

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 599 364**

51 Int. Cl.:

C23C 14/16 (2006.01)

C23C 14/24 (2006.01)

C23C 14/56 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.03.2008 PCT/FR2008/000347**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.11.2008 WO08142222**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.03.2008 E 08787802 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.07.2016 EP 2129810**

54 Título: **Procedimiento de revestimiento de un sustrato e instalación de depósito al vacío de aleación metálica**

30 Prioridad:

20.03.2007 EP 07290342

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

01.02.2017

73 Titular/es:

**ARCELORMITTAL (100.0%)
24-26 Boulevard d'Avranches
1160 Luxembourg, LU**

72 Inventor/es:

**CHOQUET, PATRICK;
SILBERBERG, ERIC;
SCHMITZ, BRUNO y
CHALEIX, DANIEL**

74 Agente/Representante:

PONTI SALES, Adelaida

ES 2 599 364 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 de revestimiento de un sustrato e instalación de depósito al vacío de aleación metálica

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento para el revestimiento continuo de un sustrato y una instalación de depósito al vacío de revestimientos formados por aleaciones metálicas, como por ejemplo aleaciones de cinc y magnesio, estando destinado dicho procedimiento en particular al revestimiento de flejes de acero sin por ello limitarse a tal fin.
- 10 **[0002]** Se conocen diversos procedimientos que sirven para depositar revestimientos metálicos compuestos por aleaciones sobre un sustrato tal como un fleje de acero. Entre ellos, se pueden citar los revestimientos por inmersión en caliente, la electrodeposición o los diversos procedimientos de depósito al vacío como la evaporación al vacío o la pulverización catódica por magnetrón.
- 15 **[0003]** Se conoce un procedimiento de evaporación al vacío descrito en el documento WO 02/06558, que consiste en evaporar conjuntamente dos elementos en una cámara para mezclar los vapores de los elementos entre ellos antes de proceder al depósito sobre el sustrato.
- [0004]** Sin embargo, la aplicación industrial de este procedimiento resulta difícil y no es posible para una
20 producción que deba garantizar una composición del revestimiento que sea estable en grandes longitudes del sustrato.
- [0005]** También es posible depositar sucesivamente sobre el sustrato una capa de cada uno de los
25 elementos constitutivos de la aleación y a continuación llevar a cabo un tratamiento térmico de difusión que dé lugar a la obtención de una capa de aleación de composición lo más homogénea posible. Así, es posible realizar en particular revestimientos de cinc-magnesio que pueden reemplazar ventajosamente a los revestimientos de cinc puro u otras aleaciones de cinc.
- [0006]** El depósito sucesivo de cada uno de los elementos se puede hacer en particular mediante
30 evaporación conjunta al vacío de cada elemento colocado en un crisol separado, como se describe en el documento EP 730 045, así como realizando un depósito de un elemento al vacío en un fleje previamente recubierto con otro elemento mediante un procedimiento de inmersión convencional.
- [0007]** Sin embargo, el tratamiento térmico de difusión subsiguiente puede resultar complejo y caro porque
35 implica el uso de grandes cantidades de gas inerte para evitar la oxidación de la capa a altas temperaturas durante el tratamiento térmico. Además, para evitar cualquier riesgo de oxidación entre el depósito del magnesio y el inicio del tratamiento de difusión, es necesario practicar ambas operaciones inmediatamente después una de otra sin exponer el fleje al aire libre.
- 40 **[0008]** Este tratamiento térmico también puede plantear problemas para algunos materiales que no son compatibles con una elevación excesiva de la temperatura. Se pueden mencionar los flejes de acero endurecido en horno (*bake-hardening*), que contienen altas cantidades de carbono en solución sólida, que no debe precipitarse hasta que el usuario del material haya dado forma al fleje.
- 45 **[0009]** Además, en este tipo de procedimiento, es muy difícil obtener un revestimiento de composición constante en un sustrato de gran longitud, ya que es conveniente controlar de manera muy precisa el espesor de cada capa en el tiempo.
- [0010]** Por último, el tratamiento de difusión sin duda permite formar la aleación, pero también puede conducir
50 a la difusión de elementos del sustrato hacia el revestimiento, con lo que lo contamina en la interfaz con el sustrato.
- [0011]** El documento EP1174526A1 describe un procedimiento de revestimiento continuo de una aleación binaria, por ejemplo Zn-Mg, al vacío con un chorro de vapor a una velocidad sónica. Las proporciones relativas de los vapores son constantes. Los dos baños, de cinc y magnesio respectivamente, se llevan a una temperatura
55 elevada y los vapores pasan por una constricción para alcanzar una velocidad sónica.
- [0012]** Por consiguiente, el objeto de la presente invención es solventar los inconvenientes de los procedimientos y de las instalaciones de la técnica anterior proporcionando una instalación de depósito al vacío de revestimientos formados por aleaciones de metales y un procedimiento para fabricar un fleje metálico recubierto con

una capa de aleación metálica, que permitan una aplicación industrial sencilla, en pocos pasos, así como la obtención de un revestimiento de composición constante, todo ello sobre sustratos de diversa naturaleza.

5 **[0013]** Con tal fin, un primer objeto de la presente invención está constituido por un procedimiento de revestimiento de un sustrato (S) según el cual se deposita continuamente sobre dicho sustrato (S) una capa de aleación metálica a base de cinc y que comprende una proporción de magnesio predeterminada comprendida entre el 4 % y el 20 % en peso, por medio de una instalación de depósito al vacío (1, 11, 21) que comprende un dispositivo de revestimiento por chorro de vapor (7, 17) que permite proyectar sobre el sustrato (S), a una velocidad sónica, un vapor obtenido por evaporación de un baño metálico a base de cinc y que comprende inicialmente una proporción
10 predeterminada de magnesio del 30 % al 55 % en peso de magnesio, manteniéndose dicha proporción inicial constante durante el depósito mediante unos medios de ajuste de la composición del baño de aleación metálica que comprenden unos medios de alimentación de los medios de evaporación (3, 13) con la aleación metálica fundida de composición controlada.

15 **[0014]** El procedimiento de acuerdo con la invención también puede comprender diferentes características, individualmente o combinadas:

- se deposita continuamente sobre el sustrato una capa de aleación metálica a base de cinc y que comprende una proporción predeterminada de magnesio de entre 4 % y 18 % en peso, por evaporación de un baño de aleación
20 metálica a base de cinc y que comprende inicialmente una proporción predeterminada de magnesio del 30 % al 50 % en peso de magnesio, manteniéndose la proporción inicial constante durante el depósito,
- los elementos metálicos tienen unas temperaturas de evaporación cuya diferencia no supera los 100 °C a la presión de evaporación elegida,
- se deposita una capa de aleación metálica con un espesor comprendido entre 0,1 y 20 µm,
- 25 - el sustrato es un fleje de metal y preferiblemente un fleje de acero,
- el fleje de metal es un acero endurecido en horno (*bake-hardening*),

30 **[0015]** Un segundo objeto de la invención está constituido por una instalación de depósito al vacío continuo de revestimientos formados por aleaciones metálicas que comprenden al menos dos elementos metálicos sobre un sustrato en movimiento, que comprende una cámara de depósito al vacío y unos medios de desplazamiento del sustrato dentro de dicha cámara, de acuerdo con la reivindicación 6 o 7.

35 **[0016]** La invención consiste en depositar sobre un sustrato una aleación metálica de una determinada composición mediante el procedimiento de revestimiento por chorro de vapor a velocidad sónica.

40 **[0017]** Gracias a la diferencia de presión que se crea entre un crisol de evaporación cerrado y la cámara de depósito, es posible generar a través de una ranura estrecha un chorro de vapor metálico cuya velocidad puede ser sónica. Es posible remitirse al documento WO 97/47782 para consultar una descripción más completa de los detalles de este tipo de dispositivo.

45 **[0018]** El vapor que alimenta al dispositivo de depósito mediante chorro de vapor procede de la evaporación al vacío directa de un baño de la propia aleación, manteniéndose la composición del baño constante en el tiempo.

50 **[0019]** En efecto, si se toma como ejemplo una aleación a base de cinc que comprende magnesio, cada uno de esos dos elementos tiene una presión de vapor diferente. La composición de la capa depositada no será, por tanto, la misma que la del lingote utilizado como materia prima de la evaporación. Por lo tanto, como se puede ver en la Figura 1, que representa el contenido en porcentaje (%) en peso de magnesio en el revestimiento en el eje de ordenadas, en función del contenido en % en peso de magnesio del baño, en el eje de abscisas, se observa que, para obtener un contenido de 16 % de magnesio en el revestimiento, es necesario que el baño metálico tenga un 48 % de magnesio.

55 **[0020]** Debido a esta diferencia en las presiones de vapor de los elementos de la aleación, la composición del baño de aleación utilizado para la evaporación y, de hecho, el correspondiente flujo de vapor, evolucionarán con el tiempo con un enriquecimiento progresivo en magnesio en el caso del zinc-magnesio.

[0021] Para mantener la composición del flujo de evaporación constante en el tiempo, es necesario un dispositivo que permita mantener la composición del baño constante si se quiere poder depositar este tipo de revestimiento en el marco de una aplicación industrial.

[0022] Otras características y ventajas de la invención resultarán evidentes tras la lectura de la siguiente descripción, que se da únicamente a modo de ejemplo y con referencia a las figuras adjuntas:

- la figura 1 representa el contenido en % en peso de magnesio de un revestimiento de Zn-Mg en función del contenido en % en peso de magnesio en el baño de metal líquido antes de la evaporación,
- la figura 2 representa una primera realización de una instalación de acuerdo con la invención,
- la figura 3 representa una segunda realización de una instalación de acuerdo con la invención,
- la figura 4 representa la microestructura de un revestimiento de aleación de 5 µm de aleación Zn-Mg depositado sobre un acero de bajo contenido en carbono laminado en frío.

10

[0023] La siguiente descripción se referirá a un revestimiento de aleación de cinc que comprende magnesio, pero se entiende que la instalación de acuerdo con la invención no está limitada a ello y permite el depósito de muchos otros revestimientos a base de aleaciones metálicas.

- [0024]** Se representa una primera realización de una instalación de acuerdo con la invención de forma más concreta en la figura 2, en la que se observa una instalación 1 que comprende una cámara de depósito al vacío 2. Dicha cámara 2 se mantiene preferiblemente a una presión comprendida entre 10^{-8} y 10^{-4} bar. Comprende una compuerta de entrada y una compuerta de salida (no representadas), entre las que circula un sustrato S como, por ejemplo, un fleje de acero.

- [0025]** El desplazamiento del sustrato S podrá hacerse por cualquier medio adecuado, dependiendo de la naturaleza y forma del mismo. Se podrá utilizar, en particular, un rodillo de soporte giratorio en el que pueda apoyarse un fleje de acero.

- [0026]** Situado enfrente de la cara del sustrato S que se va a revestir, hay una pequeña cámara de extracción 7 provista de una ranura estrecha cuyo tamaño es semejante al formato del sustrato que se va a revestir. Dicha cámara podrá estar hecha de grafito, por ejemplo, y puede montarse, directa o indirectamente, en un crisol de evaporación 3 que contiene el metal líquido que se depositará sobre el sustrato S. La carga continua de metal líquido del crisol de evaporación 3 se realiza a través de un conducto 4 conectado con un horno de fusión 5, colocado debajo de la cámara de extracción 7 y que está a presión atmosférica. Un conducto de alimentación 6 une además directamente el crisol de evaporación 3 al horno de recarga 5. Los elementos 3, 4, 5 y 6 se calientan a temperaturas suficientemente altas como para no tener condensación del vapor metálico ni solidificación del metal en sus respectivas paredes.

- [0027]** El crisol de evaporación 3 y el horno de recarga 5 de metal líquido cuentan ventajosamente con un dispositivo de calentamiento por inducción (no representado) que tiene la ventaja de facilitar la mezcla y la homogeneización de la composición del baño de aleación metálica.

- [0028]** Cuando se quiere poner en funcionamiento la instalación 1, se determina previamente la composición de la aleación metálica que se quiere depositar sobre el sustrato y, a continuación, se determina la composición del baño que permita obtener, en equilibrio con ese baño, un vapor que tenga la composición del revestimiento deseado. Se elaboran entonces unos lingotes L de aleación metálica con esa composición específica, que después se introducen continuamente en el horno de recarga 5.

- [0029]** Una vez fundidos los lingotes L, se calientan el crisol de evaporación 3 y el conducto 6 y, a continuación, se hace el vacío en el crisol de evaporación 3. El metal líquido contenido en el horno de recarga 5 llena entonces el crisol de evaporación 3. Durante el funcionamiento del dispositivo, se mantiene un nivel constante de metal líquido en el crisol de evaporación 3 mediante el ajuste de la altura entre el crisol de evaporación 3 y el horno de recarga 5 o mediante la activación de una bomba P de metal líquido. Una bomba de circulación instalada en el conducto de alimentación 6 (no representada) se encarga de renovar permanentemente el metal líquido del crisol de evaporación 3, con el fin de minimizar la acumulación de impurezas que, al cabo de cierto tiempo, podría disminuir considerablemente las velocidades de evaporación del metal.

- [0030]** Esto garantiza que el baño se renueva continuamente y por tanto tiene permanentemente la composición requerida en cualquier punto, al tiempo que minimiza la cantidad de material necesario para el revestimiento del sustrato.

- [0031]** El crisol de evaporación 3 está a su vez provisto de unos medios de calentamiento que permiten que el vapor se forme y alimente un dispositivo de revestimiento por chorro de vapor constituido por la cámara de extracción 7, que proyecta un chorro de vapor sónico sobre el sustrato S en desplazamiento.

- [0032]** Sorprendentemente, se ha observado que la proyección de un chorro sónico de vapor metálico sobre un sustrato permite obtener un revestimiento de aleación AB con una mezcla de los elementos A y B a escala nanométrica. Este resultado es muy importante en términos de resistencia a la corrosión debido a que, en este caso, no se pueden formar microcuerpos en la superficie del revestimiento de aleación AB cuando este está en contacto con condensados líquidos.
- [0033]** El orificio de salida del chorro sónico podrá adoptar cualquier forma adecuada, como una ranura de longitud y anchura ajustables, por ejemplo. De ese modo, este procedimiento permite adaptar fácilmente la anchura del orificio de salida del vapor para mantener un chorro sónico en una amplia gama de temperaturas de superficie del metal evaporado y por tanto del caudal de evaporación. Además, la posibilidad de adaptar su longitud a la del formato del sustrato que se va a revestir permite minimizar las pérdidas de metal evaporado.
- [0034]** En una segunda realización como la representada en la figura 3, se observa una instalación 11 que comprende una cámara de depósito al vacío 12, similar a la cámara 2. Hay un crisol de evaporación 13 situado debajo de la cámara al vacío 12 y unido a ella mediante un conducto 14.
- [0035]** El horno de recarga 15 está colocado junto al crisol de evaporación 13 y ambos elementos comparten una pared común 16 que tiene una abertura de comunicación 19, situada por debajo del nivel del baño de aleación metálica, pero por encima del fondo de esos dos elementos con el fin de evitar la introducción en el crisol de evaporación 13 de las impurezas que se hubieran depositado en el horno de recarga 15.
- [0036]** El crisol de evaporación 13 está situado además en un área confinada 18, colocada aparte de la cámara al vacío 12.
- [0037]** El conducto 14 alimenta un dispositivo de revestimiento por chorro de vapor 17, similar al dispositivo 7.
- [0038]** De la misma manera que anteriormente, se determina previamente la composición del revestimiento que se quiere obtener en el sustrato y, a continuación, se deduce la composición del baño metálico que debe estar en el crisol de evaporación 13 y, en consecuencia, la composición de los lingotes de metal L con los que se debe alimentar el horno de recarga 15.
- [0039]** Se colocan estos en el horno de recarga 15, que tiene un sistema de calentamiento por inducción. A medida que se van fundiendo, la aleación metálica pasa del horno de recarga 15 al crisol de evaporación 13 a través de la abertura 19. El propio crisol de evaporación 13 dispone de un sistema de calentamiento por inducción para generar un vapor de aleación metálica que presente la composición requerida. Dicho vapor se encauza hacia el dispositivo de depósito por chorro de vapor 17 a través del conducto 14, que cuenta ventajosamente con una válvula de regulación del caudal de vapor V.
- [0040]** La existencia de una abertura de comunicación 19 entre el horno de recarga 15 y el crisol de evaporación 13 permite alimentar el crisol de evaporación 13 y también realizar una circulación constante entre estos dos elementos, lo que permite garantizar el mantenimiento de una composición constante en cada punto del baño contenido en el crisol de evaporación 13.
- [0041]** El procedimiento de acuerdo con la invención se aplica más específicamente, aunque no únicamente, al tratamiento de flejes de acero, previamente revestidos o no. Por supuesto, se podrá emplear el procedimiento de acuerdo con la invención a cualquier sustrato revestido o no, como por ejemplo flejes de aluminio, vidrio o cerámica.
- [0042]** Se aplicará en particular a sustratos cuyas propiedades puedan deteriorarse durante un tratamiento térmico de difusión, como los flejes de acero *bake-hardening*, que contienen altas cantidades de carbono en solución sólida, que no debe precipitarse antes de haber sido moldeado mediante prensado o cualquier otro procedimiento adecuado. La aplicación del procedimiento de acuerdo con la invención permite así compatibilizar el depósito de aleaciones metálicas con la mayoría de las metalurgias.
- [0043]** Su objetivo es, en particular, la obtención de revestimientos de cinc-magnesio, pero no se limita a dichos revestimientos y engloba, preferiblemente, cualquier revestimiento a base de una aleación metálica cuyos elementos tengan temperaturas de evaporación cuya diferencia no supere los 100 °C, ya que se facilita entonces el control de sus respectivas proporciones.

[0044] Se pueden citar así, a título informativo, los depósitos de cinc y de elementos como cromo, níquel, titanio, manganeso o aluminio.

[0045] Por otra parte, aunque el procedimiento y la instalación de acuerdo con la invención están destinadas más concretamente al depósito de aleaciones metálicas binarias, es obvio que se pueden adaptar al depósito de aleaciones metálicas ternarias, como Zn-Mg-Al, o al depósito de aleaciones cuaternarias, como por ejemplo Zn-Mg-Al-Si.

[0046] En el caso del depósito de cinc-magnesio, el espesor del revestimiento estará preferiblemente entre 0,1 y 20 μm . En efecto, por debajo de 0,1 μm , la protección contra la corrosión del sustrato podría ser insuficiente. El espesor del revestimiento no supera 20 μm porque no es necesario llegar más lejos para obtener el nivel de resistencia a la corrosión requerido en la industria del automóvil o en la construcción, entre otros. En general, podrá limitarse el espesor a 5 μm para aplicaciones de automoción.

[0047] La realización de pruebas industriales muestra que el depósito mediante este procedimiento permite obtener una alta velocidad de depósito, un revestimiento de 5 μm de aleación Zn-Mg que se puede depositar sobre una línea que se desplaza a 10 m/min y con un rendimiento material superior al 98 % gracias a la orientación de la dirección del chorro. Además, las capas de revestimiento obtenidas tienen una excelente compacidad gracias a una energía de vapor más elevada. La Figura 4 muestra así la microestructura de un revestimiento de 5 μm de aleación Zn-Mg depositado sobre un acero bajo en carbono laminado en frío.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de revestimiento de un sustrato (S) según el cual se deposita continuamente sobre dicho sustrato (S) una capa de aleación metálica a base de cinc y que comprende una proporción de magnesio predeterminada comprendida entre el 4 % y el 20 % en peso, por medio de una instalación de depósito al vacío (1, 11, 21) que comprende un dispositivo de revestimiento por chorro de vapor (7, 17) que permite proyectar sobre el sustrato (S), a una velocidad sónica, un vapor obtenido por evaporación de un baño metálico a base de cinc y que comprende inicialmente una proporción predeterminada de magnesio del 30 % al 55 % en peso de magnesio, manteniéndose dicha proporción inicial constante durante el depósito mediante medios de ajuste de la composición del baño de aleación metálica que comprende medios de alimentación de los medios de evaporación (3, 13) con la aleación metálica fundida de composición controlada.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, según el cual se deposita continuamente sobre el sustrato una capa de aleación metálica a base de cinc y que comprende una proporción predeterminada de magnesio de entre 4 % y 18 % en peso, por evaporación de un baño de aleación metálica a base de cinc y que comprende inicialmente una proporción predeterminada de magnesio del 30 % al 50 % en peso de magnesio, manteniéndose la proporción inicial constante durante el depósito.
3. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, según el cual se deposita una capa de aleación metálica de un espesor comprendido entre 0,1 y 20 μm .
4. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, según el cual dicho sustrato (S) es un fleje metálico y preferiblemente un fleje de acero.
5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, según el cual dicho fleje metálico es un acero endurecido en horno (*bake-hardening*).
6. Instalación de depósito al vacío continuo (1, 21) de revestimientos formados por aleaciones metálicas que comprenden al menos dos elementos metálicos sobre un sustrato (S) en movimiento, que comprende una cámara de depósito al vacío (2) y unos medios de desplazamiento de dicho sustrato (S) dentro de dicha cámara (2), comprendiendo dicha instalación (1, 21) además:
- un dispositivo de revestimiento por chorro de vapor sónico (7) y
 - unos medios de alimentación de dicho dispositivo de revestimiento (7) con vapor que comprende al menos dos elementos metálicos en una proporción predeterminada y constante,
 - unos medios de evaporación (3) de un baño de aleación metálica que comprende los citados elementos metálicos, que alimentan dicho dispositivo de revestimiento (7) y que están constituidos por un crisol de evaporación (3) provisto de unos medios de calentamiento y los citados medios de alimentación de dicho crisol de evaporación (3) de una aleación metálica fundida de composición controlada que comprenden un horno de recarga (5) conectado a unos medios de alimentación de lingotes metálicos y provisto de un sistema de calentamiento, estando dicho horno de recarga (5) conectado al crisol de evaporación (3) que alimenta,
 - unos medios de ajuste de la composición del baño de aleación metálica que permiten mantenerla constante en el tiempo y que comprenden unos medios de alimentación de los medios de evaporación (3, 13) con la aleación metálica fundida de composición controlada,
 - unos medios de circulación continua del baño en forma de conducto de alimentación (6) que conecta el citado crisol de evaporación (3) y el citado horno de recarga (5),
 - estando el mencionado crisol de evaporación (3) situado en la citada cámara al vacío (2) y el mencionado horno de recarga (5) fuera de dicha cámara al vacío (2).
7. Instalación de depósito al vacío continuo (11, 21) de revestimientos formados por aleaciones metálicas que comprenden al menos dos elementos metálicos sobre un sustrato (S) en movimiento, que comprende una cámara de depósito al vacío (12) y unos medios de desplazamiento de dicho sustrato (S) dentro de dicha cámara (12), comprendiendo dicha instalación (11, 21) además:
- un dispositivo de revestimiento por chorro de vapor sónico (17) y
 - unos medios de alimentación de dicho dispositivo de revestimiento (17) con vapor que comprende al menos dos elementos metálicos en una proporción predeterminada y constante,
 - unos medios de evaporación (13) de un baño de aleación metálica que comprende los citados elementos metálicos, que alimentan dicho dispositivo de revestimiento (17) y que están constituidos por un crisol de

evaporación (13) provisto de unos medios de calentamiento y los citados medios de alimentación de dicho crisol de evaporación (13) de una aleación metálica fundida de composición controlada que comprenden un horno de recarga (15) conectado a unos medios de alimentación de lingotes metálicos y provisto de un sistema de calentamiento, estando dicho horno de recarga (15) conectado al crisol de evaporación (13) que alimenta,

5 - unos medios de ajuste de la composición del baño de aleación metálica que permiten mantenerla constante en el tiempo y que comprenden unos medios de alimentación de los medios de evaporación (13, 13) con la aleación metálica fundida de composición controlada,

10 en la que dicho horno de recarga (15) y dicho crisol de evaporación (13) están situados uno junto al otro y tienen una pared común (16) que tiene al menos una abertura (19) situada por debajo del nivel del baño de aleación metálica y por encima del fondo de los citados horno (15) y crisol (13) y en la que dicho crisol de evaporación (13) está situado en un área confinada (18) y dicho horno de recarga (15) está situado fuera de dicha área confinada (18).

Fig. 1

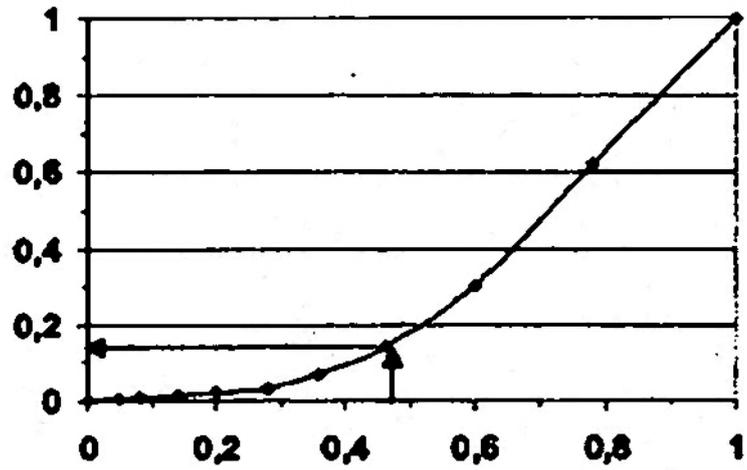


Fig. 2

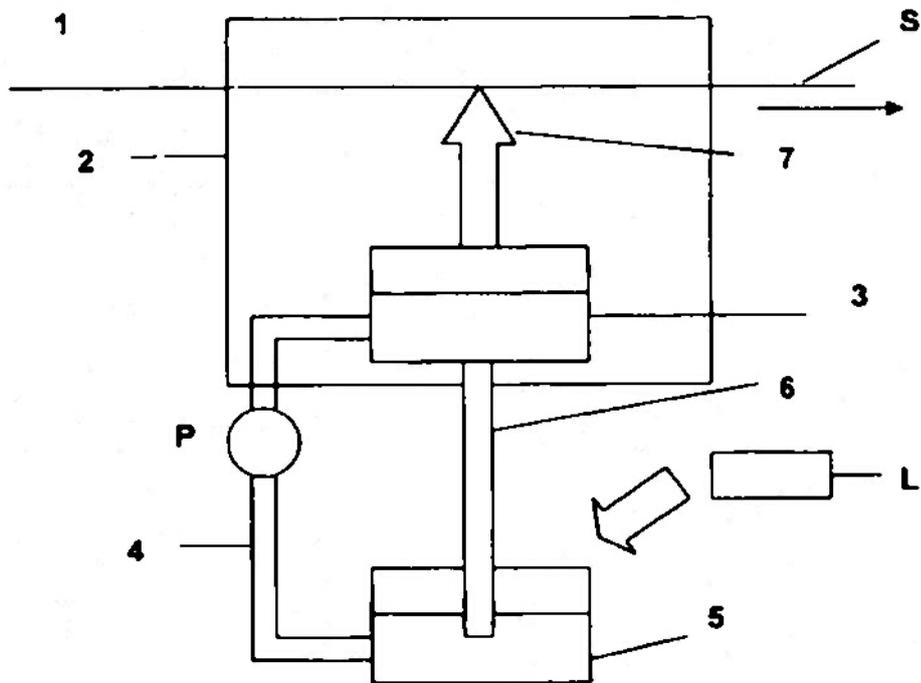


Fig. 3

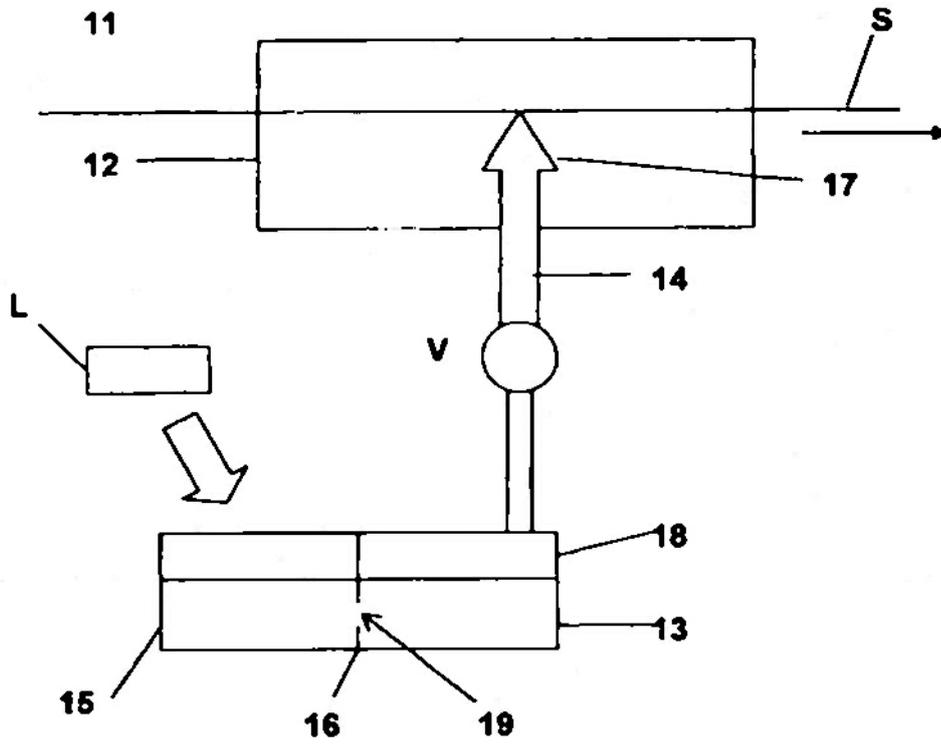


Fig. 4

