud, y que al menos un tornillo se extienda por la primera brida y por la segunda brida. De manera conveniente, la primera brida está prevista en el extremo, orientado hacia el elemento de compensación de longitud, del segmento de cubeta y la segunda brida está prevista en el extremo, orientado hacia el segmento de cubeta, del elemento de compensación de longitud. Por ejemplo, la primera y la segunda bridas están soldadas al segmento de cubeta o al elemento de compensación de longitud. En el estado montado del horno, la primera y la segunda bridas están unidas una a otra por medio del al menos un tornillo. Además, la primera y la segunda bridas presentan en su lado orientado hacia el espacio interior de la cubeta de horno un recubrimiento aislante eléctricamente.

Para que, en el caso de la primera brida unida de forma inseparable al segmento de cubeta y la segunda brida unida de forma inseparable al elemento de compensación de longitud se pueda impedir de forma especialmente fiable un flujo de corriente no deseado en la cubeta de horno, puede estar previsto que la primera brida y/o la segunda brida presenten en los lados orientados uno hacia otro un recubrimiento aislante eléctricamente y que el al menos un tornillo esté alojado en un casquillo aislante eléctricamente. En el estado atornillado, por lo tanto, la primera y la segunda bridas están en contacto mutuo estando aisladas eléctricamente una de otra. Dado que también el al menos un tornillo, incluida la cabeza de tornillo y una tuerca enroscada sobre esta, está aislado eléctricamente de la primera y la segunda bridas por medio del casquillo aislante eléctricamente, se impide un flujo de corriente de un segmento de cubeta, a través del elemento de compensación de longitud, al segmento de cubeta contiguo. El recubrimiento aislante eléctricamente de la primera y/o la segunda bridas está realizado preferiblemente de la misma manera que el recubrimiento aislante eléctricamente en el lado interior de los segmentos de cubeta y en el lado interior de los elementos de compensación de longitud.

Resulta especialmente ventajoso si el recubrimiento aislante eléctricamente presenta esmalte o al menos uno de entre óxido de magnesio, chamota o vidrios, con aglutinantes resistentes al calor, preferentemente vidrio soluble de potasio, vidrio soluble de sodio, sílica sol, resinas de silicona, fosfatos inorgánicos, por ejemplo, fosfato de aluminio o fosfato de magnesio, aluminatos hidrosolubles o silicatos de aluminio hidrosolubles. Un recubrimiento de este tipo puede aislar eléctricamente contra la corriente eléctrica de manera fiable los segmentos de cubeta y los elementos de compensación de longitud y estar realizado de manera fina, incluso en caso de altas temperaturas, por ejemplo, de hasta aprox. 800 °C. Se debe contar con una temperatura superficial de este tipo en el lado interior de la cubeta, especialmente si, durante su desmontaje del horno, el calor de radiación de electrodos calienta temporalmente la pared metálica del horno. El recubrimiento aislante eléctricamente puede aplicarse por ejemplo en un estado fluido sobre los segmentos de cubeta y los elementos de compensación de longitud y endurecerse después. El recubrimiento aislante eléctricamente o bien puede aplicarse después del establecimiento de la cubeta de horno, en el lado interior de los segmentos de cubeta y de los elementos de compensación de longitud, por ejemplo en hornos ya existentes para la grafitización longitudinal, o bien, los segmentos de cubeta y los elementos de compensación de longitud se proveen del recubrimiento aislante eléctricamente antes del ensamblaje del horno, en cuyo caso el recubrimiento aislante eléctricamente también puede aplicarse por cocción, por ejemplo, un esmalte aplicado por cocción.

Por el reducido grosor de capa del recubrimiento aislante eléctricamente no se entorpece la emisión de calor del horno hacia fuera en la fase de enfriamiento después de la grafitización. Por lo tanto, al contrario de otras construcciones de horno, en las que en lugar del recubrimiento fino, aislante eléctricamente, la cubeta de horno se provee de

mampostería o de un aislamiento colado, resistente al fuego, no existe ninguna limitación de la productividad del horno de grafitización. Por la supresión de los segmentos cerámicos, necesarios para determinadas construcciones de horno, como capa intermedia eléctrica entre los segmentos de cubeta de una cubeta de horno, presentando dichos segmentos cerámicos igualmente una conducción térmica muy mala, se reduce el tiempo de enfriamiento del horno de grafitización y se incrementa la productividad con las mismas dimensiones de horno del horno según la invención en comparación con un horno conocido.

Para una construcción de horno especialmente sencilla y económica puede estar previsto que al menos un segmento de cubeta esté unido de forma inseparable al elemento de compensación de longitud, especialmente por soldadura. De manera conveniente, los extremos orientados uno a otro del segmento de cubeta y del elemento de compensación de longitud están unidos o soldados uno a otro de forma inseparable. Esta construcción, sin embargo, no prevé ningún aislamiento eléctrico del segmento de cubeta con respecto al elemento de compensación de longitud en su punto de unión o punto de soldadura común, de manera que daños del recubrimiento aislante eléctricamente en el lado interior de al menos dos segmentos de cubeta conducen a un flujo de corriente no deseado en la cubeta de horno entre los puntos defectuosos del recubrimiento aislante eléctricamente a través de los elementos de compensación de longitud. Para evitar o reducir un flujo de corriente no deseado de este tipo en la cubeta de horno puede estar previsto que el segmento de cubeta unido de forma inseparable al elemento de compensación de longitud esté formado por piezas de segmento dispuestas una detrás de otra en sentido del primer al segundo contacto de corriente, estando unidas entre sí y aisladas eléctricamente unas de otras piezas de segmento contiguas del segmento de cubeta a través de una capa intermedia aislante eléctricamente.

A continuación, la invención se describe con más detalle con la ayuda de formas de realización preferibles no limitativas, haciendo referencia al dibujo. Muestran:

la figura 1 un horno según la invención en una representación esquemática, que presenta una cubeta de horno con segmentos de cubeta y con elementos de compensación de longitud;

la figura 2 una representación esquemática de una sección de la cubeta de horno del horno de la figura 1, en una sección longitudinal, estando atornillados los segmentos de cubeta a elementos de compensación de longitud dispuestos entre estos;

la figura 3 una representación esquemática de una sección de una cubeta de horno construida de otra manera de la del horno de la figura 1, en una sección longitudinal, estando atornillados los segmentos de cubeta, en comparación con la figura 2, de otra manera a elementos de compensación de longitud dispuestos entre estos; y

la figura 4 una representación esquemática de una sección de una cubeta de horno del horno de la figura 1, en una sección longitudinal, estando soldados los segmentos de cubeta a elementos de compensación de longitud dispuestos entre estos.

La figura 1 muestra en una vista en perspectiva un horno 1 con al menos una cubeta de horno 2, en el ejemplo representado en la figura 1, con exactamente una cubeta de horno 2. En la cubeta de horno 2 están previstos un primer contacto de corriente 3a y un segundo contacto de corriente 3b que están dispuestos de forma aislada eléctricamente de la cubeta de horno 2. Los contactos de corriente 3a, 3b puede estar dispuestos por ejemplo en paredes frontales 4a, 4b, compuestas de un material cerámico, en dos extremos 5a, 5b de la cubeta de horno 2. La cubeta de horno 2 presenta segmentos de cubeta 6 situados a una distancia entre sí, que están dispuestos unos detrás de otros en el sentido longitudinal L del horno 1, es decir, en sentido del primer contacto de corriente 3a al segundo contacto de corriente 3b. En la figura 1 están representados a modo de ejemplo solo tres segmentos de cubeta 6, 6a, 6b, 6c. Evidentemente, la cubeta de horno 2 también puede presentar solo dos o más de tres segmentos de cubeta 6. Igualmente, el horno 1 puede presentar más de una cubeta de horno 2. Los segmentos de cubeta 6 están formados al menos parcialmente de metal, es decir, de forma conductora eléctricamente, y presentan en su lado interior 8 orientado hacia el espacio interior 7 de la cubeta de horno 2 un recubrimiento 9 aislante eléctricamente. Los segmentos de cubeta 6a, 6b o 6b, 6c contiguos están unidos entre sí a través de un elemento de compensación de longitud 10, 10a, 10b dispuesto entre los segmentos de cubeta 6a, 6b o 6b, 6c contiguos, es decir, que el elemento de compensación de longitud 10, 10a, 10b está previsto en las paredes y en el fondo de la cubeta de horno 2 para permitir un movimiento relativo, debido a la temperatura, de los segmentos de cubeta 6 unos respecto a otros. La cubeta de horno 2 no está limitada a una forma de sección transversal rectangular y puede, por ejemplo, también tener forma de U en sección transversal. La cubeta de horno 2 presenta en el sentido longitudinal L del horno 1 segmentos de cubeta 6 y elementos de compensación de longitud 10 que se suceden alternativamente. El elemento de compensación de longitud 10 está formado al menos parcialmente de metal y presenta en su lado interior 11 orientado hacia el espacio interior 7 de la cubeta de horno 2 un recubrimiento 12 aislante eléctricamente. El recubrimiento 9 aislante eléctricamente y el recubrimiento 12 aislante eléctricamente están aplicados, en el ejemplo representado, fijamente sobre los segmentos de cubeta 6 o los elementos de compensación de longitud 10 y, por tanto, son parte de los segmentos de cubeta 6 o de los elementos de compensación de longitud 10.

Para el uso del horno 1 para la grafitización longitudinal de una pieza de trabajo, es decir, de un cuerpo de moldeo

que ha de ser mecanizado por acción de calor y que contiene carbono, el cuerpo de moldeo o la pieza de trabajo se insertan en la cubeta de horno 2 entre los contactos de corriente 3a, 3b y por tanto estando conectados eléctricamente a estos. Los contactos de corriente 3a, 3b pueden estar realizados para presionar contra el cuerpo de moldeo. Además, el cuerpo de moldeo preferiblemente se embebe en una carga a granel de material resistente al calor, como por ejemplo, coque. El cuerpo de moldeo y el material resistente al calor (coque) no están representados para mayor claridad. El recubrimiento 9 aislante eléctricamente en el lado interior 8 de los segmentos de cubeta 6 y el recubrimiento 12 aislante eléctricamente en el lado interior 11 de los elementos de compensación de longitud 10 aíslan la cubeta de horno 2 de la corriente eléctrica que para el mecanizado del cuerpo de moldeo no representado se hace pasar por este. Sin el recubrimiento 9, 12 aislante eléctricamente, la corriente eléctrica entraría en la cubeta de horno 2 de manera no deseada a través de la carga a granel de material resistente al calor (por ejemplo, coque) y a través de los lados interiores 8, 11 de los segmentos de cubeta 6 y de los elementos de compensación de longitud 10, y seguiría siendo conducida a través de los segmentos de cubeta 6 y los elementos de compensación de longitud 10.

En el ejemplo representado en la figura 1, perpendicularmente al lado interior 8 de los segmentos de cubeta 6, es decir, en el sentido de la flecha B que está orientada en el sentido de ancho del horno 1, el elemento de compensación de longitud 10 está desviado de forma ondulada o realizada en forma de meandro. De esta manera, el elemento de compensación de longitud 10 queda realizado de manera especialmente favorable para variaciones de su extensión longitudinal en el sentido de la flecha L. El elemento de compensación de longitud 10 está dispuesto entre segmentos de cubeta 6a, 6b o 6b, 6c contiguos estando unido a estos, para evitar un intersticio entre los extremos orientados uno hacia otro de segmentos de cubeta 6 contiguos o cerrar estos por el elemento de compensación de longitud 10. Los segmentos de cubeta 6, 6a, 6b, 6c contiguos por tanto están unidos entre sí sin intersticio. Al contrario de construcciones de horno conocidas, tampoco se requiere ningún cuerpo de recubrimiento que yazca sobre los lados interiores de segmentos de cubeta contiguos cubriendo un intersticio que queda entre segmentos de cubeta contiguos. En los ejemplos representados, los segmentos de cubeta 6 están unidos fijamente a los elementos de compensación de longitud 10.

La figura 2 muestra una sección de la cubeta de horno 2 del horno 1 de la figura 1, en una sección en el sentido longitudinal L del horno 1, a escala aumentada. Se puede ver que los segmentos de cubeta 6 contiguos, en el ejemplo representado en la figura 2, los segmentos de cubeta 6b, 6c, están atornillados de forma separable a un elemento de compensación de longitud 10. Los segmentos de cubeta 6, 6b, 6c atornillados al elemento de compensación de longitud 10 presentan un borde 13 doblado o rebordeado hacia fuera, con el que está en contacto una sección de unión 14 del elemento de compensación de longitud 10. Al menos un tornillo 15, aunque preferiblemente varios tornillos 15, se extienden pasando por el borde 13 doblado del segmento de cubeta 6, la sección de unión 14 del elemento de compensación de longitud 10 y dos bridas 16a, 16b. Las bridas 16a, 16b están en contacto de forma separable con los lados 13a, 14a opuestos uno a otro del borde 13 doblado del segmento de cubeta 6 y de la sección de unión 14 del elemento de compensación de longitud 10. Los tornillos 15 sujetan, junto con una tuerca 17 montada sobre estos, el segmento de cubeta 6, el elemento de compensación de longitud 10 y las bridas 16a, 16b. En esta forma de realización, por lo tanto, los segmentos de cubeta 6 están unidos directamente a los elementos de compensación de longitud 10. En el ejemplo representado en la figura 2, tanto el borde 13 doblado hacia fuera del segmento de cubeta 6 como la sección de unión 14 del elemento de compensación de longitud 10 presentan en los lados 13z, 14z orientados uno hacia otro un recubrimiento 18 aislante eléctricamente. En una forma de realización más sencilla, también puede presentar un recubrimiento 18 aislante eléctricamente solo el borde 13 doblado hacia fuera del segmento de cubeta 6 o la sección de unión 14 del elemento de compensación de longitud 10, en los lados 13z, 14z orientados uno hacia otro. Los tornillos 15 están alojados dentro de un casquillo 19 aislante eléctricamente, resistente al calor, por ejemplo cerámico, para evitar una unión conductora eléctricamente del borde 13 doblado del segmento de cubeta 6, 6c a través de la brida 16a generalmente metálica y a través del tornillo 15 hacia la brida 16b generalmente metálica o hacia la sección de unión 14 del elemento de compensación de longitud 10. También la cabeza de tornillo 15a y la tuerca 17 están aislados eléctricamente de las bridas 16a, 16b. Por ejemplo, la cabeza de tornillo 15a y la tuerca 17 están en contacto con bordes doblados del casquillo 19 aislante eléctricamente.

En la figura 2 se puede ver además que, en los lados 13z, 14z orientados uno hacia otro del borde 13 doblado hacia fuera del segmento de cubeta 6 y de la sección de unión 14 del elemento de compensación de longitud 10, en zonas 20, el recubrimiento 18 aislante eléctricamente se extiende más allá de la superficie de contacto 21 entre el borde 13 doblado hacia fuera del segmento de cubeta 6 y la sección de unión 14 del elemento de compensación de longitud 10.

La figura 3 muestra una sección de una cubeta de horno 2 construida de otra manera de un horno 1, en una sección en el sentido longitudinal L del horno 1, a escala aumentada. Se puede apreciar que el segmento de cubeta 6 atornillado al elemento de compensación de longitud 10 está unido de forma inseparable, por ejemplo soldado, a una primera brida 22a y que el elemento de compensación de longitud 10 está unido de forma inseparable, por ejemplo soldado, a una segunda brida 22b. En el estado montado del horno 1, la primera brida 22a y la segunda brida 22b están en contacto mutuo y están unidos entre sí por medio de tornillos 15 que se extienden pasando por la primera brida 22a y por la segunda brida 22b. En el ejemplo representado en la figura 3, la primera brida 22a y la segunda brida 22b presentan en los lados 22az, 22bz orientados uno hacia otro un recubrimiento 18 aislante eléctricamente. Los tornillos 15 están alojados dentro de un casquillo 19 aislante eléctricamente.

La figura 4 muestra una sección de una cubeta de horno 2 construida de otra manera de un horno 1, en una sección

5 en el sentido longitudinal L del horno 1, a escala aumentada. Según esta construcción, los segmentos de cubeta 6  
están unidos de forma inseparable, preferiblemente soldados, a los elementos de compensación de longitud 10. En  
particular, un extremo E6 del segmento de cubeta 6 y un extremo E10 del elemento de compensación de longitud 10,  
estando orientados dichos extremos E6 y E10 uno hacia el otro, están unidos entre sí de forma inseparable, estando  
10 preferiblemente soldados entre sí por medio de un cordón de soldadura 23. El recubrimiento 9 aislante eléctricamente  
del segmento de cubeta 6 y el recubrimiento 12 aislante eléctricamente del elemento de compensación de longitud 10  
están aplicados en el ejemplo representado sobre el segmento de cubeta 6, sobre el elemento de compensación de  
longitud 10 unido a este y sobre el cordón de soldadura 23 en dirección hacia el espacio interior 7 de la cubeta de  
horno 2. Para limitar un posible flujo de corriente a través de los segmentos de cubeta 6 y los elementos de  
15 compensación de longitud 10 en caso de un recubrimiento 9, 12 aislante eléctricamente dañado, el segmento de  
cubeta 6 unido de forma inseparable al elemento de compensación de longitud 10 puede estar formado por piezas de  
segmento 6x dispuestos unos detrás de otros en sentido del primer al segundo contacto de corriente 3a, 3b, estando  
las piezas de segmento 6x1, 6x2 contiguos del segmento de cubeta 6 unidos y aislados eléctricamente entre sí a  
través de una capa intermedia 24 aislante eléctricamente.

15 En un experimento se utilizó un horno de grafitización de 25 m de longitud, que estaba realizado con dos cubetas de  
horno conectadas eléctricamente en serie. Las cubetas de horno se componían de segmentos metálicos y cerámicos.  
La conexión en serie de las dos cubetas de horno estaba realizada de tal forma que los electrodos de conexión  
compuestos de grafito de las dos cubetas de horno estaban unidos entre sí eléctricamente en un lado de las cubetas.  
20 La conexión eléctrica (conexiones positiva y negativa) estaba dispuesta en los electrodos de conexión compuestos de  
grafito, en el lado opuesto de las dos cubetas de horno. El horno fue tratado ahora de tal forma que una cubeta de  
horno (aquella que estaba acoplada al lado positivo de la conexión eléctrica) se recubrió completamente con un  
recubrimiento cerámico por medio de una instalación de pulverización de pintura sin aire, con un grosor de película  
húmeda de 0,15 mm. El recubrimiento estaba elaborado de la siguiente manera: en un disolventador se presentaron en  
25 la caldera agitadora 30 partes en masa de sílica sol coloidal líquido con 40% de porcentaje de cuerpos sólidos (tamaño  
de granos de 10 nm) como aglutinante y 10 partes en masa de agua. En este líquido se introdujo y se suspendió una  
mezcla de sustancia sólida de 40 partes en masa de óxido de magnesio con un tamaño de granos medio de  $d_{50} = 4$   
 $\mu\text{m}$  ( $d_{90} = 13 \mu\text{m}$ ) y 20 partes en masa de polvo de vidrio con un tamaño de granos medio de  $4 \mu\text{m}$  ( $d_{98} = 17 \mu\text{m}$ ) y  
0,3 partes en masa de celulosa de metilo como espesante, aumentando el número de revoluciones del disco del  
30 disolventador durante la introducción de polvo de manera constante hasta 12 m/seg. y se dispersó durante 10 minutos  
con este número de revoluciones. La otra cubeta de horno (aquella que estaba acoplada al lado negativo de la  
conexión eléctrica) permanecía sin recubrimiento. En ambas cubetas de horno se instaló para la grafitización el mismo  
material de partida, respectivamente 77 electrodos en cada cubeta. Tras encender el suministro eléctrico, los cuerpos  
de moldeo instalados se calentaron hasta 3.000 °C. Después de la grafitización, los electrodos se sometieron a un  
35 mecanizado final y se midió la resistencia eléctrica. Se demostró que aquellos electrodos de grafito que habían sido  
grafitizados en la cubeta recubierta presentaban en promedio una resistencia eléctrica 0,05 [ $\mu\text{Ohmm}$ ] menor que  
aquellos electrodos que habían sido grafitizados en la cubeta no recubierta.

## REIVINDICACIONES

1. Horno (1) con al menos una cubeta de horno (2), en la que están previstos un primer (3a) y un segundo (3b) contactos de corriente aislados eléctricamente de la cubeta de horno (2), estando formada la cubeta de horno (2) por segmentos de cubeta (6) dispuestos unos detrás de otros del primer (3a) al segundo (3b) contacto de corriente y situados a una distancia entre sí, estando formados los segmentos de cubeta (6) al menos parcialmente por metal presentando en su lado interior (8) orientado hacia el espacio interior (7) de la cubeta de horno (2) un recubrimiento (9) aislante eléctricamente, **caracterizado por que** segmentos de cubeta (6) contiguos están unidos entre sí a través de un elemento de compensación de longitud (10) dispuesto entre extremos orientados uno hacia otro de los segmentos de cubeta (6) contiguos, estando formado dicho elemento de compensación de longitud (10) al menos parcialmente por metal presentando en su lado interior (11) orientado hacia el espacio interior (7) de la cubeta de horno (2) un recubrimiento (12) aislante eléctricamente y estando realizado de forma desviada perpendicularmente al lado interior (8) de los segmentos de cubeta (6).
2. Horno (1) según la reivindicación 1, **caracterizado por que** los segmentos de cubeta (6) están aislados eléctricamente del elemento de compensación de longitud (10) unido a este.
3. Horno (1) según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** el elemento de compensación de longitud (10) está realizado en forma de meandro.
4. Horno (1) según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** al menos un segmento de cubeta (6) está atornillado de forma separable a un elemento de compensación de longitud (10).
5. Horno (1) según la reivindicación 4, **caracterizado por que** el segmento de cubeta (6) atornillado al elemento de compensación de longitud (10) presenta un borde (13) doblado hacia fuera, con el que está en contacto una sección de unión (14) del elemento de compensación de longitud (10), y al menos un tornillo (15) se extiende por el borde (13) doblado del segmento de cubeta (6), por la sección de unión (14) del elemento de compensación de longitud (10) y por dos bridas (16a, 16b) que están en contacto con los lados (13a, 14a) opuestos uno a otro del borde (13) doblado del segmento de cubeta (6) y de la sección de unión (14) del elemento de compensación de longitud (10).
6. Horno (1) según la reivindicación 5, **caracterizado por que** también el borde (13) doblado hacia fuera del segmento de cubeta (6) y/o la sección de unión (14) del elemento de compensación de longitud (10) presentan en lados (13z, 14z) orientados uno hacia otro un recubrimiento (18) aislante eléctricamente, y el al menos un tornillo (15) está alojado en un casquillo (19) aislante eléctricamente.
7. Horno (1) según la reivindicación 6, **caracterizado por que** en los lados (13z, 14z) orientados uno hacia otro del borde doblado (13) hacia fuera del segmento de cubeta (6) y de la sección de unión (14) del elemento de compensación de longitud (10), el recubrimiento (18) aislante eléctricamente se extiende más allá de la superficie de contacto (21) entre el borde doblado (13) hacia fuera del segmento de cubeta (6) y la sección de unión (14) del elemento de compensación de longitud (10).
8. Horno (1) según la reivindicación 4, **caracterizado por que** el segmento de cubeta (6) atornillado al elemento de compensación de longitud (10) está unido de forma inseparable a una primera brida (22a), con la que está en contacto una segunda brida (22B) unida de forma inseparable al elemento de compensación de longitud (10), y al menos un tornillo (15) se extiende por la primera brida (22a) y por la segunda brida (22b).
9. Horno (1) según la reivindicación 8, **caracterizado por que** la primera brida (22) y la segunda brida (22B) presentan en los lados (22az, 22bz) orientados uno hacia otro un recubrimiento (18) aislante eléctricamente, y el al menos un tornillo (15) está alojado en un casquillo (19) aislante eléctricamente.
10. Horno (1) según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado por que** el recubrimiento (9, 12, 18) aislante eléctricamente presenta esmalte o al menos uno de entre óxido de magnesio, chamota o vidrios, con aglutinantes resistentes al calor, preferentemente vidrio soluble de potasio, vidrio soluble de sodio, sílica sol, resinas de silicona, fosfatos inorgánicos, por ejemplo, fosfato de aluminio o fosfato de magnesio, aluminatos hidrosolubles o silicatos de aluminio hidrosolubles.

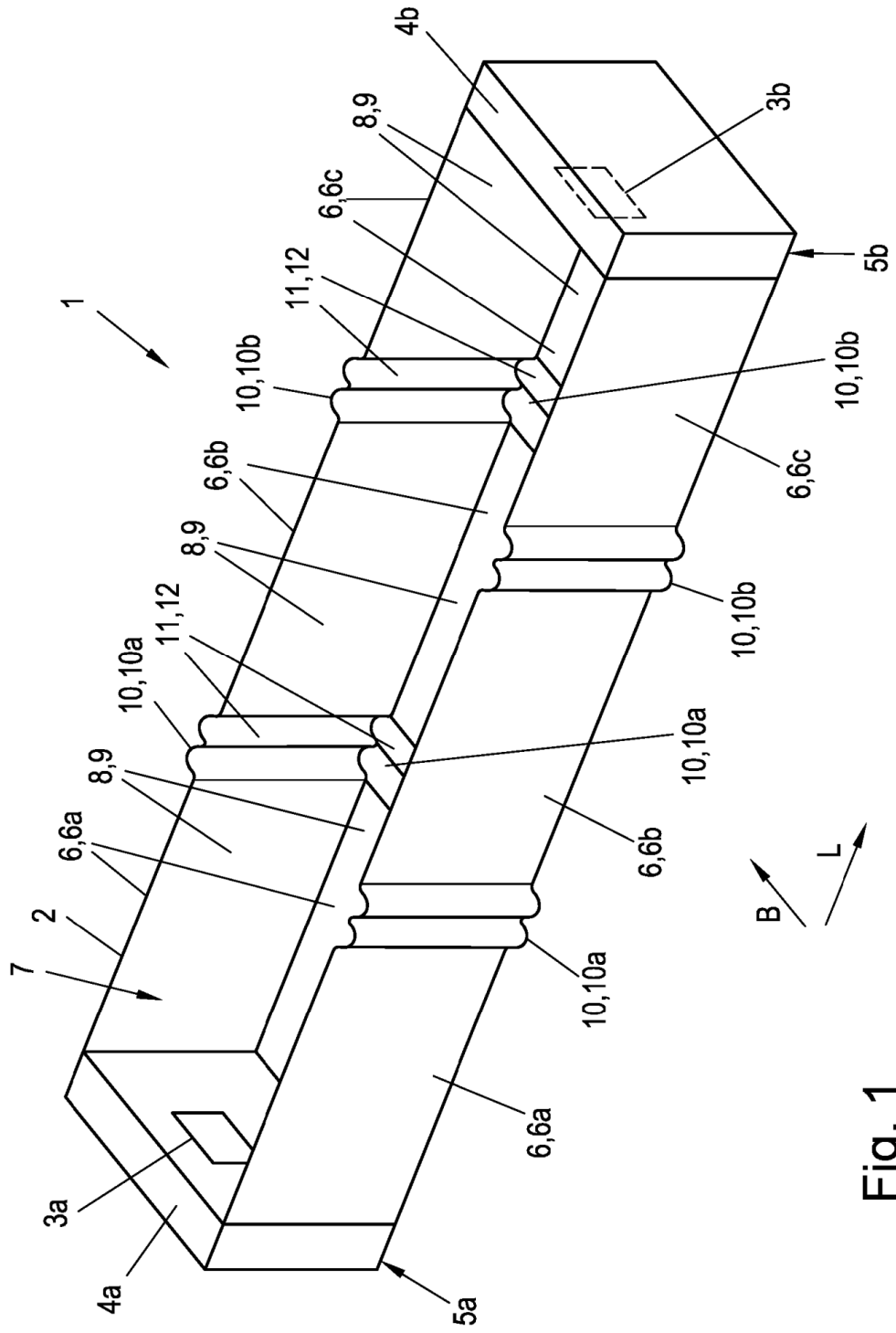


Fig. 1

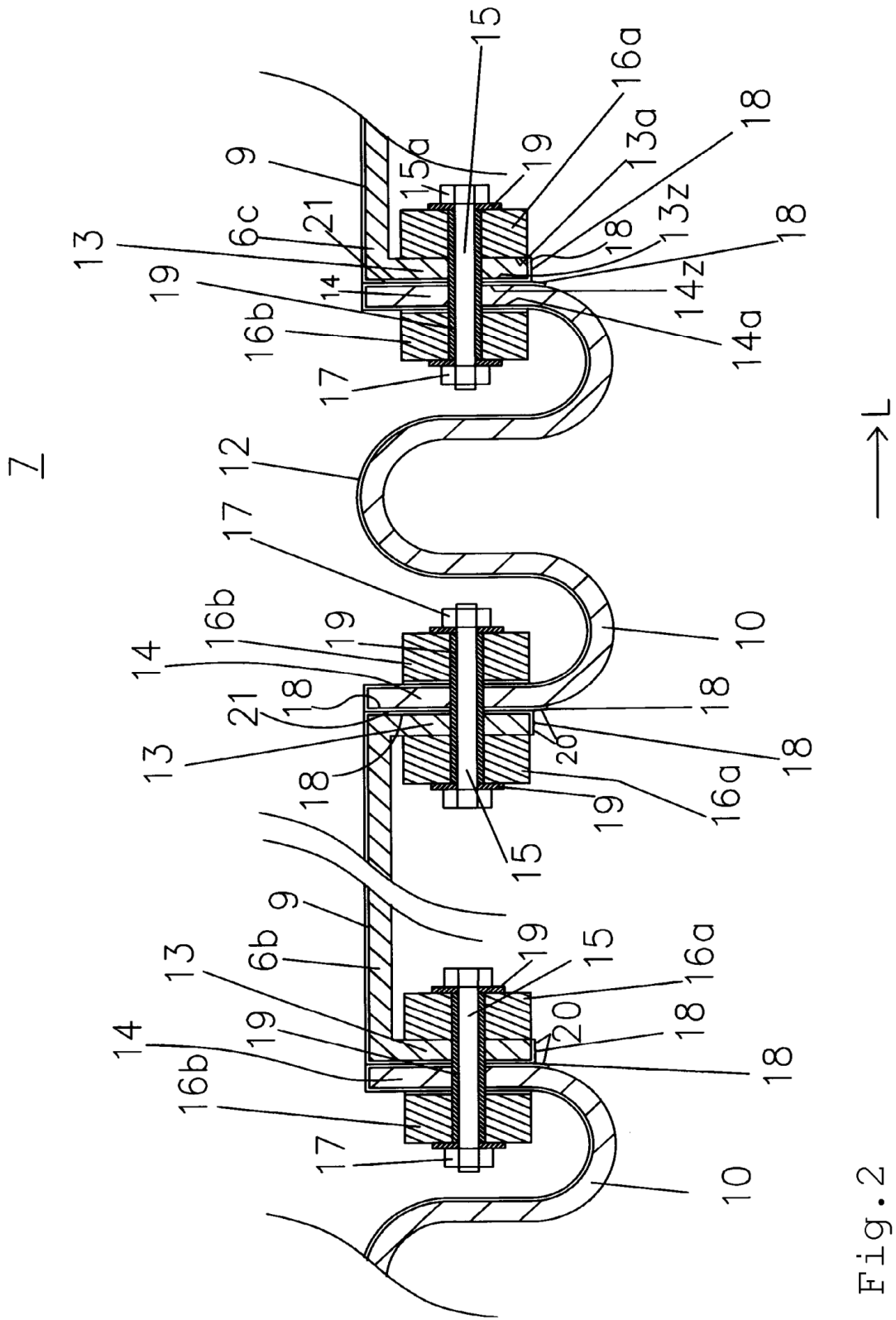


Fig. 2

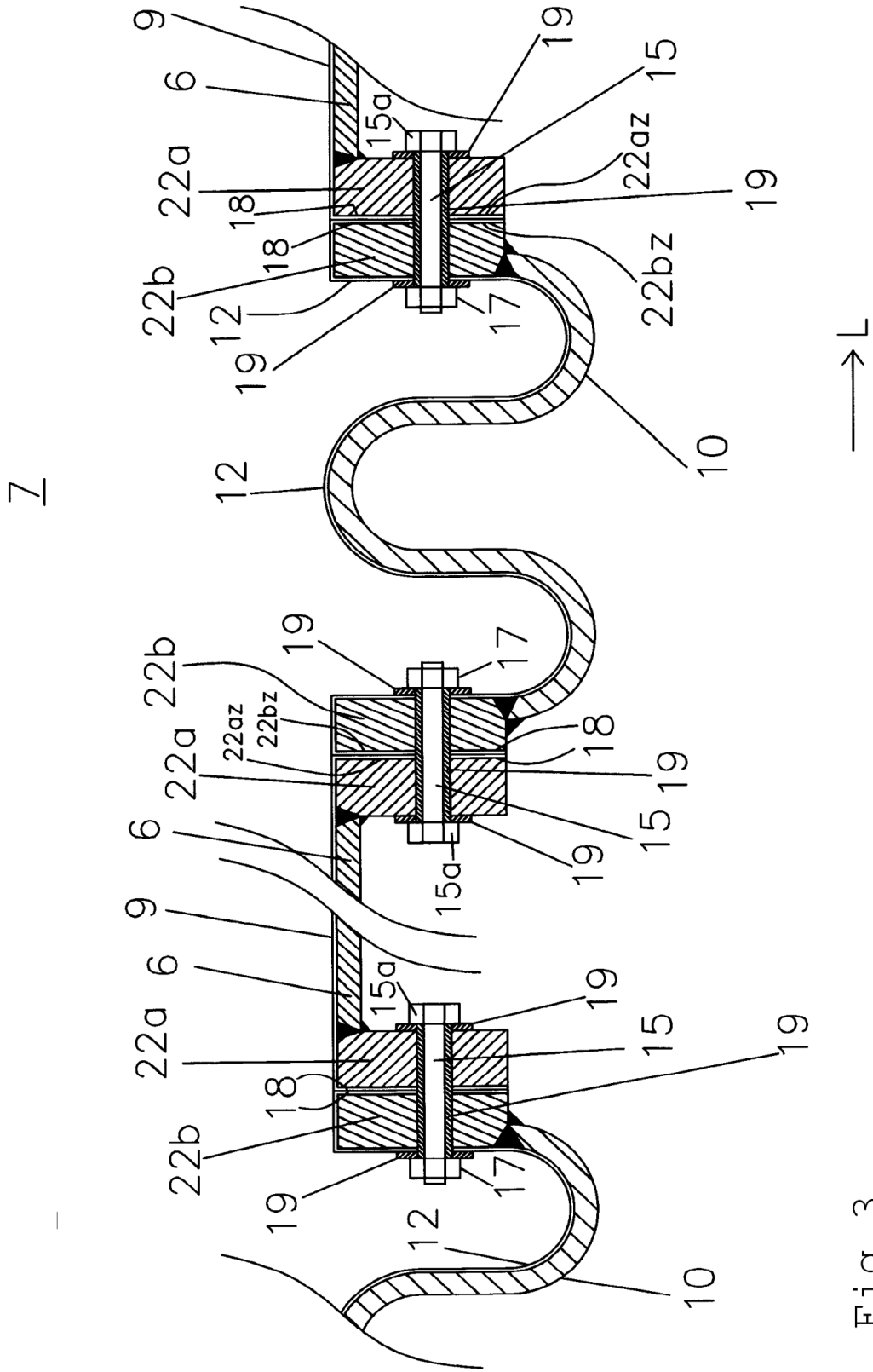


Fig. 3

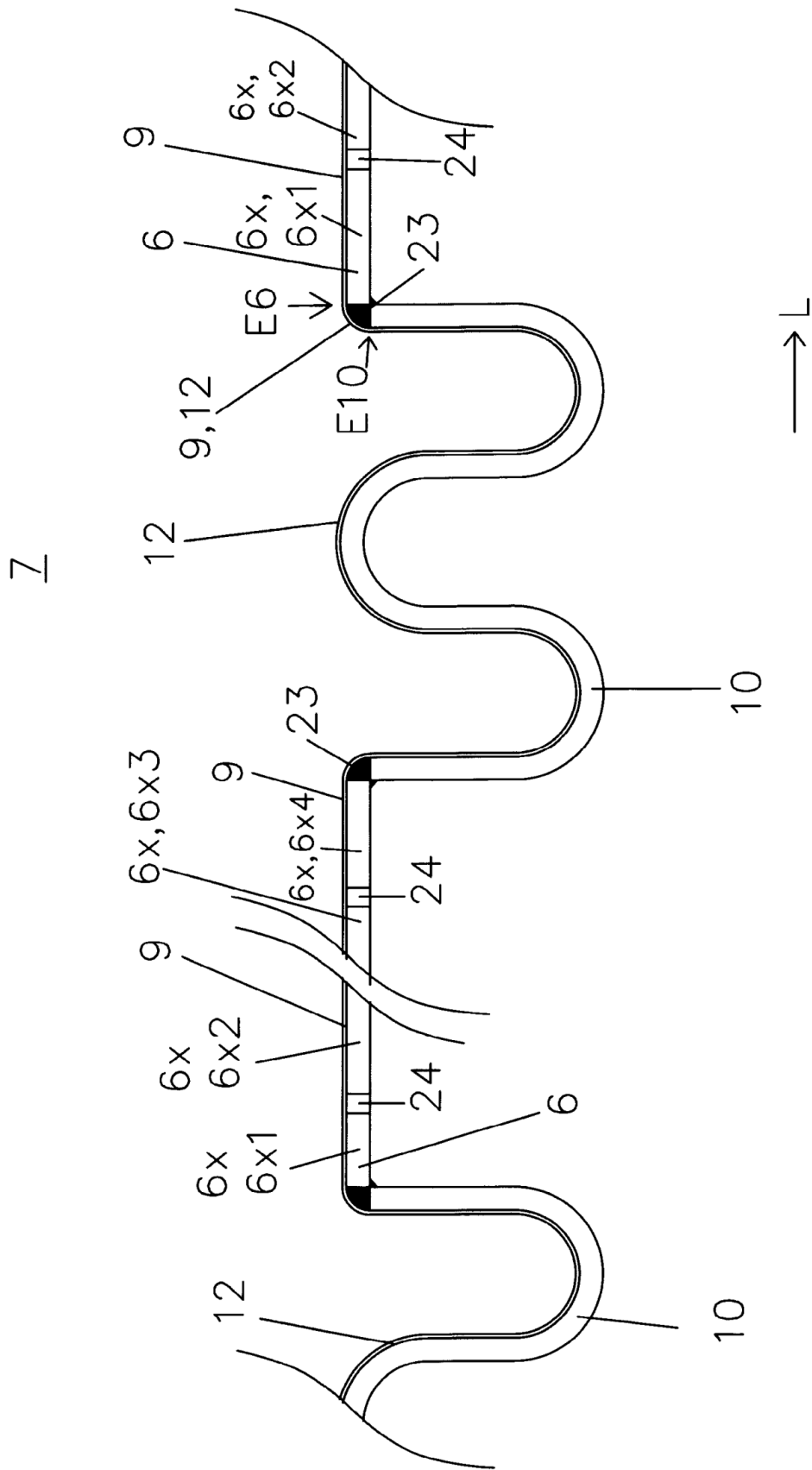


Fig. 4