(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 802 177**

(51) Int. CI.:

C23C 16/26 (2006.01)
C23C 16/34 (2006.01)
C23C 16/04 (2006.01)
B22C 3/00 (2006.01)
B22C 9/12 (2006.01)
B22C 9/06 (2006.01)
B22D 11/059 (2006.01)
B22D 15/00 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.09.2015 PCT/EP2015/070435**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **24.03.2016 WO16041809**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.09.2015 E 15770460 (2)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.05.2020 EP 3194636**

(54) Título: **Molde de fundición y procedimiento de fabricación**

(30) Prioridad:

15.09.2014 DE 102014218449

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.01.2021

(73) Titular/es:

SCHUNK KOHLENSTOFFTECHNIK GMBH (100.0%)
Rodheimer Strasse 59
35452 Heuchelheim, DE

(72) Inventor/es:

GALLE, JOHANNES y
MARKOVIC, MILISAV

(74) Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

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

Molde de fundición y procedimiento de fabricación

La invención se refiere a un procedimiento de fabricación de un molde para fundición de metal así como a un molde de fundición, en particular una coquilla de colada continua o similar, en donde el molde de fundición está hecho de un material compuesto predominantemente de carbono, estando el molde de fundición revestido de carbono pirolítico y/o de nitruro de boro.

Estos moldes de fundición son suficientemente conocidos y se usan regularmente para la fabricación de productos semiacabados tales como barras con diferentes perfiles transversales. La fabricación de los productos semiacabados de este tipo se realiza fundiendo el metal en un crisol o vertiendo el metal fundido en el crisol, estando formada en el crisol una abertura con una coquilla de colada continua. El metal plastificado en la coquilla se extrae continuamente de la coquilla de colada continua. Una coquilla de colada continua puede estar hecha enteramente de un material compuesto predominantemente de carbono o enteramente de carbono o grafito, en particular en la fabricación de productos semiacabados de metales no ferrosos con secciones transversales más pequeñas, en donde la forma geométrica de una abertura formada por la coquilla de colada continua corresponde a una sección transversal de un producto semiacabado fabricado.

La propia coquilla de colada continua se forma a partir de un bloque de grafito mediante mecanizado con virutaje, por ejemplo, torneado o fresado. Una desventaja de las coquillas de colada continua conocidas es que se desgastan de manera comparativamente rápida y tienen que ser reemplazados regularmente. La sustitución de una coquilla de colada continua es particularmente compleja, ya que un proceso de colada continua tiene que ser interrumpido durante un largo período de tiempo para desmontar el molde de colada continua. Entre otras cosas, el desgaste se produce porque tiene lugar un corrosión, debida al metal fundido, de la coquilla de colada continua que está hecha de grafito. Además, el metal líquido o los componentes de aleación del metal líquido pueden difundirse en el grafito de la coquilla de colada continua o a través de la coquilla de grafito. Los gases contenidos en el metal fundido o los gases del proceso o de un entorno también pueden contribuir a la rápida corrosión de la coquilla de grafito. Una de las consecuencias de esto es que la calidad de la superficie y la precisión dimensional del producto semiacabado producido se deterioran en el curso del ciclo de vida de una coquilla de colada continua. Si la calidad de un producto semiacabado producido ya no es aceptable, es necesario sustituir la coquilla de colada continua. Problemas similares pueden ocurrir también con los moldes permanentes hechos de grafito.

El documento AT 322 128 B revela un proceso para fabricar un molde de fundición o una coquilla de colada continua de grafito, en donde el cuerpo de grafito del molde de colada continua está recubierto de carbono pirolítico o de nitruro de boro. El revestimiento pirolítico se aplica mediante un proceso de CVD a una temperatura de 1700 a 2300 °C. Se hace especial referencia a las ventajas del revestimiento pirolítico, tal como la conductividad térmica y la superficie casi libre de poros. El nitruro de boro se menciona como una alternativa al carbono pirolítico.

El documento GB 2 171 039 A se refiere a un molde de fundición de grafito que está recubierto por medio de un proceso de CVD a una temperatura de 900 a 950 °C. El molde de fundición puede ser principalmente de grafito y el grosor del revestimiento puede variar de 20 a 80 µm.

El documento WO 02/095080 A2 revela un molde de fundición de grafito, recubierto con una capa de grafito pirolítico de 0,1 a 5 mm de espesor. Aquí también se usa un proceso de CVD con una temperatura de 1700 a 2200 °C para el recubrimiento. También está previsto un posterior recocido a 2600 °C. La porosidad de la capa de grafito es inferior al 1 %.

Por lo tanto, la presente invención tiene como objetivo proponer un procedimiento de fabricación de un molde de fundición, un molde de fundición así como el uso de dicho molde de fundición, con el que se pueda llevar a cabo un proceso de fundición de manera más económica.

Este objetivo se consigue mediante un proceso con las características de la reivindicación 1, un molde de fundición con las características de la reivindicación 8 y el uso de un molde con las características de la reivindicación 16.

En el procedimiento según la invención para fabricar un molde de fundición para colada de metal, en particular una coquilla de colada continua o similar, el molde de fundición está hecho de un material que consiste predominantemente en carbono, estando el molde de fundición revestido de carbono pirolítico y/o de nitruro de boro, aplicándose un revestimiento del molde de fundición a una temperatura de 500 °C a 1900 °C, en donde durante la duración de un proceso de revestimiento del molde de fundición el revestimiento se aplica dentro de una primera sección del proceso por un procedimiento CVI a una primera temperatura, y posteriormente dentro de una segunda sección de proceso por un procedimiento CVD a una segunda temperatura, en donde la primera sección de proceso se selecciona más larga que la segunda sección de proceso y la primera temperatura se selecciona más baja que la segunda temperatura.

El molde de fundición, según la invención, es inicialmente en su totalidad del material que consiste predominantemente en carbono, de tal manera que el molde de fundición es un cuerpo que consiste en este material. El cuerpo tiene una

estructura porosa debido al proceso de fabricación y una orientación homogénea de la estructura cristalina del material. De esta manera, una superficie del cuerpo también es porosa, lo que aumenta la superficie total. Por lo tanto, la estructura porosa permite que el metal fundido o sus componentes se difundan en el material del molde de fundición, por lo que este último también puede corroerse fácilmente debido a la superficie ampliada. Dado que con el procedimiento según la invención el molde de fundición está recubierto de carbono pirolítico y/o de nitruro de boro, los poros existentes del cuerpo del molde de fundición pueden ser cerrados o sellados formando una capa o recubrimiento suplementario. También el cuerpo del molde de fundición hecho del material puede ser fácilmente recubierto con carbono pirolítico o nitruro de boro en un proceso de recubrimiento, presentando estos materiales una alta resistencia mecánica y química. El revestimiento reduce significativamente la superficie del cuerpo expuesta al metal líquido o a los gases, haciendo que el molde sea más resistente a la corrosión. En particular, el carbono pirolítico tiene un grado de cristalización diferente y una tasa de oxidación y de grabado inferior a la del grafito, por ejemplo, que por sí solo mejora la resistencia a la corrosión. Con los recubrimientos de este tipo también se forma una barrera de difusión frente a la masa fundida o a sus componentes. Esto da lugar a una vida útil considerablemente más larga del molde de fundición, con lo cual, por ejemplo, al usar el molde de fundición como una coquilla de colada continua, se pueden realizar intervalos de cambio más largos, lo que, en consecuencia, conduce a una reducción de los costes de un proceso de fabricación y de los productos de fundición de metal. El proceso de fabricación en su conjunto también se hace más rentable porque se pueden fabricar más piezas de metal con un solo molde.

El procedimiento según la invención puede ser usado para fabricar una coquilla de colada continua.

Sin embargo, el procedimiento no se limita únicamente a las coquillas de colada continua, ya que todos los moldes de fundición que consisten en un cuerpo de grafito o están formados por partes individuales hechas principalmente de material de carbono pueden ser fabricados con el procedimiento de acuerdo con la invención. El molde también puede estar hecho completamente de carbono y preferiblemente de grafito.

En una forma de realización del procedimiento puede estar previsto que el molde de fundición sea cubierto con una capa superficial de carbono pirolítico. Por consiguiente, la superficie del cuerpo del molde de fundición puede estar provista de una capa superficial suplementaria aplicada a la superficie, que cubre y cierra los poros del grafito del cuerpo. También es particularmente ventajoso que el revestimiento consista entonces en carbono pirolítico o grafito pirolítico, ya que entonces puede tratarse esencialmente del mismo material que el del cuerpo del molde.

Además, el molde también puede estar infiltrado con carbono pirolítico, por lo que el carbono pirolítico o el grafito pirolítico penetran primero en los poros del cuerpo del molde de fundición y los llena esencialmente por completo. El carbono pirolítico sólo penetra entonces en el cuerpo del molde de fundición hasta cierta profundidad, de modo que se forma una capa de infiltración de la capa o del revestimiento. Esto permite que el revestimiento se una todavía más íntimamente con el cuerpo del molde de fundición. Una infiltración por sí sola puede así formar una capa en el cuerpo o un revestimiento en el cuerpo del molde de fundición.

Según la invención, el molde de fundición se recubre mediante un proceso de CVD (deposición química de vapor) y un proceso de CVI (infiltración química de vapor). En particular, si el grafito del molde de fundición es poroso, el cuerpo del molde de fundición no solo puede ser revestido en la superficie sino que también puede infiltrarse muy fácilmente. Está previsto usar primero el procedimiento de CVI y después el procedimiento de CVD.

Así, al recubrir el molde de fundición o el cuerpo del molde de fundición, los poros en el grafito del molde de fundición se pueden llenar con el carbono pirolítico. Se puede formar una barrera de difusión y aumentar la resistencia a la corrosión llenando los poros.

Según la invención, el procedimiento consiste en aplicar un revestimiento al molde de fundición o al cuerpo del molde de fundición a una temperatura de 500 °C a 1900 °C. Así, es posible aplicar el revestimiento del molde de fundición incluso a temperaturas comparativamente bajas, con lo cual el procedimiento puede llevarse a cabo de manera más fácil y barata.

Preferentemente, mediante el procedimiento se puede aplicar un recubrimiento al molde de fundición o al cuerpo del molde de fundición a una temperatura de 600 °C a menos de 1700 °C.

Según la invención también está previsto que durante la duración del proceso de un revestimiento del molde de fundición o del cuerpo del molde de fundición, el revestimiento se aplica a una primera temperatura dentro de un primer paso del proceso y posteriormente a una segunda temperatura dentro de un segundo paso del proceso, seleccionándose el primer paso del proceso para que sea más largo que el segundo paso del proceso y seleccionándose la primera temperatura para que sea más baja que la segunda. Así, es posible, por ejemplo, infiltrar primero el cuerpo del molde de fundición con, por ejemplo, carbono pirolítico, con lo que la infiltración puede realizarse ventajosamente a lo largo de un período de proceso comparativamente largo a una temperatura de proceso baja. Se puede aplicar a continuación un revestimiento externo en una superficie del cuerpo del molde de fundición elevando la temperatura del proceso al segundo nivel de temperatura. La segunda etapa del proceso, que se lleva a cabo a la temperatura de proceso aumentada, puede entonces ser comparativamente más corta. Por ejemplo, también un

revestimiento de carbono pirolítico podría aplicarse fácilmente de esta manera dentro de un proceso de revestimiento ininterrumpido.

Además, un tratamiento térmico posterior, como por ejemplo post-recocido, post-grafitización, etc., puede ser omitido después de que el recubrimiento haya sido aplicado. Ya no es necesario un tratamiento posterior del molde de fundición, que también puede superar una temperatura de proceso seleccionada.

El molde de fundición para la fundición de metal según la invención, en particular una coquilla de colada continua o similar, está hecho de un material compuesto predominantemente de carbono, recubriéndose el molde de fundición con carbono pirolítico y/o nitruro de boro, aplicándose un recubrimiento del molde de fundición a una temperatura de 500 °C a 1900 °C, en donde durante la duración de un proceso de revestimiento del molde de fundición el revestimiento se aplica dentro de una primera sección de proceso mediante un procedimiento CVI a una primera temperatura, y posteriormente dentro de una segunda sección de proceso mediante un procedimiento CVD a una segunda temperatura, seleccionándose la primera sección de proceso más larga que la segunda sección de proceso y seleccionándose la primera temperatura s más baja que la segunda temperatura. En cuanto a las ventajas de un molde de fundición construido de esta manera, se hace referencia a la descripción de las ventajas del procedimiento según la invención.

El molde de fundición puede estar hecho en una sola pieza o en varias. Esto significa que un cuerpo del molde de fundición, hecho por ejemplo de carbono o de grafito, puede hacerse de una sola pieza, por lo que el molde de fundición también puede formarse a partir de varios cuerpos de grafito, que pueden montarse para formar un molde de fundición. Es esencial que el molde de fundición o el cuerpo del molde de fundición no sean sólo un revestimiento de un cuerpo moldeado de metal o de otros materiales, sino un objeto geométrico o un cuerpo moldeado tridimensionales.

El molde de fundición puede estar configurado de tal manera que una superficie del molde esté completamente cubierta. Alternativamente, pueden recubrirse solo las áreas de la superficie del molde de fundición que pueden entrar en contacto con el metal líquido. Las zonas de la superficie del molde de fundición que no entran en contacto con el metal líquido no tienen que ser necesariamente recubiertas. Esto puede simplificar el proceso de recubrimiento del molde de fundición.

Se puede formar una capa superficial del revestimiento del molde de fundición con un grosor de capa de 5 µm a 500 µm, preferentemente de 5 µm a 100 µm, y de manera particularmente preferente de 5 µm a 50 µm. Una capa superficial se refiere entonces a una capa o un revestimiento aplicados a la superficie de un cuerpo del molde de fundición, por lo que incluso una capa superficial de 5 µm puede tener un efecto notable con respecto a la formación de una barrera de difusión y a la mejora de la resistencia a la corrosión. Por lo tanto, no es necesario aplicar capas superficiales más gruesas al molde de fundición en cuestión.

Una capa superficial del revestimiento del molde de fundición o del cuerpo del molde de fundición puede estar hecha de carbono anisotrópico. Por ejemplo, se puede optimizar la resistencia requerida para el revestimiento y al mismo tiempo la capa en cuestión puede ser comparativamente delgada. El carbono anisotrópico también puede mejorar la resistencia a la corrosión de la capa superficial.

Además, se puede formar una capa de infiltración del revestimiento del molde de fundición o del cuerpo del molde de fundición con un espesor de capa de al menos 1 µm a 100 µm, preferentemente de hasta 500 µm, y en particular preferentemente de hasta 2500 µm. La capa de infiltración se refiere entonces a una capa o un revestimiento que se forma debajo de la superficie del cuerpo del molde de fundición y dentro del cuerpo. También aquí es posible formar una barrera de difusión con una capa de infiltración comparativamente fina y lograr una resistencia a la corrosión notablemente mejorada del cuerpo del molde de fundición. En principio, sin embargo, es ventajoso obtener una capa de infiltración que se extienda lo más profundamente posible en el cuerpo.

Además, puede estar prevista una capa de infiltración cristalina más que una capa superficial del revestimiento del molde de fundición. La formación cristalina fina da como resultado una resistencia química particularmente buena.

El revestimiento puede tener una porosidad de menos del 1 %, preferiblemente de menos del 0,1 %, y de manera particularmente preferente del 0 %. Con una porosidad de esencialmente el 0 %, el revestimiento puede ser particularmente hermético al gas, es decir, puede formar una barrera de difusión muy eficaz.

El revestimiento puede estar configurado ventajosamente como una capa de protección contra la corrosión. De este modo se aumenta considerablemente la vida útil del molde de fundición, sobre todo si se trata de una coquilla de colada continua.

Otras formas de realización ventajosas de un molde de fundición resultan de las descripciones de las características de las reivindicaciones dependientes referidas a la reivindicación del procedimiento 1.

Según la invención, el molde de fundición según una de las reivindicaciones 11 a 19 se usa para fabricar un producto

de fundición hecho de metal, fabricándose el producto colado con el molde de fundición. El producto fundido puede ser, en particular, un producto semiacabado, preferiblemente de un metal no ferroso.

Una forma de realización preferente de la invención se explica más detalladamente a continuación con referencia a los dibujos adjuntos.

Se muestra:

Fig. 1 una vista de sección longitudinal de una coquilla de colada continua;

Fig. 2 una vista detallada de un revestimiento;

Fig. 3 una representación en un diagrama de un proceso de recubrimiento.

La figura 1 muestra una coquilla de colada continua 10, tal como se usa habitualmente para la fabricación de productos semiacabados de metales no ferrosos en el procedimiento de fundición continua. La coquilla de colada continua 10 está hecha de una sola pieza a partir de un cuerpo 11, que es de grafito. El cuerpo 11 es rotacionalmente simétrico y tiene un agujero pasante 12. En uno de los extremos del crisol 13 del cuerpo 11, hay formado un hilo interno 14 en la abertura de paso 12, por medio del cual se puede montar la coquilla de colada continua 10 firmemente en un crisol que no se muestra con más detalle aquí. El extremo de tracción 15 del cuerpo 11 está diseñado para ser libre, es decir, que no se puede unir. El cuerpo 11 aquí tiene una pared cónica truncada en forma de cono 16. Una de las superficies 17 de la coquilla de colada continua 10 está cubierta en particular con carbono pirolítico.

Para fabricar una barra redonda de metal no ferroso, tal como el latón o el bronce, que no se muestra aquí, el metal líquido fluye hacia la abertura 12 al final del crisol 13 y se solidifica dentro del cuerpo 11 de la coquilla de colada continua, de modo que el metal entonces plastificado puede ser extraído de la coquilla de colada continua 10 en el extremo de tracción 15.

La Fig. 2 muestra una ampliación del revestimiento 18 de la coquilla de colada continua 10 o del cuerpo 11 en el área de la superficie 17. El revestimiento 18 comprende una capa superficial 19 y una capa de infiltración 20. El cuerpo 11 tiene un gran número de poros 21 que, si no están recubiertos, permitirían la difusión en el cuerpo 11 del metal fundido o de los componentes fundidos. Dentro de la capa de infiltración 20, el cuerpo 11 o los poros situados allí y que ya no se ven aquí, se infiltran y se llenan sustancialmente por completo de carbono pirolítico como resultado de un procedimiento de recubrimiento aplicado. La capa superficial 19 se aplica al cuerpo 11 o a una superficie 22 formada antes del recubrimiento del cuerpo 11. La capa superficial 19 es anisotrópica y tiene una porosidad de esencialmente el 0 %. La capa de infiltración 20 tiene una cristalización más fina que la capa superficial 19.La figura 3 muestra un diagrama de un proceso de revestimiento de la coquilla de colada continua 10. Durante el transcurso de un tiempo t del proceso de revestimiento de la coquilla de colada continua 10 o del cuerpo 11, la temperatura T1 dentro de una primera sección de proceso P1 es, por ejemplo, de 600 °C, en donde después de la primera sección del proceso P1 sigue una segunda sección del proceso P2, en la que se aplica una segunda temperatura T2 de, por ejemplo, 1700 °C. Durante la primera sección de proceso P1 se forma la capa de infiltración 20, mientras que durante la segunda sección de proceso P2 se forma la capa superficial 19. Un procedimiento de CVI o un procedimiento de CVD están previstos como un procedimiento de recubrimiento.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de fabricación de un molde de fundición (10) para la fundición de metales, en particular de una coquilla de colada continua, en el que el molde de fundición se forma a partir de un material compuesto predominantemente de carbono, en donde el molde de fundición se recubre con carbono pirolítico y/o nitruro de boro, **caracterizado porque,**
se aplica un revestimiento (18) del molde de fundición a una temperatura de 500 °C a 1900 °C, en donde durante el transcurso de un proceso de un revestimiento del molde de fundición el revestimiento se aplica dentro de una primera sección de proceso (P1) con un procedimiento CVI a una primera temperatura (T1), y a continuación dentro de una segunda sección de proceso (P2) con un procedimiento CVD a una segunda temperatura (T2), en donde la primera sección de proceso se selecciona más larga que la segunda sección de proceso y la primera temperatura se selecciona más baja que la segunda temperatura.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el molde de fundición (10) está hecho de carbono.

3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque el molde de fundición (10) está hecho de grafito.

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el molde de fundición (10) está recubierto de una capa superficial (19) de carbono pirolítico.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el molde de fundición (10) está infiltrado con carbono pirolítico.

6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los poros (21) del grafito del molde de fundición (10) se cierran o se llenan con el carbono pirrolítico durante un recubrimiento del molde de fundición (10).

7. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque no se realiza ningún tratamiento térmico posterior después de la aplicación del revestimiento (18).

8. Molde de fundición para la fundición de metales, en particular una coquilla de colada continua, en donde el molde de fundición está hecho a partir de un material compuesto predominantemente de carbono, estando el molde de fundición (10) recubierto de carbono pirolítico y/o de nitruro de boro, **caracterizado porque** hay aplicado un revestimiento (18) del molde de fundición a una temperatura de 500 °C a 1900 °C, aplicándose en el transcurso de un proceso de un revestimiento del molde de fundición el revestimiento dentro de una primera sección de proceso (P1) con un procedimiento CVI a una primera temperatura (T1), y a continuación dentro de una segunda sección de proceso (P2) con un procedimiento CVD a una segunda temperatura (T2), en donde la primera sección de proceso se selecciona más larga que la segunda sección de proceso y la primera temperatura se selecciona más baja que la segunda temperatura.

9. Molde de fundición según la reivnidicación 8,
caracterizado porque
el molde de fundición (10) está hecho en una sola pieza o en varias.

10. Molde de fundición según las reivindicaciones 8 o 9,
caracterizado porque
una superficie (17) del molde de fundición (10) está completamente recubierta.

11. Molde de fundición según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10,
caracterizado porque
hay formada una capa superficial (19) del revestimiento (18) del molde de fundición (10) con un espesor de capa de 5 µm a 500 µm, preferentemente de 5 µm a 100 µm y en particular preferentemente de 5 µm a 50 µm.

12. Molde de fundición según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11,
caracterizado porque
una capa superficial (19) del revestimiento (18) del molde de fundición (10) está hecha de carbono anisotrópico.

13. Molde de fundición según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12,
caracterizado porque
hay formada una capa de infiltración (20) del revestimiento (18) del molde de fundición (10) con un espesor de capa de al menos 1 µm a 100 µm, preferentemente de hasta 500 µm, y en particular preferentemente de hasta 2500 µm.

14. Molde de fundición según una de las reivindicaciones 8 a 13,
caracterizado porque
el revestimiento (18) tiene una porosidad de menos del 1 %, preferiblemente de menos del 0,1 %, y en particular preferentemente del 0 %.

15. Molde de fundición según una de las reivindicaciones 8 a 14,
caracterizado porque
el revestimiento (18) está formado como una capa de protección contra la corrosión.

16. Uso de un molde de fundición (10) según una de las reivindicaciones 8 a 15 para la fabricación de un producto de fundición hecho de metal, en particular un producto semiacabado, en donde el producto de fundición se fabrica con el molde de fundición.

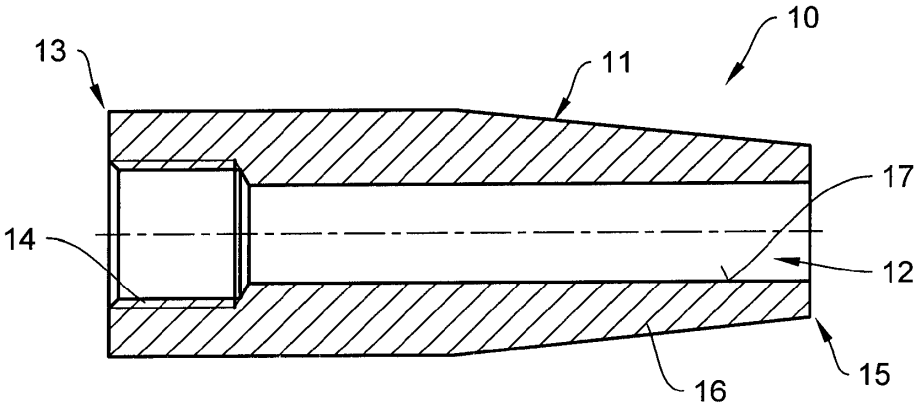

Fig. 1

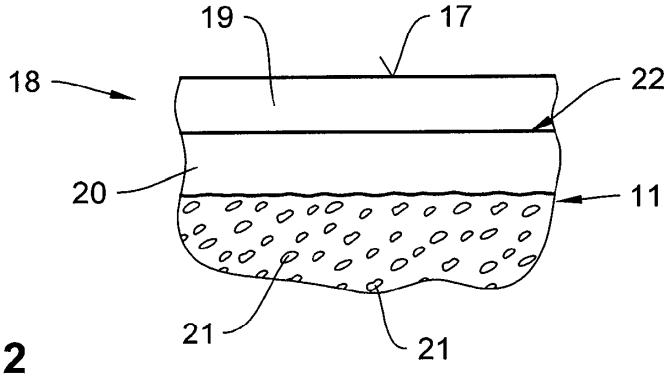

Fig. 2

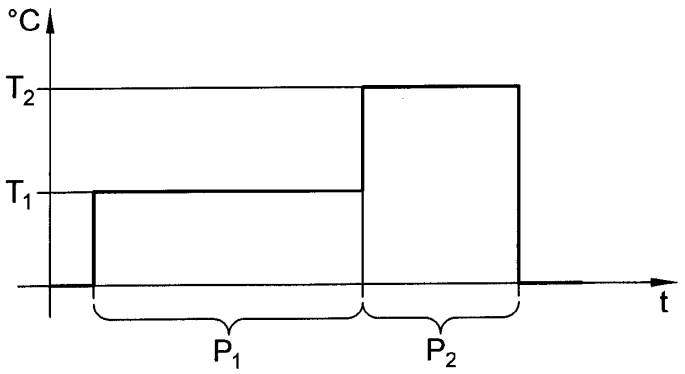

Fig. 3