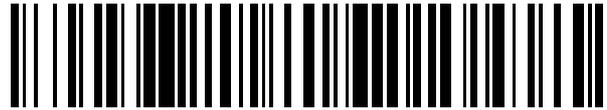


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 633 289**

51 Int. Cl.:

B22D 17/22 (2006.01)

B22C 9/06 (2006.01)

B22D 19/00 (2006.01)

H02K 15/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.08.2011** **E 11006401 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.05.2017** **EP 2465624**

54 Título: **Procedimiento para la fabricación de productos que presentan cobre o aleaciones de cobre, para aplicaciones eléctricas, así como producto**

30 Prioridad:

20.12.2010 DE 102010056146

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

20.09.2017

73 Titular/es:

**KIENLE + SPIESS GMBH (100.0%)
Bahnhofstrasse 23
74343 Sachsenheim, DE**

72 Inventor/es:

**BÁRDOS, ANDRÁS y
BAUER, STEFFEN**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 633 289 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

Procedimiento para la fabricación de productos que presentan cobre o aleaciones de cobre, para aplicaciones eléctricas, así como producto

5 La invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de productos que presentan cobre o aleaciones de cobre, para aplicaciones eléctricas, según el preámbulo de la reivindicación 1 así como a un producto fabricado con un procedimiento de este tipo según el preámbulo de la reivindicación 10.

10 Se conoce la utilización para aplicaciones eléctricas de productos que presentan piezas de cobre o aleaciones de cobre. Tales productos son, por ejemplo, conductores eléctricos, conmutadores de alta tensión eléctricos o rotores y estatores en motores eléctricos.

15 Un procedimiento conocido (GB 1 594 926 A) para la fabricación de tales productos para aplicaciones eléctricas es el procedimiento de colada, en el que el material de colada fundido se introduce en un molde de colada. El material de colada solidificado adopta la forma interna del molde de colada.

20 Para conseguir buenas propiedades eléctricas, las piezas coladas solo deben contener muy pocos poros. Por este motivo, en otros procedimientos conocidos se aumenta la temperatura muy por encima del punto de fusión del material de colada utilizado. Esto condiciona, sin embargo, costes energéticos considerables, lo que no solo encarece la fabricación del producto, sino que también es desventajoso por lo que respecta al impacto medioambiental. Los poros repercuten desventajosamente además en las propiedades mecánicas.

25 Se conoce que el molde de colada utilizado en estos procedimientos solo tiene una vida útil limitada como consecuencia de la sobreelevación de temperatura, porque aparecen grietas en la superficie. El molde de colada debe enfriar el material fundido lo más rápido posible y disipar el calor existente a través del molde de colada. Por este motivo, el molde de colada se fabrica de un material termoconductor con propiedades mecánicas adecuadas. Para que la transferencia de calor deseada de la masa fundida metálica al molde se produzca de manera suficientemente rápida, la superficie interior del molde de colada que entra en contacto con la masa fundida debe estar muy limpia y ser químicamente inactiva con respecto al material fundido. La masa fundida debe entrar en contacto apropiadamente con la superficie del molde de colada. El grado de este contacto depende de las condiciones de humectación entre el molde de colada y el material de colada así como de la viscosidad. Estas son, a su vez, muy dependientes de la temperatura, siendo la viscosidad tanto más baja, cuanto mayor es la temperatura. Con una temperatura de colada alta puede llenarse apropiadamente el molde, presentando el material de colada una alta calidad. No obstante, cuanto mayor sean las temperaturas, en mayor medida se cargará el molde de colada.

40 La invención tiene como objetivo configurar el procedimiento genérico y el producto genérico de modo que, por un lado, el material colado solo presente una porosidad muy baja y, por otro lado, el molde de colada tenga una vida útil larga.

Este objetivo se alcanza, en el caso del procedimiento genérico, de acuerdo con la invención con las características caracterizadoras de la reivindicación 1 y, en el caso del producto genérico, de acuerdo con la invención con las características caracterizadoras de la reivindicación 10.

45 En el caso del procedimiento de acuerdo con la invención, la sobreelevación de la temperatura de la masa fundida del material de colada se mantiene baja, de modo que solo se requiere poca energía, para fundir el material de colada. Debido a la sobreelevación de la temperatura de la masa fundida se consigue que la masa fundida, en cuanto llega al molde de colada, tenga todavía tiempo suficiente para llenar por completo las cavidades en el molde de colada. La sobreelevación de la temperatura del material de colada asciende a solo del 15 % al 20 %. Debido al grado de enfriamiento de no menos de 10^2 K/s, en asociación con una sobreelevación de la temperatura reducida se consigue que en el material de colada solidificado solo aparezca un número muy bajo de poros. El molde de colada se compone de un material con una conductividad térmica promedio de no menos de 100 W/(m·K). El material del molde de colada puede tener incluso una conductividad térmica mejor que la del propio material de colada. De este modo puede conseguirse un alto grado de enfriamiento, sin que se requieran medidas de enfriamiento adicionales. El material con buena conductividad térmica del molde de colada garantiza que no aparezcan grietas por calor en el molde de colada incluso tras una vida útil prolongada. El producto dotado del material de colada se caracteriza por propiedades mecánicas y eléctricas excepcionales. Dado que la sobreelevación de la temperatura es baja, el molde de colada al que se recurre para la colada tiene una vida útil larga. Debido al alto grado de enfriamiento, el riesgo de que el material de colada se oxide en el estado fundido es bajo. Por eso, la adición de un agente de oxidación no se requiere necesariamente. El alto grado de enfriamiento implica también menos poros y una estructura de grano fino.

65 En una forma de realización preferida es posible, evidentemente, añadir al material de colada al menos un agente desoxidante. Puede tratarse, por ejemplo, de boro, fósforo, metal alcalino o similares. La adición de un agente desoxidante se recomienda cuando se utilizan grandes cantidades de masa fundida, que por consiguiente están sujetas a condiciones de oxidación durante más tiempo.

Ventajosamente, el procedimiento de acuerdo con la invención se realiza de modo que la porosidad presenta una relación de volumen máxima del 1,5 %, midiéndose la relación de volumen como $V_{\text{poros}}/V_{\text{material de colada}}$.

5 Evidentemente, el molde de colada puede enfriarse adicionalmente, por ejemplo con medio refrigerante, que es conducido a través de correspondientes perforaciones en el molde de colada.

Como material para el molde de colada puede utilizarse, por ejemplo, cobre o una aleación de cobre, como por ejemplo CuNi2SiCr.

10 Ventajosamente, el material de colada se funde en una atmósfera de gas protector. Se evitan entonces de manera fiable oxidaciones no deseadas del material de colada fundido.

Es posible, evidentemente, fundir el material de colada también sin atmósfera de gas protector.

15 Resulta ventajoso que la cara interna del molde de colada que entra en contacto con el material de colada esté dotada de un recubrimiento, que evita una reacción metalúrgica entre el material de colada y el material del molde de colada. El recubrimiento se compone de un material inactivo duro y muy adhesivo. Por ejemplo, puede utilizarse para el recubrimiento CrN o grafito.

20 El material de colada fundido puede introducirse de diversas maneras en el molde de colada. Así, el material de colada fundido puede introducirse en el molde de colada mediante colada a presión. A este respecto, la alimentación del material de colada fundido puede producirse horizontalmente o también verticalmente.

También puede utilizarse el procedimiento de colada centrífuga.

25 Si van a utilizarse productos muy grandes, se recomienda entonces la colada en coquilla.

El material de colada puede fundirse de diferentes maneras, por ejemplo en un horno de inducción, en un horno de resistencia eléctrica o en un horno calentado por gas.

30 El producto de acuerdo con la reivindicación 10 está configurado de modo que la porosidad del material de colada solidificado asciende a un máximo de $1,5 V_{\text{poros}}/V_{\text{material de colada}}$ en porcentaje.

35 Otras características de la invención se desprenden de las demás reivindicaciones, de la descripción y de los dibujos.

La invención se explica más en detalle mediante un ejemplo de realización representado en los dibujos. Muestran

- la Figura 1 una chapa de rotor con ranuras abiertas,
- la Figura 2 una chapa de rotor con ranuras cerradas,
- la Figura 3 en vista lateral, un paquete de rotor compuesto por chapas de rotor,
- la Figura 4 una vista en planta del paquete de rotor de acuerdo con la Figura 3,
- la Figura 5 en representación esquemática y en sección, un molde de colada para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención,
- la Figura 6 en un diagrama, la dependencia de la porosidad en el material de colada con respecto al grado de enfriamiento.

40 A continuación se explica el procedimiento a modo de ejemplo en un paquete de rotor. Sin embargo, esto no ha de entenderse como limitación a este caso de uso. El procedimiento puede utilizarse allí donde sea importante que el material de colada solo presente muy pocos poros.

45 En motores eléctricos se utilizan estatores y rotores, que presentan un paquete de chapas de estator y de rotor, respectivamente. Estos paquetes tienen hojas de chapa colocadas unas sobre otras. Mediante las Figuras 1 a 4 se describe a modo de ejemplo un paquete de chapas de rotor. Está formado por chapas de rotor 1 (Fig. 1), que se troquelan en un procedimiento de troquelado a partir de una banda de metal (no representada). La chapa de rotor de acuerdo con la Figura 1 tiene ranuras 2 distribuidas uniformemente por su contorno, que están abiertas radialmente hacia fuera. La chapa de rotor 1 está dotada de una abertura 3 central.

50 La chapa de rotor 1 de acuerdo con la Figura 2 se diferencia del ejemplo de realización según la Figura 1 únicamente en que las ranuras 2 en el lado del contorno están cerradas radialmente hacia dentro y hacia fuera.

55 Las chapas de rotor 1 se ensamblan de manera conocida para dar lugar a un paquete de chapas 4 (Fig. 3). Las chapas 1 apoyadas unas sobre otras pueden unirse entre sí por arrastre de forma. Para ello, cada chapa está dotada en su región anular entre las ranuras 2 y la abertura 3 central de elevaciones dispuestas distribuidas por el contorno, formadas mediante deformación plástica, las cuales se enganchan en correspondientes depresiones de la chapa de rotor 1 respectivamente adyacente. Sin embargo, las chapas de rotor 1 situadas unas sobre otras también

pueden adherirse entre sí. Las aberturas 3 de las chapas de rotor 1 forman una perforación para vástago, en la que se introduce un árbol, sobre el que se asienta el paquete de rotor 4.

5 Las ranuras 2 en el contorno de las chapas de rotor forman ranuras que atraviesan la longitud axial del paquete de chapas 4, las cuales pueden discurrir con ejes paralelos, aunque también, como se muestra en la Figura 3, oblicuamente. Para este caso, las chapas de rotor 1 situadas unas sobre otras están giradas respectivamente unas respecto a otras en una medida correspondiente.

10 En ambas caras frontales del paquete de rotor 4 se encuentran anillos de cortocircuito 5, 6. Se crean en un molde de colada, representado a modo de ejemplo en la Figura 5.

15 En este molde de colada se introduce por ejemplo cobre en las ranuras 2 del paquete de rotor 4. El molde de colada 7 está configurado de modo que simultáneamente al llenado de las ranuras 2 se forman los anillos de cortocircuito 5, 6.

20 El molde de colada 7 tiene una cavidad 8, que recibe el paquete de chapas 4. A través de una cámara de llenado 9 se introduce en la cavidad 8, de manera conocida, con ayuda de un émbolo de colada 10 el metal que va a colarse. La cámara de llenado 9 está unida a través de al menos un canal 11 con la cavidad 8. El molde de colada 7 presenta dos espacios anulares 12, 13, que sirven para formar los anillos de cortocircuito 5, 6. El metal fluido penetra en las ranuras 2 del paquete de chapas 4 y las llena por completo.

25 Como material de colada se usan cobre o aleaciones de cobre, que presentan altas temperaturas de fusión por encima de unos 1035 °C. La velocidad de enfriamiento del material de colada se elige de modo que el material de colada no presente nada o solo una baja porosidad. La tasa de enfriamiento se ajusta de modo que no sea inferior a unos 10³K/s. El material de colada no se sobrecalienta en este modo de proceder más de aproximadamente un 15 % a aproximadamente un 20 % de su punto de fusión, con lo cual se evitan, en interacción con el mencionado grado de enfriamiento, poros en el producto final.

30 En la Figura 6 se representa la dependencia de la porosidad que aparece en el producto final en función del grado de enfriamiento en el procedimiento descrito. Puede observarse que por encima de una tasa de enfriamiento de más de unos 10³K/s solo aparece una porosidad mínima en el producto final, que es inferior a aproximadamente un 1 %. Mediante un modo de proceder de este tipo se garantiza que las propiedades mecánicas y/o eléctricas del producto final sean excelentes, ya que no están presentes, o solo en una medida muy pequeña, poros que influyen en estas propiedades.

35 Para alcanzar la alta velocidad de enfriamiento y garantizar adicionalmente una larga vida útil del molde de colada 7, este se compone de un material termoconductor con propiedades mecánicas apropiadas. El molde de colada 7 se compone de un material que presenta una buena conductividad térmica, o incluso mejor que la del propio material de colada. El material para el molde de colada 7 tiene una conductividad térmica promedio que asciende a no menos de unos 100 W/(m·K). Por ejemplo, para el molde de colada 7 puede utilizarse una aleación de cobre, tal como CuNi₂SiCr.

45 La cara interna que entra en contacto con el material de colada está recubierta ventajosamente con un material que es químicamente inactivo con respecto al material de colada metálico. De este modo pueden mejorarse las condiciones de humectación. Además, de este modo se evita una unión metalúrgica entre el molde de colada 7 y el material de colada metálico.

50 Como recubrimiento para la cara interna del molde de colada 7 se considera, por ejemplo, CrN o grafito, que evita de manera fiable una unión metalúrgica entre el material del molde de colada 7 y el material de colada. A este respecto, el grafito puede colocarse fácilmente en el molde de colada 7.

Resulta ventajoso que como material de colada se utilice cobre puro o aleaciones de cobre, que tienen un alto punto de fusión de más de unos 1035 °C y se emplean para aplicaciones eléctricas.

55 El material de colada se funde mediante inducción. Este proceso de fusión puede realizarse sin o bajo atmósfera de gas inerte. Sin embargo, también es posible fundir el material en un horno de resistencia eléctrica o en un horno calentado por gas.

60 Dado que el molde de colada 7 está fabricado a partir de un material con buena conductividad térmica buenas propiedades mecánicas, por ejemplo una aleación de cobre, se evitan grietas por calor. El molde de colada 7 y el material de colada tienen aproximadamente la misma conductividad térmica. Resulta ventajoso que el material del molde de colada 7 tenga incluso una conductividad térmica superior que la del propio material de colada. Se ha demostrado que, entonces, el molde de colada 7 tiene una vida útil larga y no aparecen grietas dañinas.

65 Gracias a la configuración descrita del molde de colada 7 y al modo de procedimiento se consigue que el producto final dotado del material de colada no presente nada o solo muy poca porosidad. A este respecto, el material de

colada no tiene que calentarse fundamentalmente por encima del punto de fusión del material de colada. El sobrecalentamiento no asciende a más de aproximadamente un 15 % a aproximadamente un 20 % del punto de fusión del respectivo material de colada. Debido a la conductividad térmica descrita del molde de colada 7 se obtiene de la manera descrita una vida útil larga del molde de colada, porque se evitan grietas. Además, el material de colada solidificado, gracias a la interacción descrita de la tasa de enfriamiento alta y el sobrecalentamiento reducido del material de colada durante el proceso de colada, presenta solo una porosidad reducida. La alta tasa de enfriamiento conduce además a una estructura de grano muy fino en el material de colada, con lo cual se mejoran las propiedades mecánicas y se consigue una muy alta conductividad eléctrica.

10 A continuación se describe el procedimiento, a modo de ejemplo, por medio de diversos ejemplos de realización.

En una primera forma de realización se fundieron 3 kg de cobre en un horno de inducción bajo atmósfera de gas protector. El gas protector evita una oxidación del cobre. Como gas protector se consideran, a modo de ejemplo, argón o nitrógeno. El horno de inducción estaba conectado a una máquina de colada a presión convencional, en la que estaba instalado un molde de colada, que estaba compuesto de un material con buena conductividad térmica. Este material tenía una conductividad térmica promedio que no se situaba por debajo de $100 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Para los anillos de cortocircuito 5, 6 se previeron en el molde de colada 7 las cavidades 12, 13, que presentaban un diámetro exterior de 103 mm, un diámetro interior de 57 mm y una altura de 10 mm. En el paquete de chapas 4 estaban previstas 28 ranuras 2, destinadas a llenarse con el material de colada. La superficie total del material de colada que se encuentra en las ranuras 2 ascendió por tanto a $2853,6 \text{ mm}^2$.

Tras la inserción del paquete de rotor 4 en el molde de colada 7 se introdujo el cobre fundido en las ranuras 2 así como en las cavidades 12, 13. El cobre fundido se calentó a no más de aproximadamente un 15 % a un 20 % de su punto de fusión y se introdujo bajo presión en el molde de colada 7. El calor se disipó a través del material del molde de colada 7.

El paquete de rotor 4 colado tenía una porosidad promedio de menos de un 1 % en ambos anillos de cortocircuito 5, 6 así como en el interior de las ranuras 2.

Tras más de 100 tiradas no se constató en la cara superior del molde de colada 7 ninguna grieta, mientras que en moldes de colada convencionales de acero resistente a altas temperaturas eran visibles grietas tras 25 tiradas. Tras 50 tiradas, el molde de colada convencional ya no pudo seguir utilizándose.

La tasa de enfriamiento en este ejemplo de realización ascendió a 10^3 K/s .

En un segundo ejemplo de realización se fundieron 10,1 kg de cobre en un horno de inducción sin atmósfera de gas protector. Por lo demás, se usó el mismo molde de colada y el mismo procedimiento que en el primer ejemplo de realización. El cobre fundido se sobrecalentó solo aproximadamente un 15 % a aproximadamente un 20 % de su temperatura de fusión. El cobre fluido no se introdujo previamente en el molde de colada durante la primera fase de colada.

También en este ejemplo de realización consiguió una porosidad muy baja en los anillos de cortocircuito 5, 6 así como del cobre en las ranuras 2. La velocidad de enfriamiento ascendió igualmente a 10^3 K/s .

En un tercer ejemplo de realización se fundieron 11 kg de cobre mediante inducción sin atmósfera de gas protector. En cuanto el cobre hubo alcanzado la temperatura de colada, se aleó con un agente desoxidante (2,5 g de Li). Como desoxidantes se consideran, por ejemplo, boro, fósforo o un metal alcalino. Mediante este agente desoxidante se evitó una oxidación adicional del cobre. Gracias a la adición del agente desoxidante pudo mantenerse el cobre fundido a la temperatura de colada durante, por ejemplo, más de 15 minutos, sin que se oxidara el cobre fundido. Este modo de proceder es apto para grandes cantidades de masa fundida, que pueden usarse durante más tiempo, sin que exista el riesgo de oxidación.

Por lo demás, el procedimiento se realizó conforme al primer ejemplo de realización.

En el procedimiento de colada a presión, el molde de colada puede estar dispuesto en vertical o en horizontal.

El material fundido también puede introducirse mediante colada centrífuga.

Si se trata de productos grandes, puede utilizarse entonces también el procedimiento de colada en coquilla.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para la fabricación de productos que presentan cobre o aleaciones de cobre, para aplicaciones eléctricas, en el que se funde el cobre o la aleación de cobre y se coloca en un molde de colada (7) en el producto de partida, usándose material de colada con un punto de fusión superior a 1035 °C, sobrecalentándose el material fundido como máximo de un 15 % a un 20 % de su punto de fusión y usándose para el material fundido un molde de colada (7) que se compone de un material que presenta una conductividad térmica promedio de más de 100 W/(m·K), caracterizado por que la velocidad de enfriamiento de la masa fundida es mayor o igual que 10^3 K/s.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la desoxidación de la masa fundida se realiza con un agente desoxidante.
- 15 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que el material de colada se funde bajo atmósfera de gas protector.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el material de colada fundido se introduce mediante un procedimiento de colada a presión.
- 20 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el material de colada fundido se introduce mediante colada centrífuga.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el material de colada fundido se introduce mediante colada en coquilla.
- 25 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que el material de colada se funde en un horno de inducción.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que el material de colada se funde en un horno de resistencia eléctrica.
- 30 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que el material de colada se funde en un horno calentado por gas.
- 35 10. Producto, fabricado mediante el procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, que presenta cobre o aleaciones de cobre fundidos, caracterizado por que la porosidad del material de colada solidificado asciende a un máximo de $1,5 \frac{V_{\text{poros}}}{V_{\text{material de colada}}}$ en porcentaje.

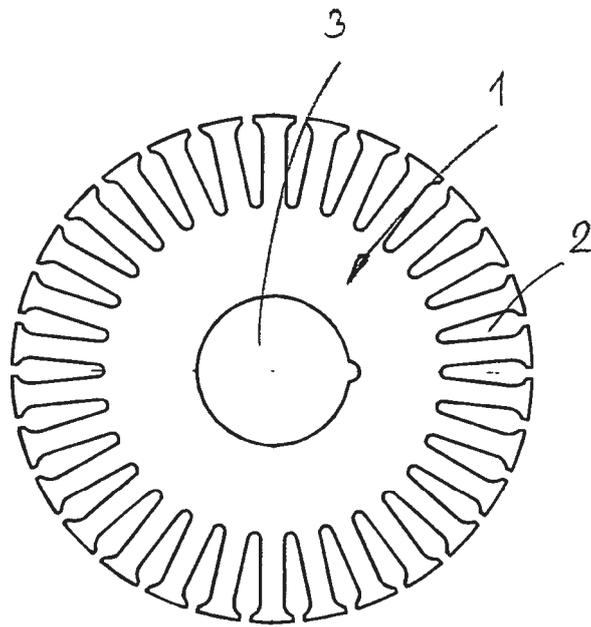


Fig. 1

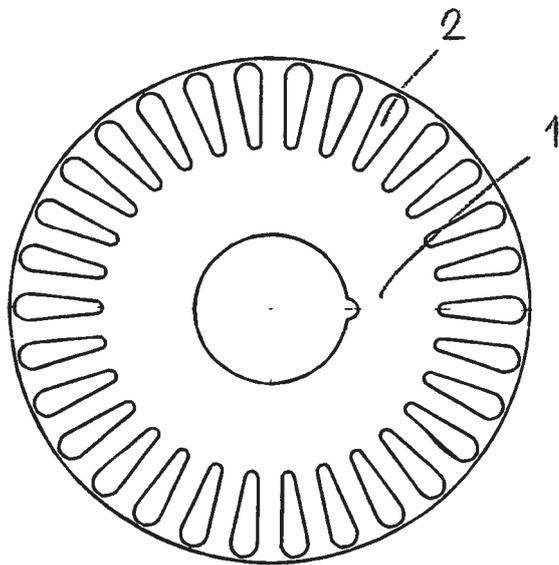


Fig. 2

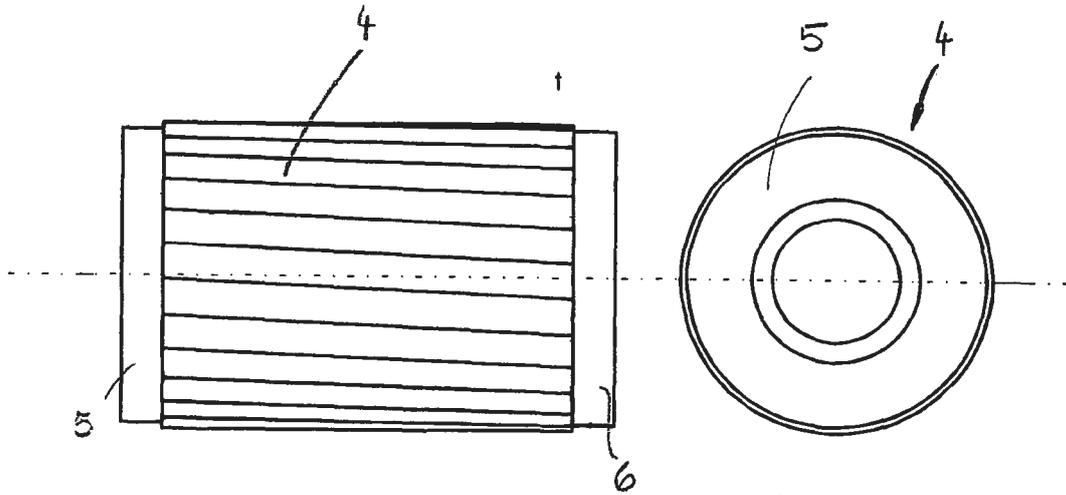


Fig. 3

Fig. 4

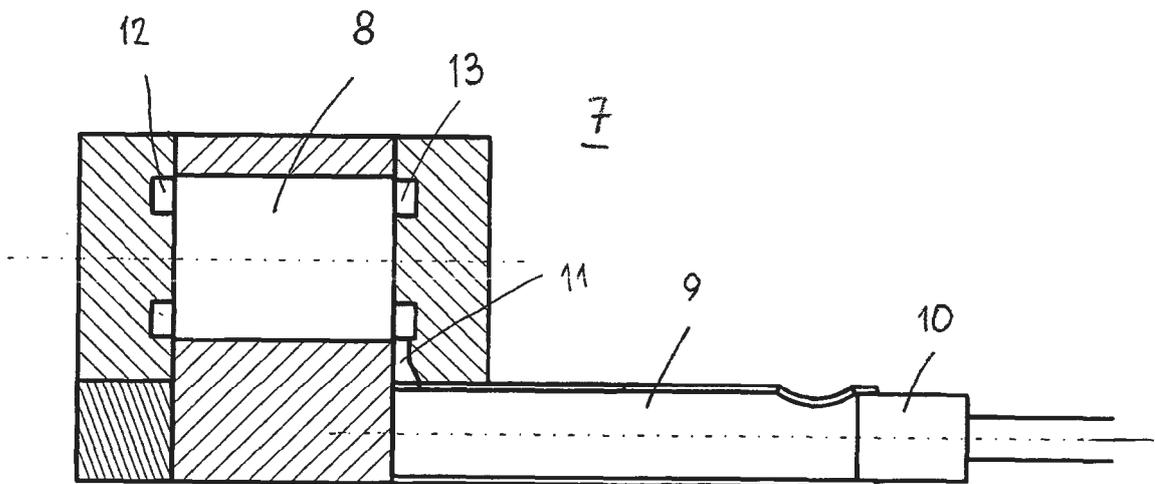


Fig. 5

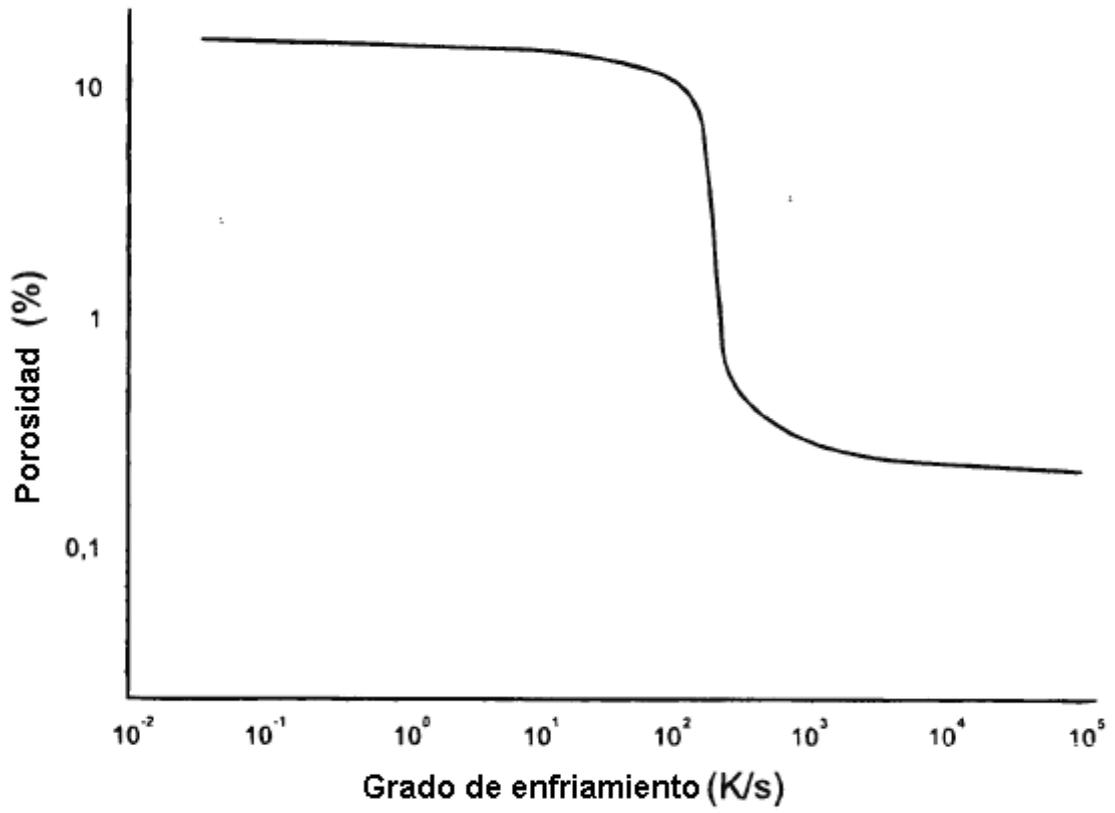


Fig. 6