

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 393 415**

51 Int. Cl.:

**B22D 27/04** (2006.01)

**C30B 11/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08004045 .4**

96 Fecha de presentación: **05.03.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2098314**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **09.09.2009**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la fabricación de cuerpos de fundición metálicos según el procedimiento de fundición de precisión**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:

**21.12.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:

**21.12.2012**

73 Titular/es:

**TITAL GMBH (100.0%)  
KAPELLENSTRASSE 44  
59909 BESTWIG, DE**

72 Inventor/es:

**RODEHÜSER, HELMUT;  
STEINRÜCKEN, ULRICH;  
NICOLAI, HANS-PETER y  
HENNEKE, DIETMAR**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 393 415 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 y dispositivo para la fabricación de cuerpos de fundición metálicos según el procedimiento de fundición de precisión.

5 La invención se refiere a un procedimiento según la reivindicación 1, así como a un dispositivo según la reivindicación 6 para la fabricación de cuerpos de fundición metálicos según el procedimiento de fundición de precisión, especialmente de cuerpos de fundición hechos de aluminio o de aleaciones que contienen aluminio. Algunas variantes ventajosas se indican en las reivindicaciones subordinadas.

10 Procedimientos para la fabricación de cuerpos de fundición metálicos según el procedimiento de fundición de precisión se conocen por el estado de la técnica. Para la fabricación de cuerpos de fundición mediante el procedimiento de fundición de precisión, generalmente, de un objeto que ha de ser colado se elabora un modelo de cera que a continuación se envuelve con una cáscara cerámica. Esto puede realizarse, por ejemplo, mediante la inmersión del modelo de cera en barbotinas cerámicas adecuadas. También se pueden aplicar sucesivamente diferentes barbotinas. A continuación, el modelo de cera se extrae por fusión y se cuece al horno. De esta manera, se obtiene un molde de fundición poroso en el que pueden colarse masas fundidas metálicas. Tras la solidificación de la masa fundida metálica se destruye el molde de fundición y se puede extraer el cuerpo de fundición. El procedimiento descrito anteriormente permite también la fabricación de cuerpos de fundición más complejos.

15 Una desventaja de la técnica de fundición descrita es que los moldes de fundición cerámicos tienen una mala termoconductividad, por lo que contribuyen a un tiempo de solidificación relativamente largo y no regulado de la masa fundida metálica en el molde de fundición. Sin embargo, por la solidificación y el enfriamiento lentos, en función del metal que ha de ser fundido resulta una formación con granos relativamente gruesos, que puede conducir a propiedades mecánicas reducidas.

20 Para mejorar la menor termoconductividad de los moldes de fundición cerámicos, en el documento DE3629079 se propone incorporar en los moldes de fundición cerámicos insertos en forma de bolsas que antes de introducir la masa fundida metálica se llenan con granalla de acero como medio refrigerante. Por su buena termoconductividad y su elevada capacidad térmica, la granalla de acero proporciona una mejor evacuación del calor del molde de fundición.

25 El documento EP1076118A da a conocer un procedimiento, así como un dispositivo para la fabricación de cuerpos de fundición endurecidos de forma direccional. Está previsto descender el cuerpo de fundición a un baño de enfriamiento para conseguir un endurecimiento selectivo. La parte del molde de fundición, situada por encima del baño de enfriamiento, se tempera con una cámara de calefacción que presenta elementos calefactores eléctricos.

30 Con el documento EP0571703 se propone sumergir el molde de fundición cerámico poroso, después de la introducción de la masa fundida metálica, en un baño de enfriamiento que presenta un líquido refrigerante que penetra paulatinamente en la pared cerámica porosa del molde de fundición y cuya temperatura de ebullición es inferior a la temperatura de vertido de la masa fundida metálica. El molde de fundición se sumerge en el medio refrigerante comenzando constantemente desde un extremo, de tal forma que el frente de solidificación, que se forma como superficie límite entre la masa fundida y el metal ya solidificado, y la zona de penetración en la que la pared del molde de fundición es atravesada por todo su grosor por el líquido refrigerante se mueven sustancialmente en la dirección de la superficie de molde de fundición libre, y la velocidad de inmersión del molde de fundición en el líquido refrigerante está elegida de tal forma que, visto en el sentido de movimiento del frente de solidificación, la zona de penetración del líquido refrigerante corre detrás del líquido refrigerante. También puede estar previsto que el molde de fundición y, por tanto, también la masa fundida introducida en el molde de fundición se calienten por encima del nivel de líquido refrigerante mediante una calefacción de resistencia eléctrica para mantener líquida la masa fundida metálica introducida por encima del nivel de líquido refrigerante. Sin embargo, para ello es necesario que para evitar las reacciones del líquido refrigerante empleado con el oxígeno del aire, la instalación se enjuague mediante un gas protector en caso de sobrepresión. Esto requiere un recipiente correspondientemente cerrado. Sin embargo, el procedimiento conocido por el estado de la técnica presenta desventajas, de modo que con la calefacción de resistencia eléctrica empleada, basada en radiación, resulta difícil o incluso imposible mantener el nivel de temperatura deseado para el mantenimiento seguro de la liquidez de la masa fundida metálica por encima del nivel de líquido refrigerante, cuando las dimensiones de la instalación exceden de una medida límite crítica o cuando la geometría de racimo está concebida de tal forma que existen zonas interiores inalcanzables para la radiación, es decir zonas del molde de fundición que por otras zonas del molde de fundición están blindadas contra el calor de radiación irradiado por la calefacción de resistencia eléctrica. Por consiguiente, existe una clara limitación del procedimiento en cuanto al tamaño de las piezas de fundición de precisión que se han de fabricar, así como en cuanto a la geometría de las mismas. Además, la insuflación de gas protector conduce a un efecto de enfriamiento adicional.

55 Por lo tanto, la presente invención tiene el objetivo de proporcionar un procedimiento, así como un dispositivo, con

los que se eviten las desventajas conocidas por el estado de la técnica durante la fabricación de cuerpos de fundición metálicos según el procedimiento de fundición de precisión, especialmente en cuanto al tamaño y la geometría de las piezas de fundición.

5 Este objetivo se consigue mediante un procedimiento para la fabricación de un cuerpo de fundición metálico según el procedimiento de fundición de precisión, en el que el metal que ha de ser colado o la aleación que ha de ser colada se cuela en un molde de fundición cerámico con paredes porosas y, para el enfriamiento y la solidificación de la masa fundida, el molde de fundición se sumerge de forma constante en un medio refrigerante comenzando por un extremo, de tal forma que el frente de solidificación que se forma como superficie límite entre la masa fundida y el metal ya solidificado corre detrás del nivel del medio refrigerante, caracterizándose porque la zona del molde de fundición aún situada por encima del nivel de medio refrigerante se calienta, mediante un gas portador de calor, a una temperatura superior a la temperatura de solididad del metal o la aleación que han de ser colados.

15 El gas portador de calor que ha de emplearse contiene un gas oxidable de forma exotérmica, así como oxígeno. Los gases oxidables de forma exotérmica adecuados son, por ejemplo, el hidrógeno, los hidrocarburos gaseiformes como el metano, el etano, el propano, el butano, el eteno, el acetileno o el monóxido de carbono, así como mezclas de éstos.

Adicionalmente, el gas portador de calor puede contener gases adicionales, como por ejemplo gases inertes, hidrocarburos halogenados, amoníaco, nitrógeno, dióxido de carbono, halogenuros de azufre o mezclas de éstos. Los gases adicionales contenidos en el gas térmico pueden servir de gases protectores o gases inertes para evitar la difusión de hidrógeno a la masa fundida metálica o el cuerpo de fundición.

20 El gas oxidable de forma exotérmica, contenido en el gas portador de calor, se oxida directamente dentro de una campana calentadora, por lo que se calienta la zona del molde de fundición situada por encima del nivel de líquido refrigerante.

25 Según la invención, está previsto que, después de la oxidación exotérmica del gas oxidable de forma exotérmica, contenido en el gas portador de calor, el gas portador de calor se evacua de la campana calentadora junto a componentes eventualmente evaporados del medio refrigerante, y se suministra a una combustión posterior. Puede estar previsto que los gases de escape originados durante la combustión posterior se suministren a un intercambiador térmico que calienta al menos una parte del gas portador de calor fresco que ha de suministrarse a la campana calentadora. De esta manera, se maximiza el uso térmico del contenido en energía del gas oxidable de forma exotérmica, por lo que se reduce la necesidad de gas oxidable de forma exotérmica en el gas portador de calor.

35 Durante la combustión posterior misma se queman restos aún no totalmente oxidados del gas oxidable de forma exotérmica en el gas portador de calor junto a componentes eventualmente evaporados del medio refrigerante, para evitar la salida de gas o componentes de medio refrigerante aún no oxidados. Los gases de escape de la combustión posterior pueden suministrarse a una depuración de gas de escape adecuado tras el aprovechamiento térmico del contenido en energía en el intercambiador térmico.

Según la invención, puede estar previsto que se determine la temperatura dentro de la campana calentadora y se use como magnitud de regulación para el contenido en gas oxidable de forma exotérmica en el gas portador de calor o el contenido de gases adicionales en el gas portador de calor.

40 En una configuración del procedimiento según la invención, el gas oxidable de forma exotérmica se quema mediante quemadores en el marco de una oxidación directa dentro de la campana calentadora. En otra forma de realización de la invención, una campana calentadora presenta al menos dos quemadores o niveles de quemador dispuestos uno encima de otro. Los distintos quemadores pueden ser controlados por separados y pueden sincronizarse en función del estado de funcionamiento de la campana calentadora. Además, puede estar ajustada de manera distinta la proporción de combustión ( $\lambda$ ) de los distintos quemadores. En otra forma de realización del procedimiento según la invención, la proporción de combustión  $\lambda$  de un plano inferior de quemador es  $< 1,0$ , es decir que los quemadores se hacen funcionar con una proporción subestequiométrica de gas/oxígeno, mientras que la proporción de combustión  $\lambda$  del plano superior de quemador es  $> 1,0$ , es decir que los quemadores se hacen funcionar con una proporción de gas/aire sobreestequiométrica.

50 Esta configuración del procedimiento según la invención permite prescindir de una combustión posterior de los gases de escape evacuados de la campana calentadora, ya que, por una parte, la superficie del medio refrigerante, que eventualmente entra en contacto con la campana calentadora, no se oxida debido a la proporción de gas/oxígeno subestequiométrica y, por otra parte, se oxidan directamente en el marco de una combustión componentes oxidables evaporados del baño de medio refrigerante del plano de quemador superior que se hace funcionar con una proporción de gas/aire sobreestequiométrica.

También en la configuración antes descrita del procedimiento según la invención puede estar previsto que, para un mayor aprovechamiento térmico, los gases de escape evacuados de la campana calentadora se suministren a un intercambiador térmico para el calentamiento previo del gas portador de calor.

5 Según la invención, está previsto elegir la composición del medio refrigerante de tal forma que quede excluido el peligro de saltos de llama o deflagraciones.

10 En cuanto al dispositivo, el objetivo en el que está basada la invención se consigue mediante una campana calentadora para la realización de un procedimiento según la invención, que presenta una camisa exterior, una capa aislante, un quemador y al menos una salida, y en el que los quemadores queman un gas portador de calor que contiene un gas oxidable de forma exotérmica, pudiendo evacuarse los gases de escape resultantes a través de la al menos una salida, y en el que los quemadores están dispuestos dentro de la campana calentadora de tal forma que queda garantizada una distribución sustancialmente homogénea dentro de la campana calentadora.

15 En una configuración de la campana calentadora según la invención, los quemadores están dispuestos en al menos dos planos dentro de la campana calentadora. Los quemadores pueden ser controlados individualmente respectivamente. Por controlarse individualmente se entiende que los quemadores no sólo se pueden encender y apagar individualmente, sino que también pueden ser controlados con respecto a la composición y la corriente volumétrica de la mezcla de gas suministrada a ellos.

20 En otra configuración de la campana calentadora según la invención, ésta está configurada de tal forma que puede integrarse en un recipiente conocido por el estado de la técnica para recibir un medio refrigerante en un procedimiento de fundición de precisión, por ejemplo mediante la integración de la campana calentadora en la tapa de tal recipiente.

25 La campana calentadora según la invención puede presentar una zona de combustión posterior en la que pueden someterse a combustión posterior componentes no quemados del gas oxidable de forma exotérmica reaccionado en los quemadores y/o posibles otros componentes gaseiformes del gas de escape evacuado de la campana calentadora. La zona de combustión posterior, o bien, puede encontrarse directamente dentro de la campana calentadora, o bien, puede estar prevista una zona de combustión posterior separada, fuera de la campana calentadora.

Además, dentro de la campana calentadora pueden estar previstas entradas de gas, a través de las cuales en la campana calentadora pueden introducirse gases adicionales como, por ejemplo, gases protectores o inertes.

30 En la campana calentadora según la invención, en una forma de realización, el gas de escape puede hacerse pasar a través de un intercambiador térmico para transmitir al menos una parte de la energía térmica contenida. El calor de escape puede servir tanto para el precalentamiento del aire de combustión necesario en los quemadores, del gas oxidable de forma exotérmica o de los gases adicionales suministrados eventualmente a la campana calentadora a través de las entradas de gas adicionales. No es necesario calentar obligatoriamente la corriente de gas total, sino que puede estar previsto un conducto de derivación para evitar el intercambiador térmico. En esta forma de  
35 realización, la campana calentadora presenta válvulas mezcladoras para ajustar una proporción entre el gas conducido por el intercambiador térmico y el gas frío.

40 La campana calentadora según la invención puede presentar además sensores de temperatura para detectar la temperatura dentro de la campana calentadora. Los sensores de temperatura pueden transmitir una señal de medición correspondiente a la temperatura a un dispositivo de control que en función de la temperatura determinada en la campana calentadora controla los quemadores y/o las válvulas mezcladoras para mezclar gas frío y precalentado.

45 Además, según la invención pueden estar previstos otros dispositivos de medición como, por ejemplo, una sonda lambda para determinar la composición de los gases de escape evacuados de la campana calentadora según la invención que asimismo está unida con el dispositivo de control, de modo que los valores de medición determinados por estos dispositivos de medición pueden servir de magnitud de control para el control de los quemadores y/o las válvulas mezcladoras.

La figura 1 muestra una sección transversal a través de una campana calentadora según la invención.

La figura 2 muestra una sección transversal a través de una campana calentadora según la invención, integrada en un recipiente de medio refrigerante.

50 La figura 3 muestra una sección transversal de una campana calentadora según la invención que presenta una zona de combustión posterior dispuesta fuera de la campana calentadora, así como un intercambiador térmico.

La figura 4 muestra en sección transversal una campana calentadora según la invención en la que los quemadores

están orientados en un ángulo que difiere de la orientación horizontal.

La figura 5 muestra la sección transversal en un plano horizontal de una campana calentadora en la que los quemadores no están dispuestos radialmente en el punto central de la campana calentadora, sino casi tangencialmente en un ángulo diferente.

5 La figura 1 muestra una campana calentadora 1 según la invención para la aplicación en un procedimiento de fundición de precisión del tipo mencionado al principio. La campana calentadora 1 presenta una camisa 2 exterior que en el lado interior está dotada de una capa aislante resistente al fuego. La capa aislante 3 resistente al fuego puede estar formada, por ejemplo, por un recubrimiento cerámico o una mampostería de chamota. La campana calentadora 1 según la invención presenta quemadores 4 con los que puede quemarse un gas oxidable de forma  
10 exotérmica. Los quemadores 4 pueden estar dispuestos en dos planos superpuestos. En esta configuración, los quemadores pueden hacerse funcionar con diferentes proporciones de combustión lambda. De esta manera, es posible crear una zona de combustión posterior en la zona superior de la campana calentadora en la que se queman el gas que eventualmente no haya reaccionado todavía por oxidación o componentes evaporados del medio refrigerante. Los gases de combustión originados durante la campana calentadora se evacuan a través de la salida  
15 6.

La figura 2 muestra una campana calentadora según la invención, dispuesta dentro de un recipiente de medio refrigerante 13. Para ello, la campana calentadora está integrada en la tapa 18 del recipiente de medio refrigerante. El recipiente de medio refrigerante 13 contiene un medio refrigerante 15 que puede alimentarse o evacuarse a través de la entrada 14 y la salida 16. Además, el recipiente de medio refrigerante 13 puede presentar tomas secundarias  
20 17 a través de las que puede introducirse por ejemplo un gas protector en el recipiente de medio refrigerante 13 o que pueden servir para airear el recipiente de medio refrigerante 13. En la forma de realización representada en la figura 2, el nivel del líquido 15 dentro del recipiente de medio refrigerante 13 puede ajustarse a través de la entrada 14 y la salida 16 de tal forma que el nivel de medio refrigerante finaliza con el borde inferior de la campana calentadora.

25 La figura 3 muestra otra configuración de una campana calentadora 1 según la invención que además de los quemadores 4 presenta entradas de gas 9 a través las cuales pueden introducirse en la campana calentadora gases adicionales como, por ejemplo, gases inertes o protectores. Por encima de la salida 6 está dispuesta una zona de combustión posterior 5 a la que está conectado un intercambiador térmico 7. En el intercambiador térmico 7 puede precalentarse la mezcla de gas suministra a los quemadores 4 y/o el gas que puede introducirse en la campana  
30 calentadora a través de las entradas de gas 7.

Además, la campana calentadora 1 según la invención representada en la figura 3 presenta sensores de temperatura 20, mediante los que puede determinarse la temperatura que reina en la campana calentadora. De manera ventajosa, están previstos varios sensores de temperatura 20 en diferentes zonas de la campana calentadora 1. Los sensores de temperatura 20 pueden conectarse a un aparato de control que en función de la temperatura que reina  
35 en la campana calentadora controla los quemadores 4 y/o las válvulas mezcladoras para ajustar la proporción del gas precalentado por el intercambiador térmico 7 y el gas frío y/o las válvulas de regulación para controlar la introducción de gas adicional. De esta forma, es posible un control exacto de la temperatura dentro de la campana calentadora 1 según la invención.

40 Mediante la configuración de una campana calentadora según la invención, el molde de fundición que ha de disponerse dentro de la campana calentadora se calienta homogéneamente mediante un gas portador de calor, de forma que también pueden calentarse suficientemente espacios inalcanzables para la radiación. Además, la conducción de gas ajustable dentro de la campana calentadora según la invención garantiza la evacuación más rápida posible de posibles componentes evaporados del medio refrigerante que eventualmente presenta un potencial de reacción con el metal aún líquido en el molde de fundición.

45 Las figuras 4 y 5 muestran otras configuraciones de la campana calentadora según la invención en las que los quemadores 4 pueden estar orientados en un ángulo de 3 a 10° de desviación de la orientación horizontal. Asimismo, según la invención puede estar previsto disponer los quemadores tangencialmente con respecto al punto central de la campana. Mediante esta configuración de la campana calentadora según la invención se consigue una corriente del gas portador de calor dentro de la campana calentadora, que contribuye a una distribución homogénea  
50 del calor.

#### Lista de signos de referencia

1 Campana calentadora

2 Camisa exterior

3 Capa aislante

- 4 Quemador
- 5 Combustión posterior
- 6 Salida
- 7 Intercambiador térmico
- 5 9 Entradas de gas
- 13 Recipiente
- 14 Entrada
- 15 Medio refrigerante
- 16 Salida
- 10 17 Toma secundaria
- 20 Sensor de temperatura

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la fabricación de un cuerpo de fundición metálico según el procedimiento de fundición de precisión, en el que el metal que ha de ser colado o la aleación que ha de ser colada se cuele en un molde de fundición cerámico con paredes porosas y, para el enfriamiento y la solidificación de la masa fundida, el molde de fundición se sumerge de forma constante en un medio refrigerante comenzando por un extremo, de tal forma que el frente de solidificación que se forma como superficie límite entre la masa fundida y el metal ya solidificado corre detrás del nivel del medio refrigerante, **caracterizado porque** la zona del molde de fundición aún situada por encima del nivel del medio refrigerante se calienta dentro de una campana calentadora, mediante un gas portador de calor, a una temperatura superior a la temperatura de solididad del metal o la aleación que han de ser colados, conteniendo el gas portador de calor oxígeno y un gas oxidable de forma exotérmica.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el gas portador de calor contiene como gas oxidable de forma exotérmica un gas seleccionado del grupo compuesto por hidrógeno, hidrocarburos gaseiformes, monóxido de carbono o mezclas de éstos.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 ó 2, en el que el gas portador de calor contiene al menos un gas adicional, seleccionado del grupo formado por gases inertes, hidrocarburos halogenados, amoníaco, nitrógeno, dióxido de carbono, halogenuros de azufre o mezclas de éstos.
4. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la zona del molde de fundición, situada aún por encima del nivel de medio refrigerante, se calienta mediante una campana calentadora en la que se oxida de forma exotérmica el gas oxidable de forma exotérmica en el gas portador de calor.
5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que los productos de reacción gaseiformes, originados por la oxidación exotérmica, se extraen a la campana calentadora y se suministran a una combustión posterior.
6. Campana calentadora para realizar un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, que presenta una camisa (2) exterior, una capa aislante (3), quemadores (4) y al menos una salida (6), en la cual en los quemadores (4) puede quemarse un gas portador de calor que contiene un gas oxidable de forma exotérmica y los gases de escape originados durante ello pueden evacuarse a través de la salida (6), estando dispuestos los quemadores (4) dentro de la campana calentadora (1) con la condición de garantizar una distribución homogénea del calor dentro de la campana calentadora, presentando ésta una zona de combustión posterior (5) para la combustión posterior de los gases de escape evacuados de la campana calentadora (1).
7. Campana calentadora según la reivindicación 6, estando dispuestos los quemadores (4) en al menos dos planos dentro de la campana calentadora (1).
8. Campana calentadora según una de las reivindicaciones 6 ó 7, en la que los quemadores (4) pueden ser controlados individualmente.
9. Campana calentadora según una de las reivindicaciones 6 a 8, en la que la campana calentadora está integrada en la tapa de un recipiente (13) para alojar un medio refrigerante (15).
10. Campana calentadora según una de las reivindicaciones 6 a 9, en la que dentro de la campana calentadora están previstas entradas de gas (9), a través de las cuales puede introducirse gas inerte en la campana calentadora.
11. Campana calentadora según una de las reivindicaciones 6 a 10, que presenta un intercambiador térmico (7) para transmitir al gas portador de calor al menos una parte de la energía térmica contenida en los gases de escape evacuados de la campana calentadora (1).
12. Campana calentadora según la reivindicación 11, en la que está previsto un conducto de derivación para evitar el intercambiador térmico.
13. Campana calentadora según la reivindicación 12, en la que están previstas válvulas mezcladoras con las que puede ajustarse la proporción entre el gas portador de calor conducido a través del intercambiador térmico (9) y el gas portador de calor frío.
14. Campana calentadora según una de las reivindicaciones 6 a 13, que presenta sensores de temperatura (20) para detectar la temperatura dentro de la campana calentadora (1).
15. Campana calentadora según la reivindicación 14, en la que los sensores de temperatura (20) están conectados con un dispositivo de control que controla los quemadores (4), así como las válvulas de mezcla para ajustar la proporción entre el gas portador de calor conducido por el intercambiador térmico (9) y el gas portador de calor frío, en función de la temperatura detectada dentro de la campana calentadora (1) por los sensores de temperatura (4).



Fig. 2

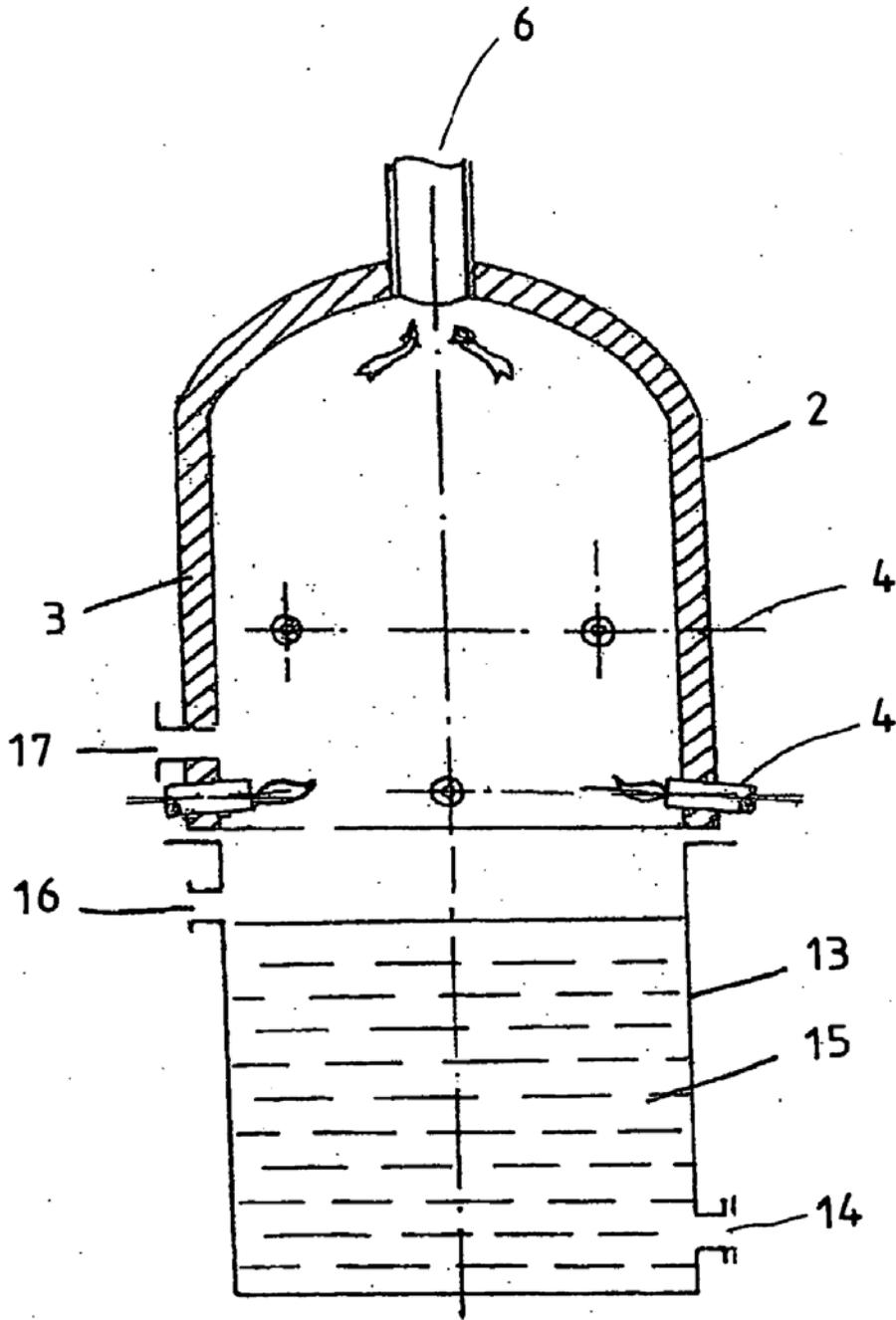


Fig. 3

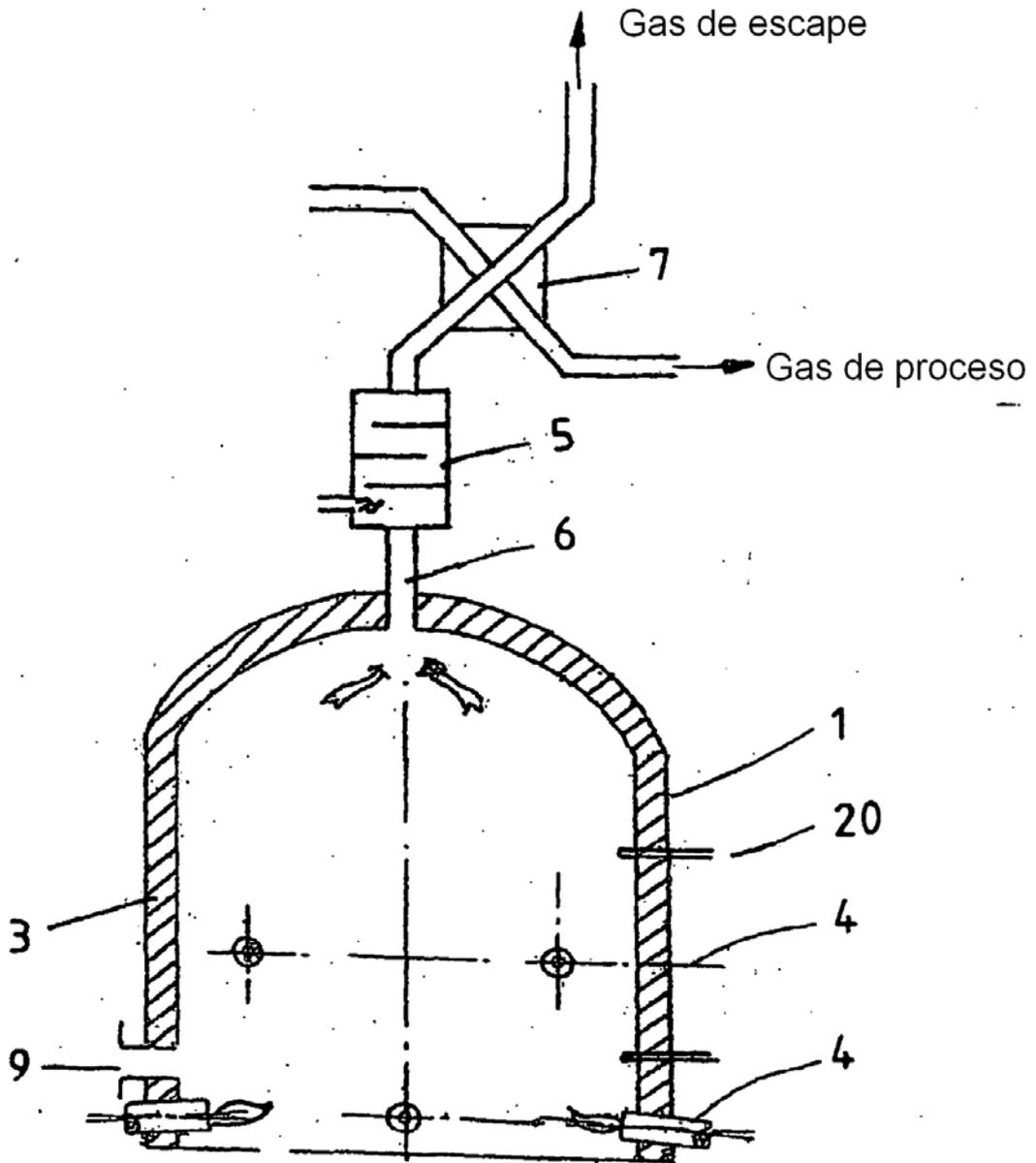


Fig. 4

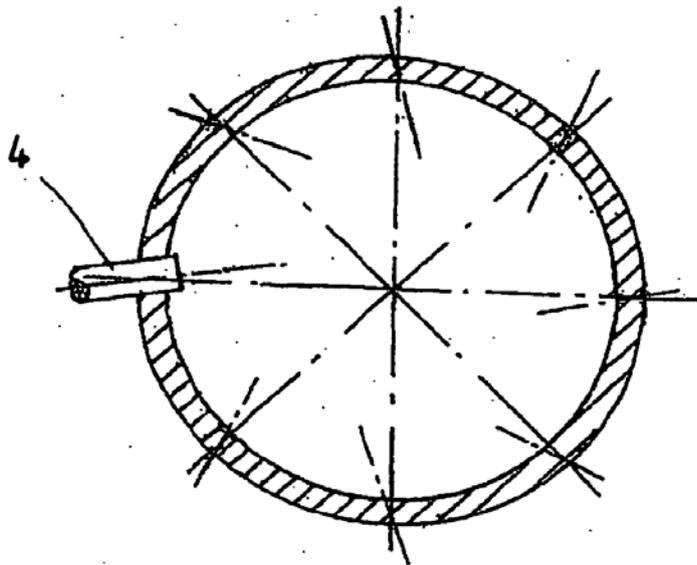
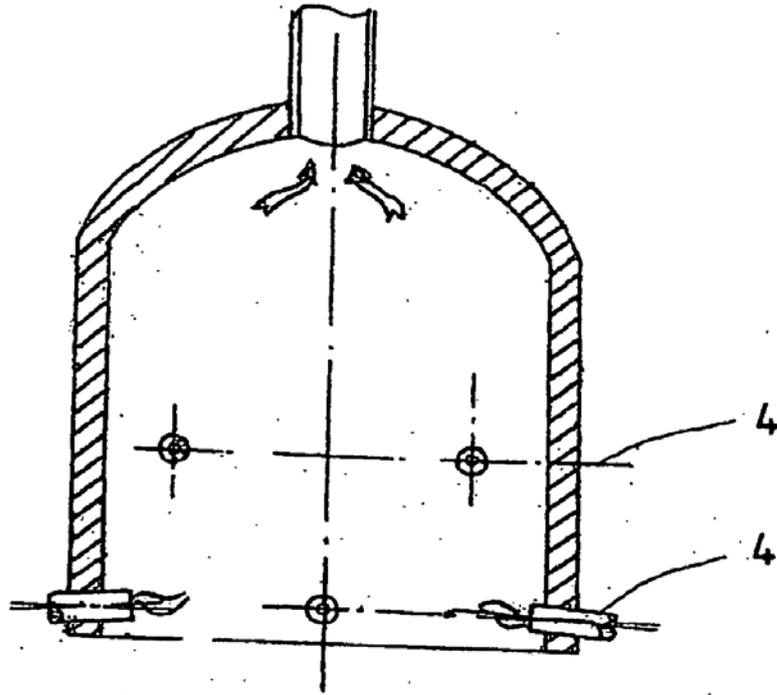


Fig. 5