

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 538 661**

51 Int. Cl.:

**C23C 14/16** (2006.01)

**C23C 14/24** (2006.01)

**C23C 14/56** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.01.2012 E 12700188 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.03.2015 EP 2663665**

54 Título: **Dispositivo de alimentación automática de un generador de vapor metálico industrial**

30 Prioridad:

**14.01.2011 EP 11151004**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**23.06.2015**

73 Titular/es:

**ARCELORMITTAL INVESTIGACIÓN Y  
DESARROLLO (100.0%)  
C/ Chavarri 6  
48910 Sestao, Bizkaia, ES**

72 Inventor/es:

**BANASZAK, PIERRE;  
MARNEFFE, DIDIER;  
SCHMITZ, BRUNO;  
SILBERBERG, ERIC y  
VANHEE, LUC**

74 Agente/Representante:

**PONTI SALES, Adelaida**

**ES 2 538 661 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

Dispositivo de alimentación automática de un generador de vapor metálico industrial

5 **Objeto de la invención**

[0001] La presente invención se refiere a un dispositivo de alimentación automática de metal líquido de un generador de vapor industrial. Este se utiliza para revestir al vacío y de forma continua una banda metálica en movimiento, por medio de vapor metálico, con el fin de formar una capa de metal y, preferentemente, una capa de aleación metálica sobre su superficie, de manera que se garantice una resistencia excelente a la corrosión al mismo tiempo que se conservan unas buenas características de embutición y de soldabilidad.

[0002] La invención mantiene una línea de continuidad con las solicitudes anteriores EP 1 972 699 y EP 2 048 261 relativas a unos generadores de vapor metálico por chorro de vapor sónico o JVD (para *Jet Vapor Deposition*). Más particularmente, EP 1 972 699 describe un procedimiento y un equipamiento de revestimiento por JVD alimentado de vapor por medio de un horno y un crisol de evaporación unidos entre ellos por unos conductos de alimentación y de retorno, permitiendo depositar unas aleaciones metálicas. EP 2 048 261 describe un generador de vapor que comprende un horno y un crisol evaporador unidos por un conducto de alimentación y que comprende igualmente unos medios de regulación del caudal, de la presión y/o de la velocidad del vapor metálico al nivel de la cabeza de depósito por JVD. Se conoce igualmente WO 2005/116290 que describe una instalación de depósito al vacío por evaporación que comprende un crisol de fusión y al menos un crisol de evaporación unidos por un conducto calentado, equipado con un sistema magnetohidrodinámico que permite mantener el metal fundido a un nivel constante en el crisol de evaporación.

25 **Segundo plano tecnológico y estado de la técnica**

[0003] Como se describe en las solicitudes precitadas, se genera vapor en la salida de un crisol calentado por inducción. La energía inyectada a la cual se sustraen las pérdidas corresponde al volumen molar de evaporación. La correlación es perfectamente lineal.

[0004] Este generador de vapor debe estar alimentado de metal con el fin de compensar los volúmenes evaporados. Después de haber examinado diferentes modos de alimentación, la alimentación de metal líquido se ha retenido. En efecto, en una línea industrial continua, la alimentación debe ser automática. En línea siderúrgica de revestimiento por medio de magnesio o de cinc, el depósito sobre banda implica centenares de kg, incluso toneladas de metal por hora. La alimentación del crisol no puede ser directamente en forma sólida (alambre, gránulos, lingotes, etc.), puesto que esto exigiría por ejemplo la utilización de un sistema de esclusa con unos compartimentos al vacío, lo que es demasiado complejo. En la presente tecnología, el crisol está alimentado de metal líquido bombeado en un conducto a partir de un horno de fusión situado más abajo del crisol y que se encuentra a la presión atmosférica.

[0005] Por otro lado, en el crisol solo se van a evaporar las especies para las cuales la presión de vapor saturante obtenida permite la evaporación. Las otras especies van a permanecer en el crisol y van a acumularse. Se trata de una forma de destilación. Todas las impurezas no evaporables o difícilmente evaporables contenidas en el metal de base (que no es puro al 100% por razones de costes) van a acumularse así en el crisol. Su concentración va a terminar por estorbar e incluso impedir la evaporación. Estas impurezas deben ser eliminadas por tanto periódicamente o continuamente.

[0006] Entre las materias que podrían acumularse en el crisol de evaporación, están en particular los óxidos metálicos del metal de base. Estos óxidos provienen principalmente del metal de aportación adquirido generalmente en lingotes cuya superficie externa está oxidada. Una simulación numérica sobre un prototipo industrial de capacidad de evaporación moderada ha mostrado que la tasa de concentración en impurezas podía alcanzar el 10% y esto después de 40 horas de producción y considerando un material de base de pureza del 99,8% (magnesio). Los óxidos presentes pueden decantarse o sobrenadar debido a su separación del metal de base por segregación. En este segundo modo de separación, pueden influenciar en gran medida la evaporación.

[0007] Con los generadores de vapor de este tipo de instalación se plantean por tanto los problemas o exigencias siguientes:

- puesta en marcha de la instalación mientras que el crisol de evaporación está vacío;
- impedimento, durante el inicio, en caso de fuga por una compuerta de distribución de vapor, de la

- 5 evaporación del metal en el conducto, hacia la cabeza de depósito al vacío. Estas fugas son muy perjudiciales, ya que conllevan unos depósitos estáticos sobre la banda en standby (en forma de burletes). Además, paliar el caudal de evaporación y la gran cantidad de energía tomada al metal (calor latente de evaporación), requiere una fuerte potencia adicional. Para impedir la refrigeración del metal líquido, sería necesario instalar una potencia considerable en toda la longitud de los conductos líquidos, lo que se revela técnicamente imposible dada la densidad de potencia por unidad de superficie que habría que instalar;
- 10 - puesta en marcha del horno de fusión e impedimento de la evaporación del metal bajo el efecto del vacío;
- evitar la formación de un tapón sólido en la superficie libre del horno y en los conductos, debido a la evaporación y que impediría la transformación en forma líquida y la alimentación del crisol;
- 15 - impedimento de la solidificación del metal en el conducto de alimentación, lo que conduciría de otro modo, durante la refusión, a una ruptura del conducto bajo el efecto de la dilatación del metal;
- vaciado de los conductos que contienen el líquido a fin de poder evitar lo que precede y a fin de poder desmontar los conductos para realizar el mantenimiento;
- puesta en marcha del horno de fusión que requiere más de 10 horas de calentamiento, sin tener que calentar todo el resto de la instalación o tener que realizar el vacío. En efecto, el calentamiento necesario del resto de la instalación para evitar la condensación de los vapores sobre la pared fría es mucho más corto (por ejemplo, 2 horas);
- 20 - permitir la solidificación en los conductos sin romperlos.

#### **Objetivos de la invención**

- 25 **[0008]** La presente invención pretende superar los inconvenientes del estado de la técnica.
- [0009]** La presente invención tiene como objetivo alimentar el crisol de evaporación a partir del horno de fusión, garantizando la recirculación del metal líquido, en unas condiciones de seguridad y de calidad óptimas.
- 30 **[0010]** La invención tiene también como objetivo la puesta en marcha, en un primer tiempo, del horno de fusión sin tener que realizar el vacío o calentar el resto de la instalación, que sirve para la evaporación.
- [0011]** La invención tiene también como objetivo permitir una puesta en marcha y una parada sencillas de la instalación.
- 35 **[0012]** La invención tiene también como objetivo permitir la solidificación del metal líquido sin crear un tapón sólido en la superficie libre del horno o en los conductos de alimentación con riesgo de rotura de estos durante la refusión, después de la dilatación del metal.

#### **Principales elementos característicos de la invención**

- 40 **[0013]** La presente invención se refiere a una instalación de depósito al vacío de forma continua de un revestimiento metálico sobre un sustrato en movimiento, que comprende un recinto de depósito al vacío, al menos una cabeza de revestimiento por chorro de vapor sónico unida a un crisol evaporador destinado a contener el metal de revestimiento en forma líquida por un conducto de alimentación de vapor equipado con una compuerta de distribución y un horno de fusión de dicho metal, encontrándose dicho horno a la presión atmosférica, estando situado más abajo de la parte más baja del crisol evaporador y estando unido al crisol evaporador por al menos un conducto de alimentación automática del crisol evaporador equipado con una bomba de alimentación y por al menos un conducto de retorno del metal líquido opcionalmente equipado con una compuerta, estando además presentes unos medios de regulación de la bomba de alimentación para regular un nivel de metal líquido determinado en el
- 45 crisol evaporador, comprendiendo la instalación, en cada uno de los conductos de alimentación y de retorno, una zona llamada compuerta térmica equipada con un dispositivo de calentamiento y un dispositivo de refrigeración para obtener una temperatura regulada, independiente de la del horno de fusión, de la que impera en la parte restante de dichos conductos y en el crisol evaporador, para fundir o solidificar el metal que se encuentra en este lugar.
- 50 **[0014]** En el marco de la presente invención, se utiliza el procedimiento de revestimiento por chorro de vapor sónico, tal como se describe en particular en la patente EP 909 342.
- [0015]** Según unos modos particulares de realización de la invención, la instalación conlleva además una combinación apropiada de las características siguientes:

- la instalación comprende unos medios que permiten generar vapor metálico de forma localizada, entre el horno y la cabeza de revestimiento;
- la instalación comprende un dispositivo de retención de metal líquido situado en el fondo del crisol evaporador, para generar de manera localizada un vapor metálico;
- la instalación comprende un crisol complementario unido al conducto de alimentación de vapor, para generar de manera localizada un vapor metálico;
- dicha o dichas compuertas térmicas están constituidas por una doble envoltura, en la cual se realiza la refrigeración por inyección y circulación de fluido frío;
- el conducto de alimentación está equipado con una compuerta de derivación que permite la utilización del conducto de alimentación como tubo de vaciado;
- dichos conductos están realizados en dos materias, estando constituido el interior por un tubo sin soldadura de acero con bajo contenido de carbono, de grafito o de sialón, revestido exteriormente por acero inoxidable;
- los tubos están colocados en una segunda envoltura metálica en forma de fuelle;
- la unión entre el horno de fusión y el crisol evaporador se garantiza por una barra de referencia rígida y los conductos se realizan en forma de lira;
- los conductos están fijados entre sí así como al horno y al crisol evaporador por unas bridas de metal, siendo obtenida la estanqueidad al vacío por superposición de una junta metálica inflable y una junta de grafito;
- el crisol evaporador está en comunicación con un dispositivo de distribución de gas inerte, para repujar gracias a su presión el metal líquido hasta el horno de fusión.

**[0016]** La presente invención se refiere igualmente a un procedimiento de puesta en marcha de una instalación como se ha descrito anteriormente, según el cual:

- se inicia la fusión del metal en el horno, a la vez que se mantiene el metal en el estado sólido en las compuertas térmicas de los conductos de alimentación y de retorno;
- se calienta el resto de dicha instalación hasta la temperatura necesaria para recibir el metal líquido y/o el vapor metálico, se cierra la compuerta de distribución del conducto de alimentación y se pone el recinto de depósito al vacío;
- se activan dichos medios que permiten generar el vapor metálico de forma localizada, a una temperatura superior a la del metal líquido en la instalación durante depósito;
- se hace fundir el metal solidificado contenido en las compuertas térmicas;
- se rellena a continuación el crisol evaporador gracias a la bomba de alimentación, se abre la compuerta de distribución del conducto de alimentación y se comienza el depósito de metal sobre dicho sustrato en movimiento.

**[0017]** De manera ventajosa, la altura del crisol evaporador relativamente al horno de fusión se determina para que la superficie libre de metal líquido en el conducto de alimentación esté situada por debajo del crisol, cuando se realiza el vacío en la instalación, no estando la bomba de alimentación en funcionamiento.

**[0018]** La invención se refiere por último a un procedimiento de implementación de la instalación tal como se ha descrito anteriormente, para el cual el sustrato es una banda metálica y el revestimiento metálico está constituido por magnesio o cinc.

#### **Breve descripción de las figuras**

**[0019]** La figura 1 representa esquemáticamente una vista de conjunto del generador de vapor metálico industrial según la presente invención.

**[0020]** La figura 2 representa esquemáticamente un modo de ejecución del horno de fusión de dicho generador.

**[0021]** La figura 3 representa esquemáticamente un modo de ejecución del crisol de evaporación de dicho generador.

**[0022]** La figura 4 representa una vista en sección de un ejemplo de conducto concebido para el magnesio líquido.

#### **Descripción de formas de ejecución preferidas de la invención**

**[0023]** El montaje y la utilización de la instalación se pueden realizar de diferentes formas. Se hará referencia a continuación a las FIG. 1 y 3 que describen un modo de realización preferido de una instalación de depósito de magnesio o de cinc sobre una banda de acero móvil de forma continua. La instalación consta por tanto de un generador de vapor equipado con al menos un crisol de evaporación (o crisol evaporador) al vacío 9 calentado por inducción y alimentado por un horno de fusión 1. Entre el horno de fusión 1 y el crisol evaporador 9 están dispuestos unos conductos 8, 8A, 18 que permiten no solo la alimentación de renovación del crisol 9 de metal que se va a evaporar 2 sino también una recirculación continua o no entre los dos equipamientos que son el horno de fusión 1 y el crisol evaporador 9. El crisol evaporador 9 está unido a la cabeza de revestimiento por un conducto de alimentación de vapor 20 que contiene al menos una compuerta de distribución de vapor 19 que permite aislar el crisol evaporador 9 del recinto de depósito al vacío 24.

**[0024]** El horno de fusión 1, representado en la FIG. 2, está alimentado de metal sólido, por ejemplo en forma de lingotes 33, 34 a través de un dispositivo de alimentación automática 31, 32 con precalentamiento de los lingotes para impedir cualquier entrada de humedad en el horno.

**[0025]** El horno de fusión 1 tiene preferentemente una capacidad (en kg/h) superior al caudal másico del crisol evaporador 9, estando comprendida la proporción entre la capacidad del horno y el caudal del evaporador preferentemente entre 2 y 25 y de forma más particularmente preferida entre 10 y 25. Se puede garantizar de este modo una uniformidad muy buena en temperatura incluso durante la fusión de uno o de nuevos lingotes 34. Se puede escoger por ejemplo una capacidad de 800 kg/h para una necesidad de 50 a 100 kg/h al nivel de la evaporación.

**[0026]** El horno de fusión 1 tiene además, preferentemente, una capacidad (en m<sup>3</sup> o kg) superior a la capacidad del crisol evaporador 9 y, por tanto, grande con respecto al caudal de recirculación. La proporción entre la capacidad del horno de fusión y la capacidad del crisol está comprendida preferentemente entre 2 y 10 de forma más particularmente preferida entre 5 y 10. Se ha escogido por ejemplo, para el prototipo considerado aquí, un horno de 800 kg para una capacidad del crisol de evaporación de 250 kg.

**[0027]** El hecho de que el horno de fusión sea de gran capacidad comparativamente con el crisol evaporador y el caudal de recirculación implica que no hay o casi no hay agitación en el horno. Hay así segregación de las impurezas y decantación o flotación. El fondo y la superficie del metal líquido contenido en el horno pueden ser limpiados regularmente para eliminar las impurezas traídas por los lingotes y los óxidos generados durante la fusión de los lingotes. Se realizará entonces preferentemente un bombeo en zona alejada de la superficie o del fondo para alimentar el crisol evaporador de metal relativamente puro introduciéndole un mínimo de contaminantes.

**[0028]** En un modo de realización preferido, el horno de fusión 1 presenta una gestión del calentamiento diferente en función de su nivel de llenado:

- cuando el horno de fusión está lleno (y por tanto el crisol evaporador está vacío), se calienta el horno de fusión en toda su altura;
- cuando el horno de fusión no está lleno (y por tanto el crisol evaporador está lleno), se calienta el horno de fusión en toda la altura de llenado, manteniendo simplemente la parte alta a temperatura.

**[0029]** En el horno de fusión, se distinguen por tanto dos niveles: un nivel lleno y un nivel intermedio, es decir un nivel obtenido sustrayendo al nivel lleno el volumen contenido en el crisol evaporador. Esto quiere decir que las incorporaciones, automáticas o no, de lingotes deben hacerse teniendo en cuenta uno u otro de los niveles y, por tanto, el estado de funcionamiento de la instalación. Unas sondas de nivel en el horno 29, 30 permiten gestionar los dos niveles dependiendo de si el crisol de evaporación está vacío o lleno.

**[0030]** Se observará igualmente que hay espacio en el horno de fusión 1 para el metal contenido en el crisol evaporador 9, lo que permite vaciar este último.

**[0031]** Como se ha visto anteriormente, la instalación según la invención comprende un crisol evaporador 9 realizado con una materia adaptada a la naturaleza del metal líquido que contiene. En el caso del magnesio, se podrá utilizar por ejemplo un crisol de acero dulce, mientras que en el caso del cinc, el crisol podría estar realizado con un material compatible tal como el grafito, los sialones (SiAlON o nitruro de oxígeno de aluminio de silicio), etc. Este crisol es calentado preferentemente por un dispositivo de inducción 42 y puede comprender, en un modo de realización preferido, una medición del nivel de metal líquido por unas sondas electromagnéticas de alta frecuencia

39, 40, 41 seleccionadas para tener una frecuencia distinta del dispositivo de calentamiento por inducción 42.

- [0032]** Según la invención, el crisol de evaporación 9 está unido al horno 1 por al menos un conducto metálico de alimentación 8 y por al menos un conducto de retorno 8A, 18 permitiendo garantizar una recirculación del metal líquido (FIG. 1). La aplicación de esta recirculación entre el horno 1 y el crisol de evaporación 9 permite reducir la tasa de impureza residual a un valor del orden del 2% para una recirculación de algunos puntos porcentuales del caudal de alimentación. La eliminación de las impurezas por recirculación permite realizar así un equipamiento que puede trabajar las 24 horas del día sin interrupción para la limpieza del crisol de evaporación.
- 10 **[0033]** El conducto de alimentación 8 sirve para encaminar el metal líquido del horno 1 hacia el crisol evaporador 9. Está equipado con una bomba de alimentación 6 que gira y regula su velocidad para asegurar el caudal que permite alcanzar y, posteriormente, mantener el nivel deseado. Con el fin de vaciar lo más rápidamente posible el crisol 9, la salida de la bomba de alimentación 6 está equipada preferentemente con una compuerta 14 que permite utilizar el conducto de alimentación 8 del crisol en tubo de vaciado.
- 15 **[0034]** El o los conductos de retorno 8A, 18 sirven para encaminar el metal líquido del crisol 9 hacia el horno 1. El conducto de retorno 8A, 18 puede estar equipado con una compuerta de retorno 16, 17 en su extremo. Esta compuerta proporcional está abierta totalmente durante el vaciado del crisol. Está cerrada totalmente durante el llenado a fin de minimizar la duración de este. Está abierta parcialmente durante el revestimiento a fin de permitir un caudal de fuga que sirva de caudal de recirculación. Este caudal se regula en cada puesta en marcha para una medición de velocidad de vaciado y ajuste de la posición de la compuerta.
- 20 **[0035]** Un tipo particular de conducto de retorno es un conducto de rebose 8A, a fin de fijar el nivel máximo de metal líquido en el horno. Si el nivel en el crisol 9 aumenta de manera excesiva debido a un problema de medición o de gestión (ej. problema de fiabilidad de la medición del nivel), el rebose de metal líquido se puede redirigir hacia el horno de fusión 1 a través de este conducto, en condiciones seguras.
- 25 **[0036]** Otro tipo de conducto de retorno es un conducto de recirculación 18, que permite hacer circular metal líquido de forma continua o discontinua cuando es necesario ajustar los niveles.
- 30 **[0037]** En un modo de realización preferido, la instalación comprende dos conductos de retorno 8A, 18, de los cuales un conducto de rebose 8A y un conducto de recirculación 18, pudiendo estar equipados cada uno con una compuerta 16, 17.
- 35 **[0038]** Cada una de las compuertas descritas anteriormente 14, 16, 17 está sumergida en el magnesio en fusión a fin de ser protegida del aire y a fin de no oxidarse y conservar así sus propiedades, sus características y su limpieza. Para intervenir en las compuertas, hace falta fundir el metal y sacar la compuerta del metal líquido (propriamente dicho, los símbolos 14, 16 y 17 representan en las figuras los mandos de estas compuertas).
- 40 **[0039]** Como se ha mencionado anteriormente, la presencia de un conducto de rebose 8A es opcional. Se puede adoptar en efecto una regulación en la cual se impone el caudal a través de la velocidad de la bomba de alimentación 6 y se mantiene el nivel de metal líquido a través de la apertura de la compuerta de retorno 17. La instalación según este modo de realización solo consta por tanto de un conducto de alimentación y un conducto de recirculación.
- 45 **[0040]** Se podría suprimir igualmente el conducto de recirculación 18 para conservar un conducto de alimentación 8 y un conducto de rebose 8A. El crisol evaporador 9 no necesita entonces más sonda de nivel 40 sino únicamente una bomba de alimentación 6 con variador de frecuencia. La frecuencia gestiona el caudal de recirculación y el nivel corresponde al rebose. El llenado y el vaciado se realizan a través del mismo conducto de alimentación 8 que es el que está equipado con la bomba de alimentación 6.
- 50 **[0041]** Por último, se podría regular igualmente, no por variador de frecuencia y, por tanto, por velocidad de rotación de la bomba de alimentación 6, sino por caudal de fuga permitiendo a una parte del caudal generado por la bomba de alimentación 6 permanecer en el horno entreabriendo la compuerta 14.
- 55 **[0042]** El material en el cual se realizan los diferentes conductos utilizados en la instalación según la invención se determina en función del metal que se va a evaporar y del tipo de procedimiento aceptado.
- [0043]** El conducto debe ser compatible en efecto con el metal líquido que va a contener y esto para toda la gama

de temperatura que se va a utilizar. Debe ser además resistente mecánicamente y ser estanco al vacío. Debe conservar unas propiedades mecánicas suficientes incluso a alta temperatura y debe resistir exteriormente a la corrosión debido al aire de muy elevada temperatura que lo va a rodear.

- 5 **[0044]** En el caso del revestimiento por magnesio, se podrá escoger un conducto en dos materias (véase la FIG. 4). El interior está constituido por un tubo C sin soldadura de acero dulce para caldera. En efecto, este tipo de tubo conviene perfectamente bien, siendo el hierro muy difícilmente soluble en el magnesio líquido (del orden de algunas ppm). El exterior B está constituido por inconel. Este inox se deposita por fusión sobre el tubo de acero con bajo contenido de carbono C antes de volver a ser fusionado. A fin de limitar las restricciones mecánicas, una barra de referencia muy sólida (no representada) se ha añadido y garantiza la unión entre el horno de fusión y el crisol de evaporación. Se dilata de manera idéntica a los tubos y garantiza la reanudación de las principales restricciones mecánicas. A fin de poder aceptar unas dilataciones diferenciales para pequeñas diferencias de temperatura entre cada uno de los tubos debidas a una falta de uniformidad del calentamiento, cada tubo se ha realizado en forma de lira (véase la FIG. 1). La dilatación de conjunto para alcanzar la temperatura de 700 °C del procedimiento en el caso del magnesio representaba más de 65 mm en la instalación piloto y las liras solo podían soportar algunos milímetros de dilatación diferencial. Los tubos se han fijado por tanto entre ellos pero también al crisol y al horno de fusión por unas bridas de inconel (no representado). La estanqueidad al vacío se ha obtenido por la superposición de una junta metálica inflable seguida de una junta de grafito.
- 10
- 15
- 20 **[0045]** Por último, siempre por razones de seguridad, los tubos se han colocado en una segunda envoltura A metálica en forma de fuelle (véase la FIG. 4). Esta segunda envoltura poco resistente permite probar la estanqueidad de tubo en cada puesta en marcha y permite servir como depósito temporal en caso de ruptura o fuga en un tubo, el tiempo de vaciar la instalación y de ponerla en lugar seguro. En el caso del revestimiento por cinc, el material compatible estará contenido igualmente en una envoltura doble, en la cual, de manera ventajosa, se podrá
- 25 inyectar una atmósfera protegida o realizar el vacío, para proteger los materiales como el grafito a alta temperatura.

**[0046]** El horno de fusión 1 está situado a una altura inferior a la del crisol evaporador 9. El efecto de vacío creado en la instalación va a bombear el metal líquido y va a generar una segunda superficie libre sobre un nivel diferente del horno de fusión 1. Esto se traduce en una superficie de evaporación situada a una altitud diferente de la del horno de fusión 1. Esta diferencia de altitud depende de dos características principales: la densidad del metal, que depende igualmente de su temperatura y la presión atmosférica. Incluso si la compuerta 7 en el conducto 8 no es perfectamente estanca, la gravedad sola va a impedir el llenado de la instalación al vacío.

30

**[0047]** A continuación se encuentran algunas cifras que permiten ilustrar esto para una presión atmosférica de 1.000 mbar. La altura manométrica para una presión de un bar es igual a 10,33 dividido por la densidad del metal (1 bar = 10,33 metros columna de agua).

35 Densidad del magnesio sólido: 1,74 kg/dm<sup>3</sup>. Altura manométrica correspondiente: 5,93 m.  
 Densidad del magnesio líquido a 660 °C: 1,59 kg/dm<sup>3</sup>. Altura manométrica correspondiente: 6,50 m.  
 Densidad del magnesio líquido a 700 °C: 1,56 kg/dm<sup>3</sup>. Altura manométrica correspondiente: 6,62 m.

40 Densidad del cinc sólido: 7,18 kg/dm<sup>3</sup>. Altura manométrica correspondiente: 1,44 m.

**[0048]** Se ve así que, de un metal al otro, la altura entre las superficies libres y, por tanto, los equipamientos pueden ser muy diferentes. Existe así un factor 4,5 entre el cinc y el magnesio.

45 **[0049]** Se ve igualmente, que en función de la temperatura escogida para el procedimiento, la altura puede variar igualmente en gran medida, por ejemplo varias decenas de mm para el magnesio a 660 °C y a 700 °C.

**[0050]** La presión atmosférica tiene igualmente una fuerte influencia ya que representa el esfuerzo que se va a ejercer sobre la superficie libre del horno de fusión, mientras que el vacío permanece absoluto. Una variación de 50 mbar de la presión atmosférica es muy común y puede inducir una diferencia de más de 70 mm sobre la altura en el crisol de evaporación o en los conductos en el caso del cinc y de más de 300 mm en el caso del magnesio.

50

**[0051]** Se ha optado entonces, según la invención, por un crisol evaporador que se sitúa a una altitud tal que la depresión generada por el vacío no rellene este, sea cual sea la presión atmosférica. Cuando se realiza el vacío, de manera ventajosa, el metal fundido solo puede subir en los conductos de alimentación 8, de retorno 18, 8A a un nivel que se sitúa a algunas decenas de centímetros bajo el crisol evaporador 9. A continuación, la presión generada por la bomba de alimentación 6 que rellena el crisol evaporador 9 hasta el nivel necesario y predeterminado para garantizar la evaporación del metal en las mejores condiciones posibles. Este principio añade una fuerte noción de seguridad a la instalación según la presente invención. En efecto, si el vacío fuese suficiente en sí para mantener en

55

altura una masa importante de metal líquido a elevada temperatura (típicamente algunos centenares de kg), el riesgo de ruptura del crisol o de un conducto podría generar la caída de esta importante cantidad de metal líquido mientras que no se ha forzado el descenso del metal hacia el horno de fusión 1.

5 **[0052]** Aquí, la detención de la bomba de alimentación 6 o la apertura de las compuertas genera el vaciado del crisol evaporador 9 y el nivel vuelve automáticamente a su altura manométrica generada por la depresión. Solo queda entonces metal líquido en los conductos, lo que solo representa algunos litros.

10 **[0053]** La instalación según la invención comprende por último una zona determinada y reforzada 7, 13, 15 en los conductos 8, 8A y 18, que permite fundir el magnesio sin provocar la ruptura del conducto. La aleación escogida para este trozo de conducto es apropiada para las fuertes cargas y elevadas temperaturas. Esta zona llamada «compuerta térmica» está equipada con un dispositivo de calentamiento potente y un dispositivo de refrigeración rápido e igualmente regulado que permite gestionar, independientemente de las otras zonas (horno de fusión, crisol de evaporación y partes restantes de los conductos de metal líquido), la temperatura deseada. Se puede solidificar  
15 así y hacer fundir el metal en esta zona.

**[0054]** Según la presente invención, las compuertas térmicas pueden estar constituidas por una doble envoltura y la refrigeración se realiza entonces por inyección y circulación de aire fresco en la doble envoltura (no representada).

20 **[0055]** Según la invención, se sabe realizar por tanto un tapón metálico sólido que protege la instalación. Se sabe igualmente mantener una temperatura bastante baja, impidiendo o limitando la evaporación. Se puede tener por tanto el horno de fusión y el vacío superior sin evaporación en los conductos, ni subida del metal en estos. Se puede así, entre dos campañas de producción, mantener el horno de fusión que contiene el metal en su estado fundido sin que esté por ello caliente el resto de la instalación y/o mantenida al vacío. Como el metal líquido ya no está presente  
25 ni solidificado en los conductos, se pueden desmontar si es necesario.

**[0056]** La instalación según la invención puede estar equipada además con unos equipamientos siguientes, tomados solos o en combinación (FIG. 2 y 3):

30 - además de la compuerta de vapor principal 19, unas compuertas de vapor secundarias 22, 23 que garantizan la estanqueidad y que permiten tener la presión atmosférica en el crisol teniendo del mismo modo el vacío en el recinto de depósito;  
- un armario de distribución de argón 37 que permite enviar este gas inerte en el crisol de evaporación 9 y repujar así el magnesio 11 hacia el horno de fusión;  
35 - un compartimento de retención 43 en la parte inferior del crisol de evaporación o un crisol complementario 44 sobre el conducto principal de vapor pero delante de la compuerta principal 19, estando equipado este crisol de medios de calentamiento (no representados) que permiten tener de manera localizada la potencia necesaria para generar un vapor de metal a una presión suficiente para la evaporación en los conductos de alimentación y de retorno del metal líquido y, por consiguiente, la solidificación del metal líquido en estos conductos. El compartimento 43 puede ser calentado de manera ventajosa por los medios de inducción 42 del crisol o por cualquier otro dispositivo adaptado.  
40

**[0057]** Con estos equipamientos diversos, el ciclo de puesta en marcha es el siguiente:

45 - se pone en marcha la fusión del metal en el horno sin tener la obligación de realizar previamente el vacío o de calentar los conductos y el resto de la instalación;  
- se mantiene, en las compuertas térmicas respectivas 7, 13, 15, el metal sólido y, por tanto, a baja temperatura;  
50 - cuando la instalación está preparada, es decir evacuada y a temperatura para recibir el metal líquido y/o el vapor, se cierran las compuertas de distribución sobre los conductos de vapor, y se genera, a una temperatura superior a la que el metal líquido tendrá en los conductos y el crisol, vapor metálico a través del crisol adicional 44 en el conducto a la salida del crisol o el compartimento de retención 43 en la parte inferior del crisol de evaporación. Este vapor va a rellenar el crisol evaporador 9 y los conductos e impedirá la evaporación en las compuertas térmicas 7, 13, 15 o en la superficie del líquido que sube en los conductos bajo el efecto de la depresión generada por el vacío. Por ejemplo para el magnesio, se va a llevar el líquido a una temperatura entre 685 y 690 °C y se genera el vapor en la salida del compartimento de retención  
55 43 o del crisol complementario 44 a 700 °C. Para el líquido que tiene tendencia a subir, la



atmósfera ya está saturada y cualquier evaporación es imposible.

**[0058]** Se puede detener entonces la regulación de las compuertas térmicas 7, 13, 15 a baja temperatura y fundir el metal que se encuentra en estas llevándolo a la temperatura del horno. Una vez que se haya fundido, el metal va a subir bajo el efecto de la depresión en los conductos. La presión en el crisol evaporador 9 será obra del vapor metálico generado de algunos milibares y el volumen del crisol evaporador, grande con respecto al volumen de los conductos permite conservar esta presión a pesar de la subida del metal. El crisol evaporador puede rellenarse a continuación por acción sobre la bomba de alimentación 6 y sobre las compuertas de retorno 14 y otras en el horno de fusión 1. Según una forma preferida de la invención, se escoge por ejemplo, como posición de las compuertas térmicas 7, 13, 15, el mismo nivel de altura que el metal líquido en el horno de fusión 1 cuando este está lleno y el crisol evaporador 9 vacío. Esto facilita la primera puesta en marcha pero cualquier otra posición entra dentro del campo de aplicación de la invención.

**[0059]** Para vaciar la instalación, se efectúan las operaciones siguientes:

- 15 - se cierra la compuerta 19 sobre el conducto de vapor;
- se detiene la bomba de alimentación 6 y se abren las compuertas 14, 17 sobre los conductos 8, 18;
- 20 - se puede repujar el metal líquido hacia el horno de fusión por la presión de argón. Se gestiona al principio un caudal de argón hasta una presión próxima a la presión atmosférica antes de regular el caudal para mantener una presión idéntica a la presión atmosférica que se ejerce sobre el horno de fusión, esto para detener el metal en las compuertas térmicas 7, 13, 15 exactamente a la elevación correcta;
- 25 - tras una temporización que permite garantizar el buen equilibrio de esta situación, se puede detener el calentamiento de las compuertas térmicas y garantizar su refrigeración para solidificar el metal justo en el interior de estas. Nos encontramos entonces con, en el crisol, unas superficies libres frías e inertes;
- se puede detener entonces la instalación vaciada, sin riesgo.

30 **[0060]** La posición con tapones «congelados» en las compuertas térmicas se denomina posición de seguridad. Cualquier anomalía constatada en la instalación y que pueda ser grave genera automáticamente un repliegue forzado hacia esta posición (por ej. fallo de un elemento calefactor).

35 **[0061]** El argón que se encuentra en el crisol puede ser liberado a continuación poco a poco hacia la instalación de bombeo del vacío con el fin de encontrar el nivel adecuado de vacío en el crisol si se debe poner en marcha de nuevo el equipamiento. En el caso contrario, el argón se deja en el crisol y constituye una protección que ralentiza la oxidación de los conductos líquidos, del crisol de evaporación y de las superficies libres del metal en las compuertas térmicas.

40 Lista de los símbolos de referencia

**[0062]**

- 1: Horno de fusión
- 45 2: Magnesio en el horno de fusión
- 3: Compuerta de alimentación
- 4, 5: Mando de compuerta de alimentación
- 6: Bomba de alimentación
- 7: Compuerta térmica de alimentación
- 50 8: Conducto de alimentación del crisol
- 8A: Conducto de rebose
- 9: Cuerpo del crisol (calentado por inducción)
- 10: Cúpula del crisol y reserva de vapor (calentado por radiación)
- 11: Magnesio en el crisol
- 55 13: Compuerta térmica sobre rebose
- 14: Compuerta de retorno
- 15: Compuerta térmica sobre recirculación
- 16: Compuerta sobre rebose
- 17: Compuerta de retorno

- 18: Conducto de recirculación
- 19: Compuerta principal de distribución de vapor
- 20: Conducto principal de alimentación de vapor
- 21: Conductos secundarios de alimentación de vapor
- 5 22 y 23: Compuertas de regulación de caudal de vapor
- 24: Recinto de depósito
- 25, 26: Cabezas de revestimiento
- 27, 28: Compartimento de depósito
- 29: Sonda de nivel para nivel alto
- 10 30: Sonda de nivel para nivel bajo
- 31: Alimentador en lingotes, con calentamiento T1
- 32: Compuerta de distribución de los lingotes
- 33: Lingotes en el almacén
- 34: Lingote durante fusión en el horno
- 15 35: Calentamiento para nivel bajo
- 36: Calentamiento para nivel alto
- 37: Armario de distribución de argón
- 38: Compuerta de distribución de argón
- 39, 40, 41: Sondeas de nivel para el crisol
- 20 42: Inductor de calentamiento para la evaporación del metal
- 43: Compartimento de retención en el fondo del crisol evaporador
- 44: Crisol complementario para generar vapor
- A: Envoltura metálica en forma de fuelle
- B: Revestimiento de inox resistente
- 25 C: Tubo sin soldadura de acero dulce

**REIVINDICACIONES**

1. Instalación de depósito al vacío de forma continua de un revestimiento metálico sobre un sustrato en movimiento, que comprende un recinto de depósito al vacío (24), al menos una cabeza de revestimiento por chorro de vapor sónico (25, 26) unida a un crisol evaporador (9) destinado a contener el metal de revestimiento en forma líquida (11), por un conducto de alimentación de vapor (20) equipado con una compuerta de distribución (19) y un horno de fusión (1) de dicho metal, encontrándose dicho horno a la presión atmosférica, estando situado más abajo de la parte más baja del crisol evaporador (9) y estando unido al crisol evaporador (9) por al menos un conducto (8) de alimentación automática del crisol evaporador (9) equipado con una bomba de alimentación (6) y por al menos un conducto (8A, 18) de retorno del metal líquido opcionalmente equipado con una compuerta (16, 17), estando unos medios de regulación de la bomba de alimentación (6) presentes además para regular un nivel de metal líquido determinado en el crisol evaporador (9), **caracterizada porque** comprende, en cada uno de dichos conductos de alimentación y de retorno (8; 8A, 18), una zona llamada compuerta térmica (7, 13, 15) equipada con un dispositivo de calentamiento y un dispositivo de refrigeración para obtener una temperatura regulada, independiente de la del horno de fusión (1), de la que impera en la parte restante de dichos conductos (8, 8A, 18) y en el crisol evaporador (9), para fundir o solidificar el metal que se encuentra en este lugar.
2. Instalación según la reivindicación 1, que comprende unos medios que permiten generar vapor metálico de forma localizada, entre el horno (1) y la cabeza de revestimiento (25, 26).
3. Instalación según la reivindicación 2, en la cual dichos medios que permiten generar vapor metálico de forma localizada comprenden un dispositivo de retención de metal líquido (43) situado en el fondo del crisol evaporador (9).
4. Instalación según la reivindicación 2, en la cual dichos medios que permiten generar vapor metálico de forma localizada comprenden un crisol complementario (44) unido al conducto de alimentación de vapor (20).
5. Instalación según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 4, para la cual dicha o dichas compuertas térmicas están constituidas por una doble envoltura, en la cual se realiza la refrigeración por inyección y circulación de fluido frío.
6. Instalación según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 5, en la cual el conducto de alimentación (8) está equipado con una compuerta de derivación (14) que permite la utilización del conducto de alimentación (8) como tubo de vaciado.
7. Instalación según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 6, para la cual dichos conductos (8, 18, 8A) se realizan en dos materias, estando constituido el interior por un tubo sin soldadura (C) de acero con un bajo contenido de carbono, de grafito o de cerámica, revestido o protegido exteriormente por acero inoxidable (B).
8. Instalación según la reivindicación 7, para la cual los tubos (B, C) están colocados en una segunda envoltura metálica en forma de fuelle (A).
9. Instalación según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 8, para la cual la unión entre el horno de fusión (1) y el crisol evaporador (9) está asegurada por una barra de referencia rígida y los conductos (8; 8A, 18) están realizados en forma de lira.
10. Instalación según la reivindicación 9, para la cual los conductos se fijan entre ellos así como al horno (1) y al crisol evaporador (9) por unas bridas de metal, siendo obtenida la estanqueidad al vacío por superposición de una junta metálica inflable y de una junta de grafito.
11. Instalación según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 10, que comprende además un dispositivo de distribución de gas inerte (37) que comunica con el crisol evaporador (9).
12. Procedimiento de puesta en marcha de una instalación según cualquiera de las reivindicaciones de 2 a 11, según el cual:
- se pone en marcha la fusión del metal en el horno (1), mientras se mantiene el metal en el estado sólido en las compuertas térmicas (7, 13, 15) de los conductos de alimentación y de retorno (8; 8A, 18);
  - se calienta el resto de dicha instalación hasta la temperatura necesaria para recibir el metal líquido y/o el vapor

metálico, se cierra la compuerta de distribución (19) del conducto de alimentación (20) y se pone el recinto de depósito (24) al vacío;

- se activan dichos medios que permiten generar vapor metálico de forma localizada, a una temperatura superior a la del metal líquido en la instalación durante el depósito;

5 - se hace fundir el metal solidificado contenido en las compuertas térmicas (7, 13, 15);

- se rellena a continuación el crisol evaporador (9) gracias a la bomba de alimentación (6), se abre la compuerta de distribución (19) del conducto de alimentación (20) y se inicia el depósito de metal sobre dicho sustrato en movimiento.

10 13. Procedimiento según la reivindicación 12, para el cual la altura del crisol evaporador (9) relativamente al horno de fusión (1) se escoge para que la superficie libre de metal líquido en el conducto de alimentación (8) esté situada debajo del crisol (9) cuando se realiza el vacío en la instalación, no estando en funcionamiento la bomba de alimentación (6).

15 14. Procedimiento de aplicación de una instalación según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 11, para el cual el sustrato es una banda metálica y el revestimiento metálico está constituido por magnesio o cinc.

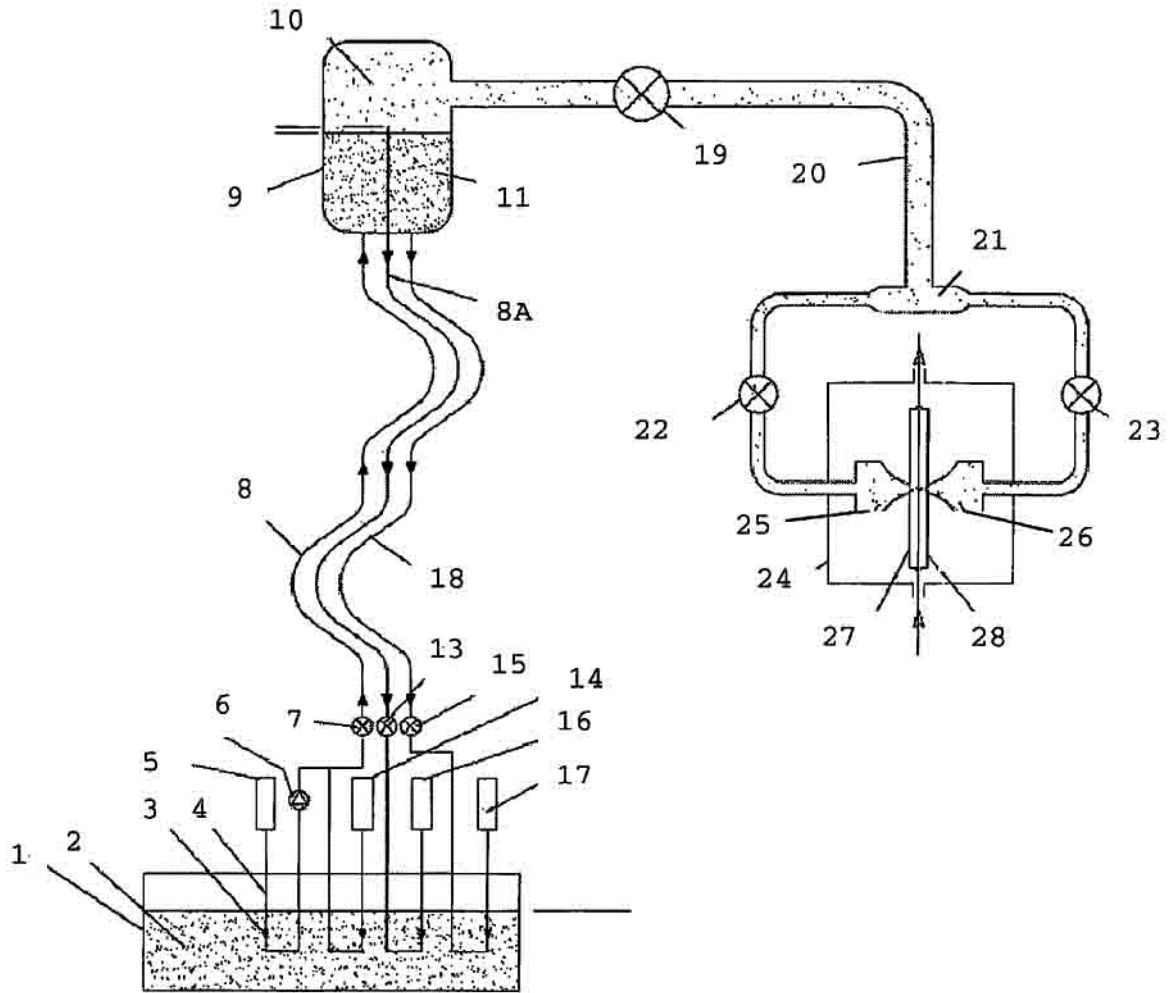


FIG.1

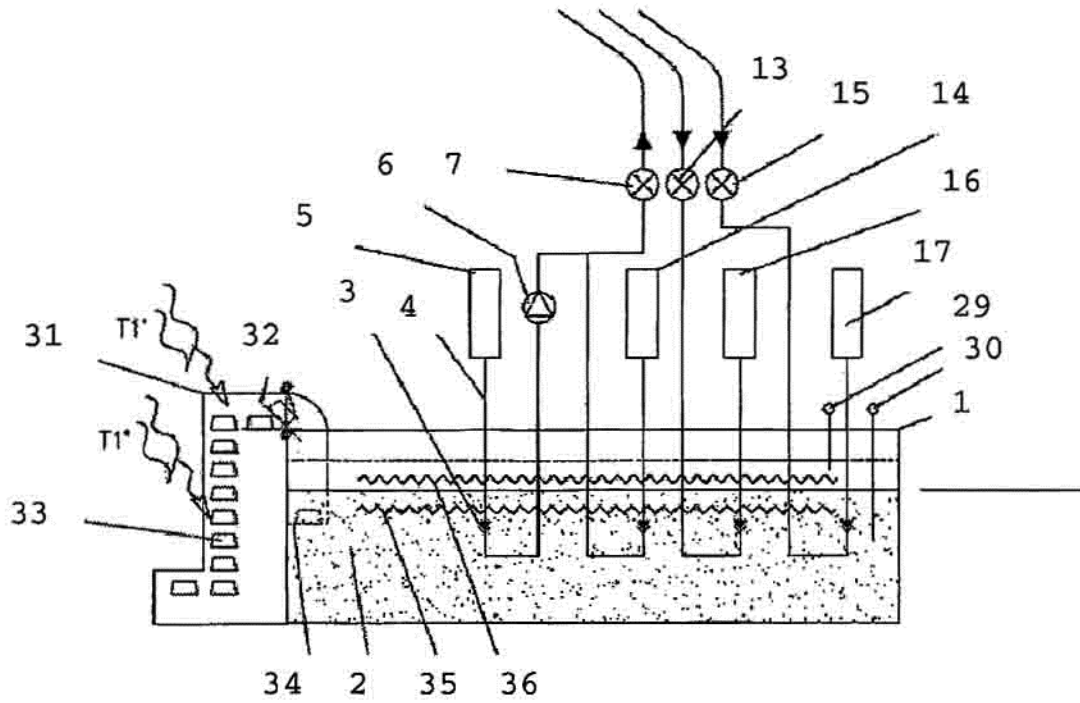


FIG. 2

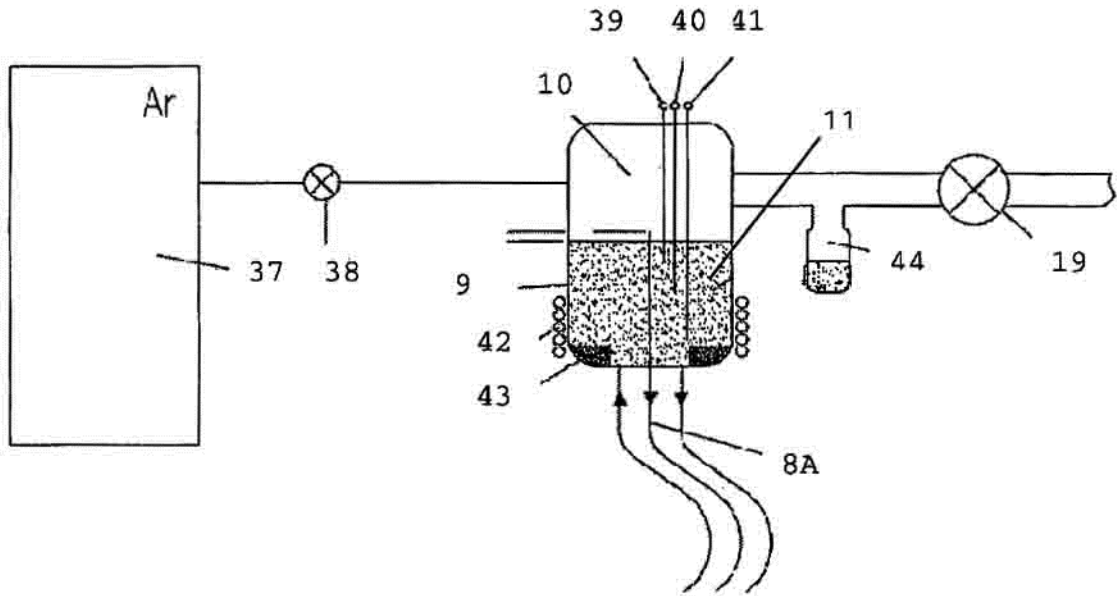


FIG. 3

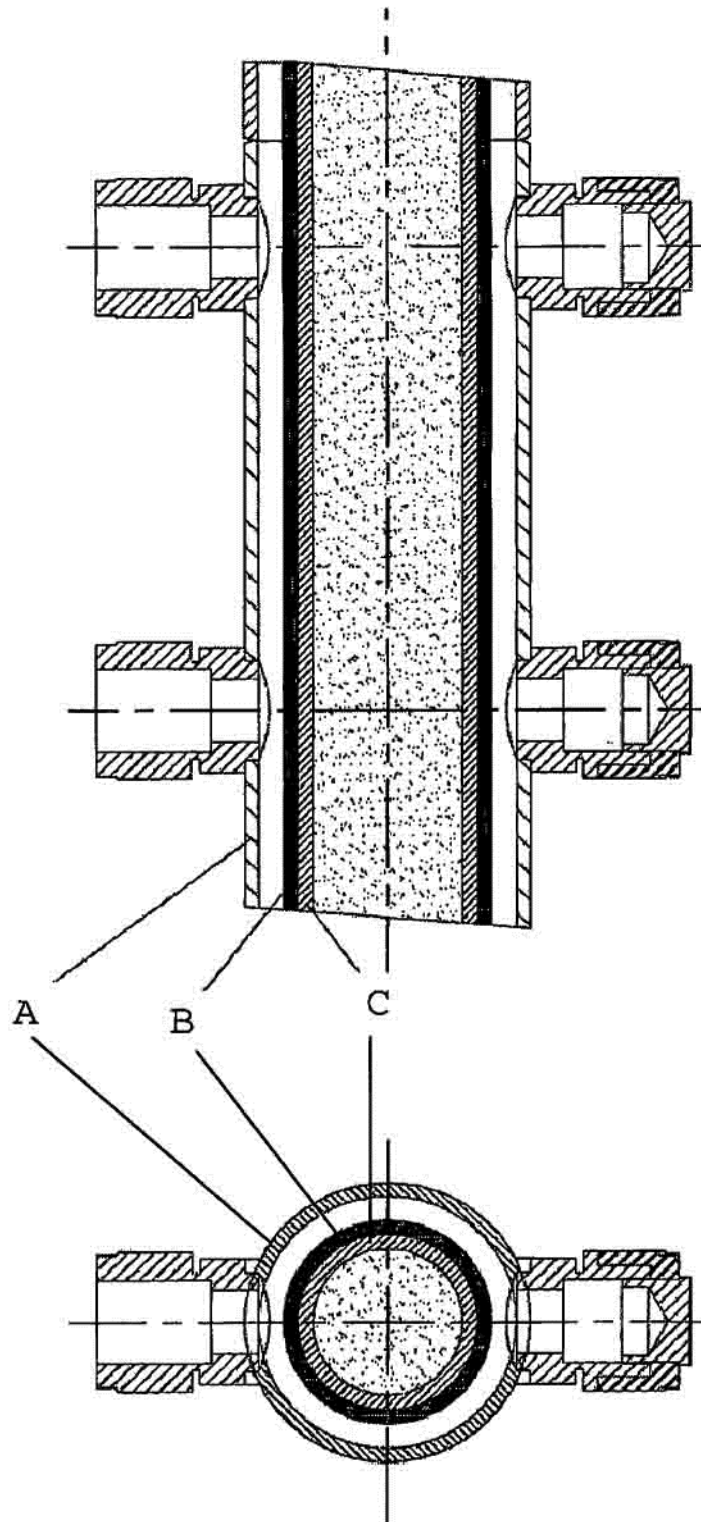


FIG. 4