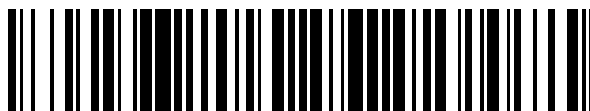


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 647 215**

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: **10.10.2008 PCT/EP2008/063638**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.04.2009 WO09047333**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.10.2008 E 08805229 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.10.2017 EP 2198070**

54 Título: **Generador de vapor industrial para el depósito de un revestimiento de aleación sobre una banda metálica**

30 Prioridad:

12.10.2007 EP 07447056

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

20.12.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

SALVA FERRER, Joan

ES 2 647 215 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

Generador de vapor industrial para el depósito de un revestimiento de aleación sobre una banda metálica

5 OBJETO DE LA INVENCION

[0001] La presente invención se refiere a un generador de vapor industrial para revestir al vacío y de forma continua un sustrato en movimiento, más particularmente, una banda metálica, por medio de un vapor metálico en vista de formar una capa de metal y, de preferencia, una capa de aleación metálica sobre su superficie, de manera
10 que se garantice una excelente resistencia a la corrosión a la vez que se conservan unas buenas características de embutido y de soldabilidad.

ESTADO DE LA TÉCNICA

15 [0002] Se conoce desde finales de los años 1980 que el depósito de ciertas aleaciones, tales como ZnMg, en la superficie de una banda de acero, tiene una función protectora del acero. La excelente resistencia a la corrosión de la aleación ZnMg se atribuye a la naturaleza de los productos de corrosión formados en la superficie de la banda según una capa extremadamente densa que desempeña la función de película-barrera.

20 [0003] Tal depósito de aleación no es generalmente posible por medio de unas técnicas habituales tales como el depósito electrolítico, el revestimiento al temple, etc. Así, a presión atmosférica, al temple, se puede tener contaminación del baño de metal líquido por el oxígeno del aire, que forma unos óxidos en la superficie del baño.

[0004] La única salida posible es por tanto con frecuencia la evaporación al vacío del metal líquido, puro o en
25 forma de aleación (técnica PVD, *Pressure Vapor Déposition*).

[0005] En el marco de esta técnica, se conoce la colocación del sustrato en un recinto al vacío mantenido a baja temperatura y que contiene un crisol de metal fundido. El depósito se efectúa entonces en todas las paredes cuya temperatura es inferior a la temperatura del vapor metálico. Para aumentar el rendimiento de depósito sobre el
30 sustrato y evitar los desperdicios, se tiene por tanto interés en calentar las paredes del recinto.

[0006] El documento US-A-5,002,837 describe el depósito por evaporación de un revestimiento bicapa Zn/ZnMg con una fase totalmente aleada Zn_2Mg o $Zn_2Mg/Zn_{11}Mg_2$.

35 [0007] En el documento EP-A-0 730 045, se describe un revestimiento de banda de acero con un depósito de 3 ó 5 capas de aleación ZnMg depositadas al vacío y que garantizan una muy buena resistencia a la corrosión con un mínimo de espolvoreo durante el embutido.

[0008] En el documento WO-A-02/06558 (o EP-A-1 174 526), un revestimiento ZnMg se obtiene al vacío por
40 co-evaporación a partir de dos crisoles, conteniendo uno cinc y el otro magnesio. Antes de la proyección sobre la banda, los vapores se mezclan en un eyector y cada conducto de vapor presenta un dispositivo de estrechamiento o una restricción en forma de placas provistas de agujeros o ranuras de diferentes formas, que permiten obtener un chorro de vapor a la velocidad sónica y un flujo de vapor máximo en el eyector. La admisión del vapor a partir de los crisoles en la cámara de vacío, a través del eyector se efectúa abriendo unas válvulas todo o nada o en dos
45 posiciones «On/Off» (*mechanical shutters*) que están respectivamente abiertas en la puesta en marcha y cerradas en la detención del sistema. La utilización de estas válvulas aporta una solución potencial al problema de calentamiento o refrigeración durante la puesta en marcha o la detención. Si es necesario recalentar el vapor de manera controlada para alejar el riesgo de recondensación, se propone la utilización de un intercambiador de calor tal como un filtro poroso conductor y calentado por inducción en el conducto atravesado por el vapor.

50 [0009] En el documento WO-A-02/14573, se describe la elaboración de un revestimiento a partir de un revestimiento galvanizado de base obtenido por un procedimiento convencional de galvanización al temple o electro-galvanizado, en sí mismo revestido a continuación de magnesio al vacío. Un calentamiento rápido por inducción permite poner durante unos segundos el depósito en fusión y obtener después de la refrigeración, una distribución
55 microestructural favorable de fase aleada ZnMg en todo el espesor de la capa.

[0010] La parte solicitante ha propuesto además un producto industrial bicapa electro-galvanizado(aleación ZnMg obtenido por la vía PVD (EP-A-0 756 022), así como una mejora del procedimiento con un sistema de calentamiento infrarrojo para realizar la aleación del magnesio con el cinc a fin de minimizar la formación de fase

intermetálica frágil FeZn.

[0011] En el documento WO-A-97/47782, se describe un procedimiento para revestir de forma continua un sustrato en movimiento en el que el vapor metálico se genera calentando por inducción un crisol que contiene un baño constituido por el metal de revestimiento en un recinto al vacío. El vapor se escapa del crisol por un conducto que lo lleva hacia un orificio de salida, de preferencia calibrado, de manera que forme un chorro dirigido hacia la superficie del sustrato que se va a revestir. La utilización de un orificio en forma de una ranura longitudinal de sección estrecha permite la regulación del flujo másico de vapor, a una velocidad sónica constante a lo largo de la ranura (orificio crítico), lo que tiene la ventaja de obtener un depósito uniforme. Nos referiremos posteriormente a esta técnica utilizando el acrónimo «JVD» (para *Jet Vapor Déposition*).

[0012] Esta tecnología presenta no obstante varios defectos, entre los cuales especialmente:

- la alimentación permanente de metal líquido implica prever el retorno a la cuba de este en uno o varios puntos;
- comprendiendo el metal líquido unas impurezas, hay concentración de estas impurezas en superficie del baño después de la evaporación, lo que reduce el flujo. Una solución sería una criba de la superficie o un reciclado de la carga pero cualquier operación mecánica se vuelve difícil al vacío;
- la dificultad de adaptar la ranura de evaporación a un ancho de banda variable, lo que implica unos medios de ocultación de ambos lados de la ranura y partiendo la realización de una estanqueidad al vapor al vacío y a 700 °C, lo que no es fácil de realizar;
- la dificultad de ocultar la ranura cuando el movimiento de la banda se interrumpe, lo que implicaría la presencia de una válvula lineal estanca sobre una longitud típica de 2 metros o más;
- la gran inercia térmica del sistema (al menos varios minutos);
- el calentamiento, realizado por inducción al vacío, necesita pasar toda la potencia eléctrica de calentamiento a través de la pared estanca al vacío, lo que no facilita la accesibilidad y la mantenibilidad de la instalación.

[0013] Por otro lado, el estado de la técnica no aporta solución satisfactoria a la necesidad de realizar el depósito de dos metales distintos, que implica la mezcla de dos chorros en salida del evaporador. La utilización de cajas de mezcla intermedias con deflectores no ha aportado ningún resultado concluyente.

[0014] Es posible realizar unas aleaciones de metal de revestimiento (ej. 85% Zn, 15% Mg) controlando rigurosamente la concentración de los dos metales en el crisol. No obstante, este control implica grandes dificultades de gestión del sistema y, en particular, la homogeneidad en el crisol, sobre todo si este no es de sección circular.

[0015] Se sabe también que la sociedad Sidrabe Inc. (Letonia) ha propuesto por otro lado un procedimiento PVD en el que la fuente de metal en fusión es desviada fuera de la cámara de depósito al vacío, inicialmente para evitar que a alta velocidad de evaporación, de finas partículas de magnesio sólido no se depositan sobre el sustrato. La separación de la zona de fusión de la caja de evaporación por un conducto de comunicación permite regular más fácilmente la evaporación. Una medida de presión de vapor se efectúa especialmente al nivel de este conducto (por ej. en SVC 505/856-7188 42nd Annual Technical Conference Proceedings (1999), pp.39-42).

[0016] El documento WO-A-2005/116290 propone una instalación de este tipo en la que nos niveles de metal líquido respectivos en el crisol de fusión y en el crisol de evaporación se regulan por medio de una bomba magnetohidrodinámica.

OBJETIVOS DE LA INVENCION

[0017] La presente invención tiene como objetivo suministrar una solución que permite liberarse de unos inconvenientes del estado de la técnica.

[0018] En particular, la invención tiene como objetivo alcanzar especialmente los objetivos siguientes:

- simplicidad de realización;
- accesibilidad y mantenimiento sencillos del o de los crisoles;
- excelente uniformidad del depósito metálico y mecanismo simple de adaptación del cabezal de depósito con unos anchos de banda variables y que pueden superar 2 metros;
- flujo de vapor maximizado;

- agitación magnética elevada que evita la segregación de las impurezas en superficie;
- regulación sencilla del flujo de vapor, por control de la potencia eléctrica y/o de la temperatura de superficie de evaporación;
- instalación facilitada por unas válvulas en unos conductos cilíndricos de diámetro reducido.

5

PRINCIPALES ELEMENTOS CARACTERÍSTICOS DE LA INVENCION

[0019] La presente invención se refiere, según la reivindicación principal 1, a un generador de vapor para el depósito de un revestimiento metálico sobre un sustrato, de preferencia una banda de acero, que comprende una
 10 cámara de vacío en forma de un recinto, provista de medios para asegurar un estado de depresión con respecto al medio exterior y provista de medios que permiten la entrada y la salida del sustrato, siendo a vez esencialmente estanca con respecto al medio exterior, englobando dicho recinto un cabezal de depósito de vapor, llamado eyector, conformado para crear un chorro de vapor metálico a la velocidad sónica en dirección de y perpendicular a la superficie del sustrato, estando dicho eyector en comunicación de manera estanca por medio de un conducto de
 15 alimentación con al menos un crisol que contiene un metal de revestimiento en forma líquida y situado en el exterior de la cámara de vacío, caracterizado porque el eyector comprende una ranura longitudinal de salida del vapor, que desempeña una función de orificio crítico, que se extiende sobre todo el ancho del sustrato, estando un medio filtrante o un órgano de pérdida de carga de materia sinterizada dispuesto en el eyector inmediatamente antes de dicha ranura sobre el paso del vapor para uniformizar la velocidad de flujo del vapor que sale del eyector por el
 20 orificio crítico. Se entiende por uniformizar la velocidad de flujo uniformizar y redirigir los vectores velocidad de dicho vapor.

[0020] Según unas formas de ejecución preferidas de la invención, mencionadas en las reivindicaciones dependientes, el generador de vapor según la invención consta además de una o varias de las características
 25 siguientes, que deben ser consideradas como tomadas en combinación con las características de la reivindicación principal;

- el medio filtrante u órgano de pérdida de carga está realizado en titanio;
- dicho medio filtrante u órgano de pérdida de carga es un tamiz metálico de fibras de acero inoxidable
 30 sinterizadas;
- el generador comprende unos medios para regular la presión de vapor metálica en el eyector sin provocar inercia durante unos transitorios de presión;
- dichos medios de regulación comprenden una válvula proporcional con opcionalmente un dispositivo de pérdida de carga dispuestos en dicho conducto;
- 35 - la válvula proporcional es una válvula de tipo mariposa;
- el generador consta de unos medios para ajustar la longitud de la ranura longitudinal al ancho del sustrato;
- dichos medios comprenden unos medios de rotación del eyector alrededor de su conducto de alimentación;
- el crisol contiene una mezcla de metales en forma líquida;
- el crisol es alimentado por bombeo o por gravedad del metal líquido a partir de un horno de fusión;
- 40 - el crisol consta de un inductor montado en el exterior, para asegurar la agitación magnética del metal líquido;
- el crisol consta de una purga hacia el horno de fusión por bombeo o flujo gravitatorio;
- el crisol consta de unos medios de medida de masa exteriores para regular el nivel de metal líquido;
- el eyector, el conducto y el crisol están aislados térmicamente del medio exterior y calentados por unos de
 45 los elementos calefactores de radiación, llamados simplemente más adelante «horno de radiación»;
- el generador consta de unos medios de calentamiento opcionales del recinto al vacío;
- el generador consta de dos crisoles que contienen unos metales en forma líquida diferentes;
- cada crisol está unido por un conducto apropiado a un mezclador, en sí mismo en comunicación con el eyector;
- 50 - cada conducto consta de una válvula con opcionalmente un dispositivo de pérdida de carga que permite el ajuste de las concentraciones de cada metal durante la mezcla de los vapores que se van a depositar sobre el sustrato y la regulación de la presión de los vapores metálicos en el mezclador sin provocar inercia durante unos transitorios de presión;
- el mezclador es el eyector en sí mismo y consta de un medio filtrante de materia sinterizada que permite
 55 uniformizar la velocidad de flujo del vapor de cada metal que sale del eyector;
- dicho medio filtrante de materia sinterizada está realizado de titanio o se presenta en la forma de un tamiz metálico de fibras de acero inoxidable sinterizadas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

[0021] Las figuras 1A a 1C representan esquemáticamente varios ejemplos de ejecución del generador de vapor industrial según la presente invención.

5 **[0022]** Las figuras 2A y 2B representan unos detalles de ejecución respectivamente del crisol de metal líquido y del eyector de vapor según una modalidad de ejecución preferida de la presente invención. La figura 2B ilustra en particular el sistema sencillo de adaptación del chorro de vapor al ancho de la banda por simple rotación del eyector alrededor de su eje.

10 **[0023]** Las figuras 3A a 3C representan varias vistas del eyector de vapor según la presente invención, que ilustran una distribución uniforme del metal vaporizado.

[0024] Las figuras 4 y 5 representan unos resultados de simulación en mecánica de los fluidos para la cámara de evaporación precitada (respectivamente temperatura y velocidad de salida).

15

[0025] La figura 6 muestra una micrografía obtenida para un depósito de magnesio sobre hierro negro obtenido con una instalación piloto según la presente invención.

20 **[0026]** La figura 7 ilustra un ejemplo de regulación de la apertura de las válvulas en la instalación según la invención, así como la velocidad de depósito media correspondiente, en el transcurso del tiempo para una temperatura del magnesio líquido igual a 690 °C.

[0027] La figura 8 representa esquemáticamente un generador de vapor según la invención en una forma de ejecución que permite un depósito de aleación de dos metales puros sobre el sustrato.

25

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

[0028] La solución preconizada según la presente invención consiste en utilizar un crisol de evaporación que está disociado de un cabezal de eyección JVD de ranura longitudinal de salida de vapor, llamada a continuación eyector. El principio general de tal dispositivo se representa en la figura 1A. Otra representación esquemática se da en la figura 1B. La descripción de conjunto de una instalación piloto se da en la figura 1C. El crisol 1 es alimentado por un conducto 1A a partir de un horno de fusión de magnesio 2, con decantación de las impurezas. El tipo de horno de fusión y los conductos utilizados son unos materiales usualmente utilizados en la industria de la fundición y bien conocidos por el experto en la materia.

35 Especialmente, la fusión y la carga en el aparato según la invención se realizan por unas técnicas probadas.

[0029] Siendo desviado el crisol 1 y de forma cilíndrica, una buena uniformidad de temperatura se puede alcanzar gracias a una agitación magnética importante. La agitación magnética garantizada por un inductor 1B montado sobre este crisol permite conservar una homogeneidad en todo el crisol, realizándose las segregaciones de impurezas no evaporadas (decantación y flotación) en el horno de fusión 2. Se asegura así la constancia en el tiempo de las condiciones de evaporación y, por tanto, de depósito. La agitación magnética se ajusta por la frecuencia de inducción en función de la naturaleza del crisol y de su tamaño.

45 **[0030]** El crisol desviado está unido al eyector 3 (doble en la figura 1A), que se encuentra en el recinto al vacío 6 en el que pasa la banda metálica 7, por un conducto cilíndrico 4, cuya sección se dimensiona para obtener una velocidad lenta (la velocidad a la salida del crisol es idealmente del orden del metro por segundo a unas decenas de metro por segundo).

[0031] La utilización de un conducto cilíndrico permite obtener una buena estanqueidad a alta temperatura y al vacío utilizando por ejemplo una válvula proporcional como una válvula de mariposa 5 tal como está disponible en el mercado. El flujo de vapor, que determina el espesor de metal depositado, es directamente proporcional a la potencia útil suministrada (potencia en el inductor menos pérdidas térmicas), independientemente de la posición de la válvula proporcional. Sin la utilización de tal válvula o utilizando una válvula todo o nada como en el documento EP-A-1 174 526, si se aumenta la temperatura del vapor, la presión se ajusta permaneciendo sobre la curva de equilibrio (P, T), pero con una cierta inercia, es decir no instantáneamente o provocando entonces unos transitorios importantes después del aporte brusco de energía. La utilización de una válvula proporcional permite obtener, para una misma temperatura, unas presiones diferentes antes de la válvula (al nivel del crisol) y después de esta. Si se aumenta la potencia suministrada, se mantiene constante la presión de depósito en un primer tiempo. La apertura de la válvula permite a continuación la distensión del vapor y el aumento de presión de depósito correspondiente al

punto de equilibrio sobre la curva (P, T), es decir la presión de vapor de saturación.

[0032] La figura 7 ilustra la utilización de tal válvula de mariposa 5, con eventualmente un dispositivo de pérdida de carga 5A, para la regulación del flujo de vapor. Los flujos másicos son constantes para una posición de 5 válvula dada y los transitorios son casi inexistentes.

[0033] Otra ventaja importante es que toda la parte exterior al recinto al vacío 6 es accesible, siendo la desventaja no obstante la realización obligatoria de la estanqueidad al vacío y a alta temperatura al nivel de las uniones en la parte desviada (no representado).

[0034] Para calentar el crisol, el conducto y el eyector, se utiliza un calentamiento de tipo horno exterior por radiación (de tipo horno cilíndrico con alambres o resistencias radiantes). Tales hornos se utilizan en laboratorio hasta una temperatura de 1.400-1.500 °C. Este horno es por tanto muy robusto ya que la temperatura de funcionamiento habitual para esta aplicación es del orden de 700 °C.

[0035] Gracias a este horno de radiación, el vapor se sobrecalienta, lo que permite alejarse de la temperatura de presión de vapor de saturación y, por tanto, del punto de condensación. El riesgo de recondensación disminuye por tanto. Además, unas simulaciones numéricas se han efectuado para determinar la gama de las velocidades que permiten evitar la expansión adiabática y, por tanto, la condensación después de la disminución de temperatura que deriva de ello.

[0036] El hecho de utilizar un calentamiento por el exterior de la cámara de vacío, con calorifugado apropiado, presenta un cierto número de ventajas:

- 25 - mantenimiento sencillo del sistema de calentamiento;
- aislamiento y calorifugado que se encuentran en el exterior de la cámara de vacío, que limitan los fenómenos de desgasificación al vacío;
- reducción de los problemas vinculados a la utilización de elementos calefactores al vacío y vinculados a la refrigeración de sus conexiones eléctricas;
- 30 - limitación del número de cartuchos de calentamiento al vacío en el eyector, con límite de utilización más alto (mejor resistencia en el tiempo). Por ejemplo, dos cartuchos de calentamiento a 1.100 °C son suficientes en el caso del calentamiento por radiación;
- utilización de técnicas de calentamiento y de elementos de calentamiento robustos y fiables.

35 DESCRIPCIÓN DE FORMAS DE EJECUCIÓN PREFERIDAS DE LA INVENCION

Instalación general

[0037] Según una forma de ejecución preferida de la invención representada en la figura 1B, un crisol 40 cilíndrico 1, que contiene magnesio fundido, es desplazado fuera de la cuba 6 y en comunicación con un cabezal JVD, a modo de eyector de vapor de magnesio que presenta una ranura de salida dispuesta transversalmente sobre todo el ancho de la banda. Según la invención, esta última puede estar dispuesta indiferentemente en brizna vertical u horizontal. El bombeo del magnesio del horno de fusión hacia el crisol se realiza por medio de una bomba, pero puede realizarse igualmente de manera más simple por depresión, siendo entonces la presión del crisol inferior a la 45 del horno de fusión. Los medios de regulación y la instrumentación están dispuestos sin vacío.

[0038] La ventaja de este dispositivo es que no hay magnesio líquido almacenado en la cuba de depósito, lo que reduce las inercias, ni segregación de partículas de impurezas al vacío. El conducto 4 de transferencia de vapor está equipado con un calefactor. La distribución del vapor de magnesio sobre el ancho de la banda (antes de la 50 ranura de eyección) se asegura por un medio filtrante 3A situado en el eyector. Este órgano asegura además la filtración y el recalentamiento eventual del vapor que lo atraviesa. De manera ventajosa, este medio filtrante puede ser un filtro de titanio sinterizado, con un espesor de unos mm o más, por ejemplo 3 mm. El titanio se ha retenido porque no está corroído por el magnesio líquido y porque resiste a la alta temperatura (al contrario del bronce o de otros materiales sinterizados habitualmente utilizados). Se puede utilizar igualmente de manera ventajosa como 55 medio filtrante un «tamiz metálico» en forma de fibras de acero inoxidable sinterizadas, si se puede garantizar que no habrá contacto de este con el magnesio líquido. Por ejemplo, se puede utilizar un filtro de espesor 1 mm de SIKAFIL (GKN Sinter Metals Filters GmbH, Radevormwald, Alemania). Estas fibras constituyen esteras que tienen una porosidad que va hasta el 85% (DIN ISO 30911-3) y un tamaño eficaz de poros que van de 6 a 60 micrones aproximadamente (ASTM E 1294).

Crisol propiamente dicho

[0039] El crisol 1 según una forma preferida de la invención representada en detalle en la figura 2A, es único y es fácilmente accesible para cualquier intervención de mantenimiento. Es inerte al contacto a alta temperatura con el metal líquido para su superficie interior y resistente a la oxidación al aire para su superficie exterior.

Será de preferencia de acero inoxidable revestido o de cualquier material compatible con el metal que se va a evaporar y con el contacto al aire y a alta temperatura, para su parte exterior. Se podrá escoger así por ejemplo en el caso del magnesio un colaminado de acero inoxidable-hierro dulce.

[0040] El calentamiento del crisol 1 es convencional y realizado por inducción 1B. La frecuencia está comprendida ventajosamente entre 400 y 1.000 Hz. Otras características del dispositivo aplicado son una subida de temperatura de 20 min, índice de calentamiento directo del magnesio > 60%, una velocidad de agitación > 1 m/s, etc.

[0041] La inercia térmica se reduce. El dispositivo está provisto de una purga del crisol hacia el horno de fusión por flujo gravitatorio o bombeo, en caso de problema (no representado).

[0042] La regulación del nivel de magnesio en el crisol está realizada ventajosamente por unos medios de medida de masa (compensadores).

Eyector

[0043] El eyector 3 se representa en detalle en las figuras 2B y 3A a 3C. Se trata de una caja de longitud superior al ancho de la banda que se va a revestir. Este dispositivo contiene un medio filtrante o que crea una pérdida de carga 3A y que asegura así la uniformización del flujo de vapor en toda la longitud de la caja. El eyector 3 se calienta a temperatura superior a la del vapor metálico y es calorifugado exteriormente. El calentamiento puede ser interno por cartuchos (elección adoptada en la presente forma de ejecución) pero puede ser igualmente externo por resistencias radiantes. Una ranura calibrada asegura la proyección, a la velocidad del sonido, del vapor metálico sobre la banda 7. El orificio crítico en toda la longitud de la ranura completa muy eficazmente el medio filtrante 3A para asegurar la uniformidad del depósito sobre la banda. La adaptación al ancho de la banda 7 se realiza por rotación del eyector alrededor de su conducto de alimentación 3B. La figura 2B representa la mecánica interna a la cuba de depósito que es entonces muy simplificada y fiable. La regulación del flujo de vapor es asegurada por la válvula 5 situada sobre el conducto circular 4 (véase la figura 1B). Como ya se ha mencionado, la figura 7 ilustra un ejemplo de regulación que se puede realizar.

Resultados de simulaciones y de ensayos obtenidos con una instalación piloto

[0044] La tabla 1 da los parámetros de una instalación piloto realizada para la aplicación de la invención, en comparación con los parámetros de una instalación industrial típica en el marco de una aplicación de depósito de magnesio.

Tabla 1		
	Solución industrial	Solución piloto
Diámetro crisol	650 mm	265 mm
Altura generador	1.000 mm	500 mm
Diámetro conducto	250 mm	100 mm
Temperatura funcionamiento	690 - 750 °C	890 - 750 °C
Temperatura paredes	750 °C	750 °C
Presión de funcionamiento	30 a 70 mbar	30 a 70 mbar
Potencia inducción	160 kW	50 kW
Alcance de funcionamiento	2,5	2,5
Volumen metal líquido	82 L	18 L
Eyector	1.600 mm	450 mm
ranura	10 mm	5 mm

Presión eyector	Algunos mmbar	Algunos mmbar
-----------------	---------------	---------------

[0045] Las figuras 3A a 3C muestran diferentes vistas en perspectiva del eyector 3 provisto de su filtro de titanio sinterizado 3A y de la ranura de eyección 3B. La figura 3C muestra una simulación de las trayectorias de vapor en el cabezal de eyección.

[0046] Unos resultados de una simulación numérica en mecánica de los fluidos, aplicada al eyector, se representan en las figuras 4 y 5. Las diferencias de temperatura de vapor antes y después del filtro sinterizado son muy reducidas (0,103 K, véase la figura 4). La expansión es por tanto casi isotérmica en el material poroso. Además, la distribución de las velocidades a lo largo de la línea central de salida es prácticamente constante, variando la dirección de la velocidad significativamente solo cerca del extremo del cabezal (figura 5). Así, el chorro de vapor es casi perfectamente uniforme e isotérmico. El depósito de vapor metálico sobre la banda será uniforme en espesor y estructura cristalina.

[0047] La figura 6 muestra, en diferentes crecimientos, el revestimiento de una muestra de hierro negro por magnesio, obtenido con la instalación piloto precitada. Se puede constatar la buena homogeneidad del depósito.

[0048] Por otra parte, el dispositivo desviado según la invención está particularmente adaptado al depósito de aleación por mezcla de vapor ya que permite ajustar la composición química depositada sin tener que modificar la composición de una aleación líquida. La mezcla se realiza entonces en un conducto a muy baja velocidad de flujo contrariamente al estado de la técnica.

Mezcla de los vapores de dos metales de recubrimiento diferentes

[0049] Como se representa en la figura 8, dos cámaras de fusión 11, 12 que contienen respectivamente dos metales puros diferentes (por ejemplo cinc y magnesio) están conectadas cada una por un conducto 4, 4' provisto de una válvula 5, 5' a una cámara de mezcla acoplada al eyector 3. La concentración de los dos metales en la mezcla se ajusta por medio de las energías inyectadas en los crisoles y por medio de las válvulas proporcionales respectivas 5, 5', lo que simplifica el problema de gestión. El volumen de este sistema es ventajosamente reducido.

[0050] Un sistema de pérdida de carga 5A se utiliza en cada conducto, que coopera con las válvulas respectivas, lo que permite la obtención de un vapor a presión más alta que en la ausencia de este sistema (ej. 20 mbar a 700 °C).

[0051] Este dispositivo permite igualmente regular el flujo de vapor de forma fina y rápida.

Ventajas de la invención

[0052] El sistema según la invención permite la obtención de una muy buena uniformidad de la temperatura y de la velocidad del vapor depositado, siendo a vez fiable y accesible y teniendo tiempos de respuesta muy reducidos. La invención responde así muy bien a las exigencias de industrialización del procedimiento. Una regulación a baja frecuencia del calentamiento por inducción asegura una muy buena uniformidad en composición y en temperatura en el crisol y la regulación del flujo de vapor se realiza simplemente por medio de una válvula situada al nivel del conducto que conecta el crisol de evaporación y el eyector de depósito y ajustando la energía transmitida al metal. En el documento WO-A-2005/116290, la regulación del nivel de líquido al vacío, incluido en el interior de la cámara de evaporación, se efectúa gracias a una bomba magnetohidrodinámica. Contrariamente a este estado de la técnica, la regulación de nivel según la invención se realiza por peso del crisol y la cámara de distribución según la invención es un sistema JVD provisto de una ranura que solo contiene vapor del metal que se va a depositar.

REIVINDICACIONES

1. Generador de vapor para el depósito de un revestimiento metálico sobre un sustrato (7), de preferencia una banda de acero, que comprende una cámara de vacío (6) en forma de un recinto, provista de medios para asegurar un estado de depresión con respecto al medio exterior y provista de medios que permiten la entrada y la salida del sustrato (7), siendo a vez esencialmente estanca con respecto al medio exterior, englobando dicho recinto un cabezal de depósito de vapor, llamado eyector (3), conformado para crear un chorro de vapor metálico a la velocidad sónica en dirección de y perpendicular a la superficie del sustrato (7), estando dicho eyector (3) en comunicación de manera estanca por medio de un conducto de alimentación (4) con al menos un crisol (1, 11, 12) que contiene un metal de revestimiento en forma líquida y situado en el exterior de la cámara de vacío (6), **caracterizado porque** el eyector (3) comprende una ranura longitudinal de salida del vapor, que desempeña la función de orificio crítico, que se extiende sobre todo el ancho del sustrato, estando un medio filtrante o un órgano de pérdida de carga (3A) de materia sinterizada dispuesto en el eyector inmediatamente antes de dicha ranura sobre el paso del vapor para uniformizar la velocidad de flujo del vapor que sale del eyector (3) por el orificio crítico.
2. Generador de vapor según la reivindicación 1, **caracterizado porque** dicho medio filtrante u órgano de pérdida de carga (3A) está realizado en titanio.
3. Generador de vapor según la reivindicación 1, **caracterizado porque** dicho medio filtrante u órgano de pérdida de carga (3A) es un tamiz metálico de fibras de acero inoxidable sinterizadas.
4. Generador de vapor según la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende además unos medios para regular la presión de vapor metálica en el eyector (3) sin provocar inercia durante unos transitorios de presión.
5. Generador según la reivindicación 4, **caracterizado porque** dichos medios de regulación comprenden una válvula proporcional (5) con opcionalmente un dispositivo de pérdida de carga (5A) dispuestos en dicho conducto (4).
6. Generador según la reivindicación 5, **caracterizado porque** la válvula proporcional (5) es una válvula de tipo mariposa.
7. Generador según la reivindicación 1, **caracterizado porque** consta de unos medios para ajustar la longitud de la ranura longitudinal al ancho del sustrato.
8. Generador según la reivindicación 7, **caracterizado porque** dichos medios comprenden unos medios de rotación del eyector (3) alrededor de su conducto de alimentación (4).
9. Generador según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el crisol (1) contiene una mezcla de metales en forma líquida.
10. Generador según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el crisol (1) es alimentado por bombeo o por gravedad del metal líquido a partir de un horno de fusión (2).
11. Generador según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el crisol (1) consta de un inductor (1B) montado en el exterior, para asegurar la agitación magnética del metal líquido.
12. Generador según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el crisol (1) consta de una purga hacia el horno de fusión (2) por bombeo o flujo gravitatorio.
13. Generador según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el crisol (1) consta de unos medios de medida de masa exteriores para regular el nivel de metal líquido.
14. Generador según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el eyector (3), el conducto (4) y el crisol (1) están aislados térmicamente del medio exterior y calentados por un horno de radiación.
15. Generador según la reivindicación 1, **caracterizado porque** consta de unos medios de calentamiento opcionales del recinto al vacío (6).

16. Generador según la reivindicación 1, **caracterizado porque** consta de dos crisoles (11, 12) que contienen unos metales en forma líquida diferentes.

17. Generador según la reivindicación 16, **caracterizado porque** cada crisol (11, 12) está unido por un
5 conducto apropiado (4, 4') a un mezclador, en sí mismo en comunicación con el eyector (3).

18. Generador según la reivindicación 17, **caracterizado porque** cada conducto (4, 4') consta de una
válvula (5, 5') con opcionalmente un dispositivo de pérdida de carga (5A) que permite el ajuste de las
concentraciones de cada metal durante la mezcla de los vapores que se van a depositar sobre el sustrato (7) y la
10 regulación de la presión de los vapores metálicos en el mezclador sin provocar inercia durante unos transitorios de
presión.

19. Generador según la reivindicación 18, **caracterizado porque** el mezclador es el eyector (3) en sí
mismo y consta de un medio filtrante de materia sinterizada que permite uniformizar la velocidad de flujo del vapor
15 de cada metal que sale del eyector (3).

20. Generador según la reivindicación 19, **caracterizado porque** dicho medio filtrante de materia
sinterizada está realizado de titanio o se presenta en la forma de un tamiz metálico de fibras de acero inoxidable
sinterizadas.

20

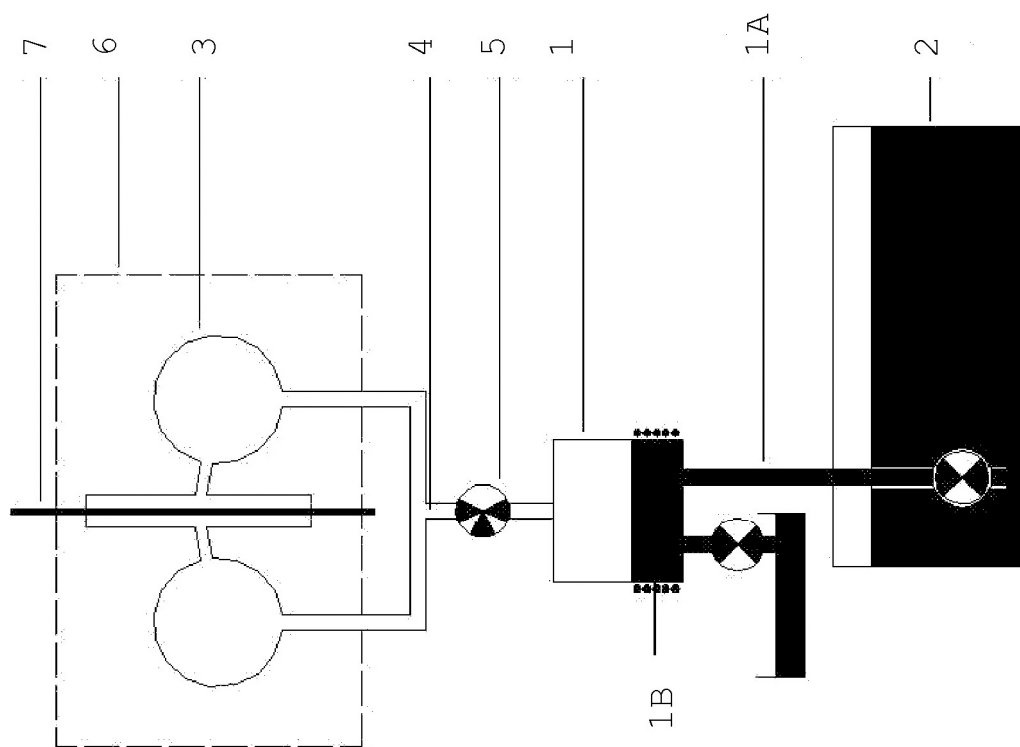


FIG. 1A

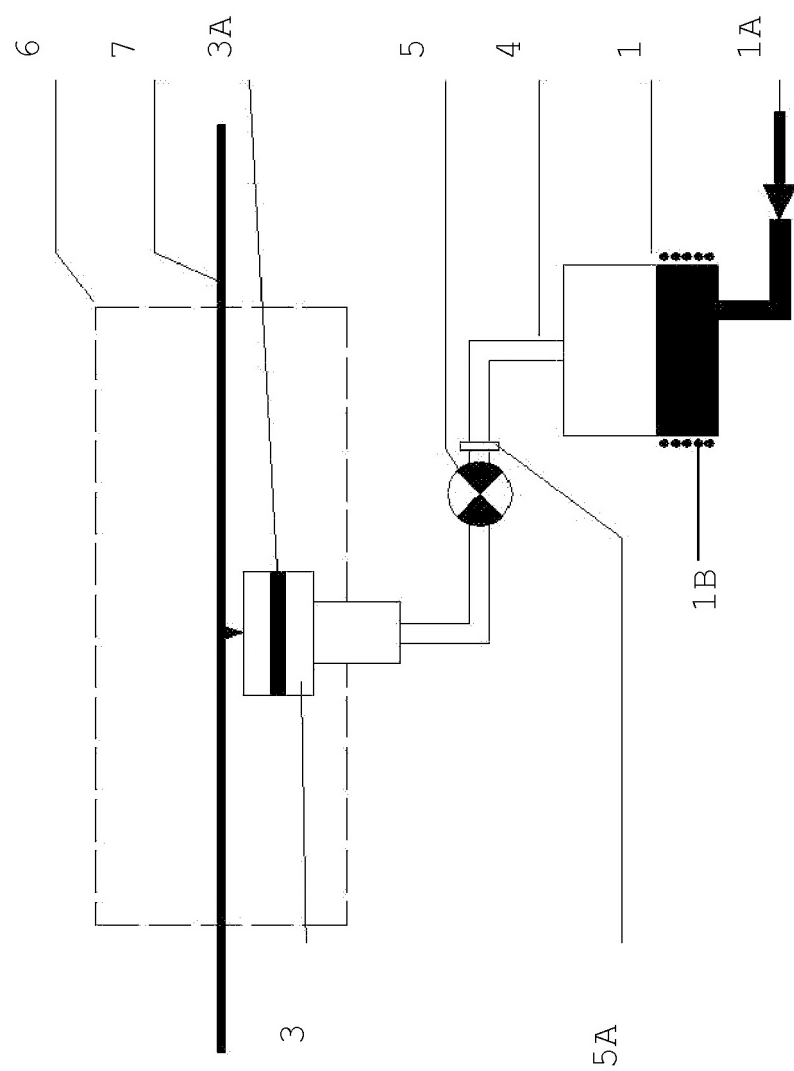


FIG. 1B

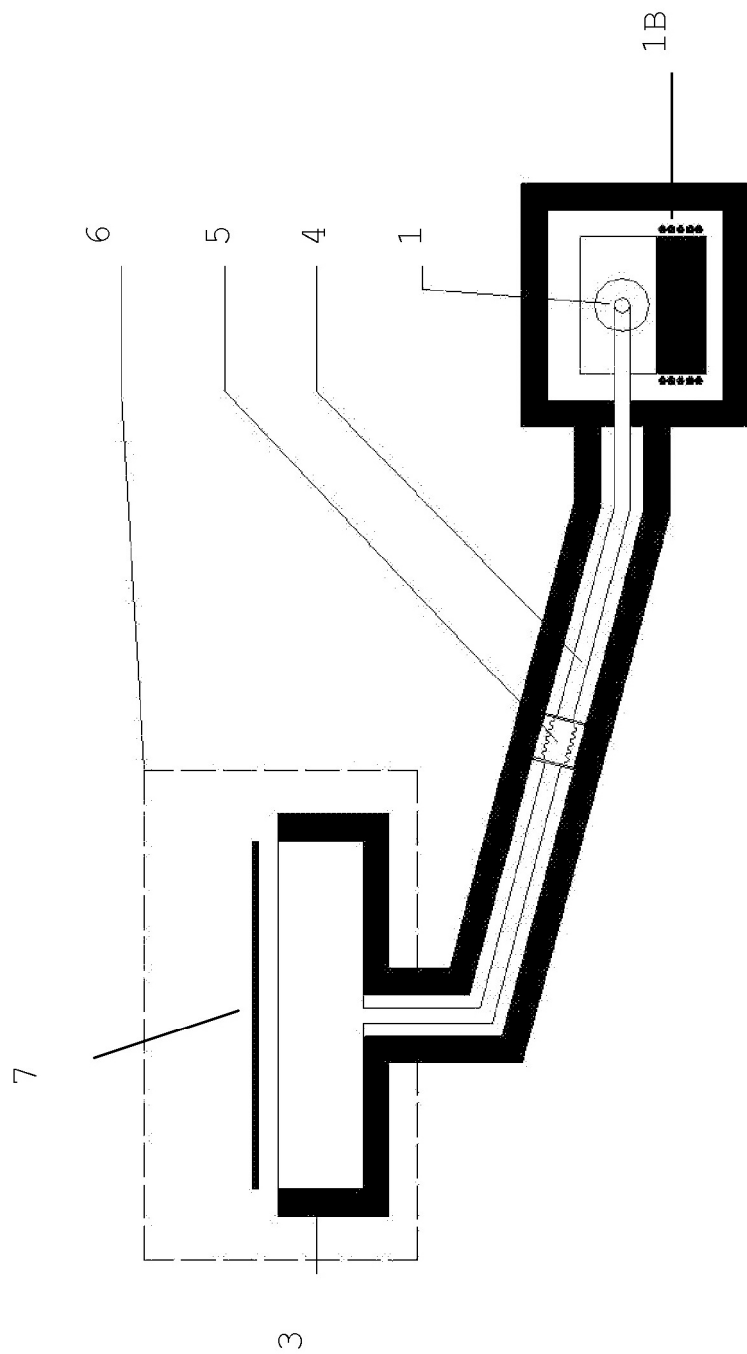


FIG. 1C

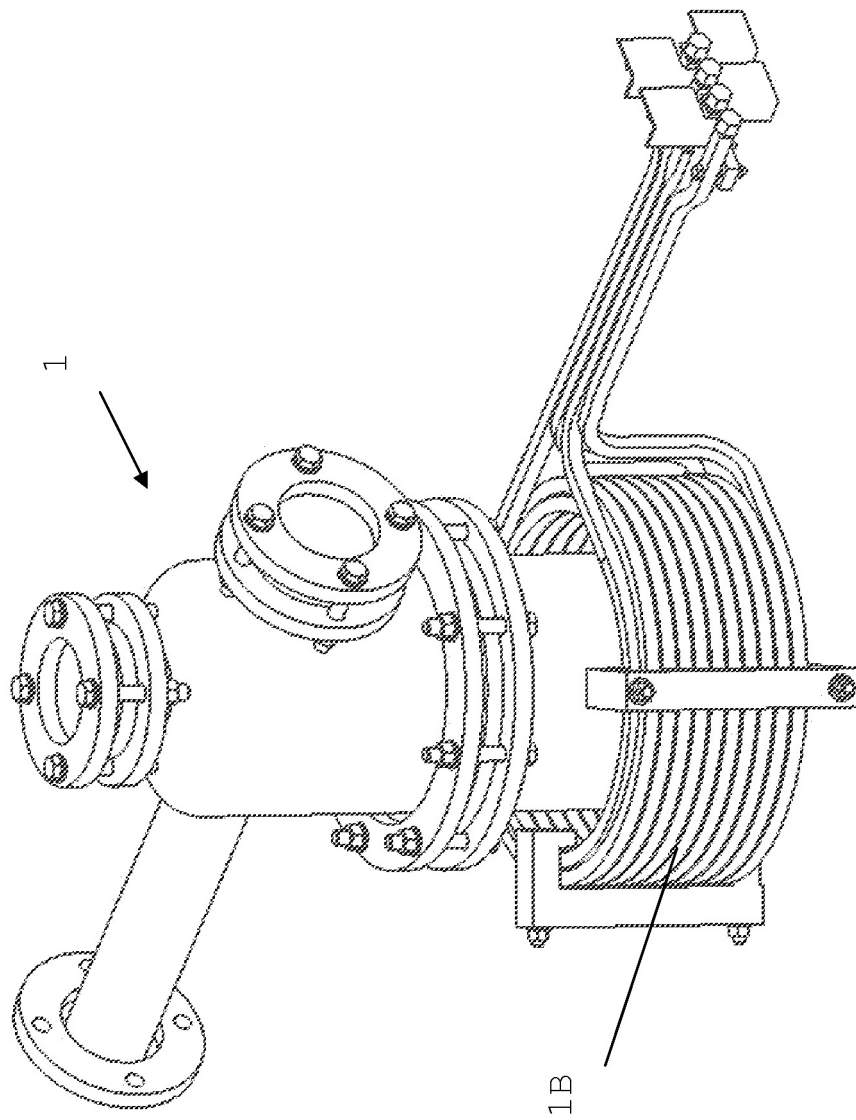


FIG. 2A

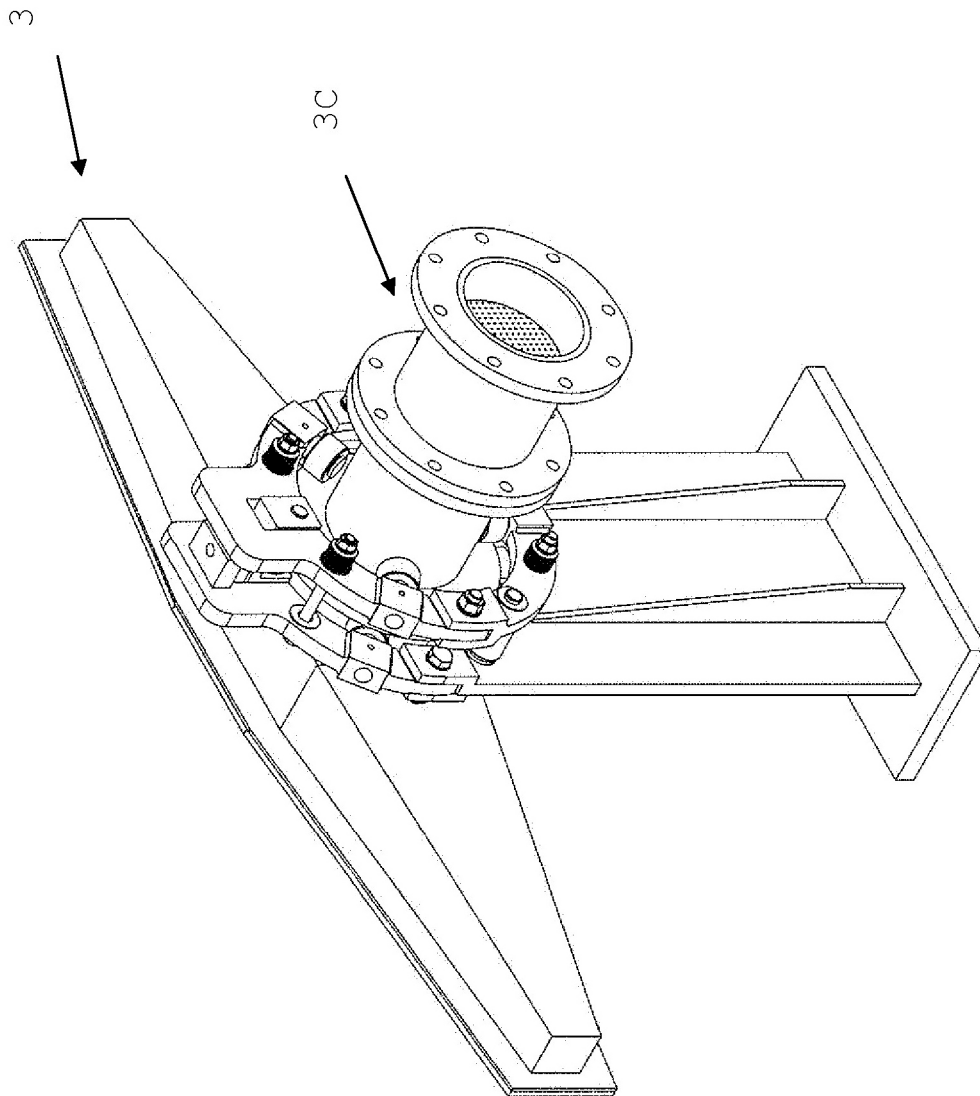


FIG. 2B

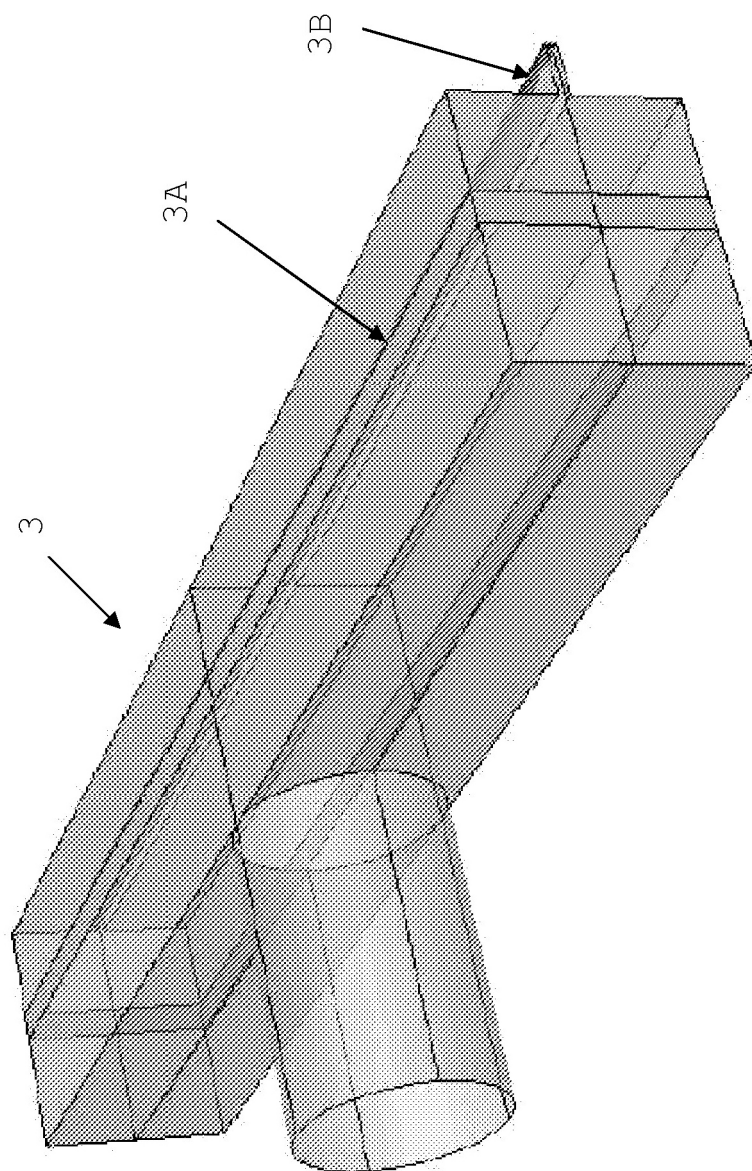


FIG. 3A

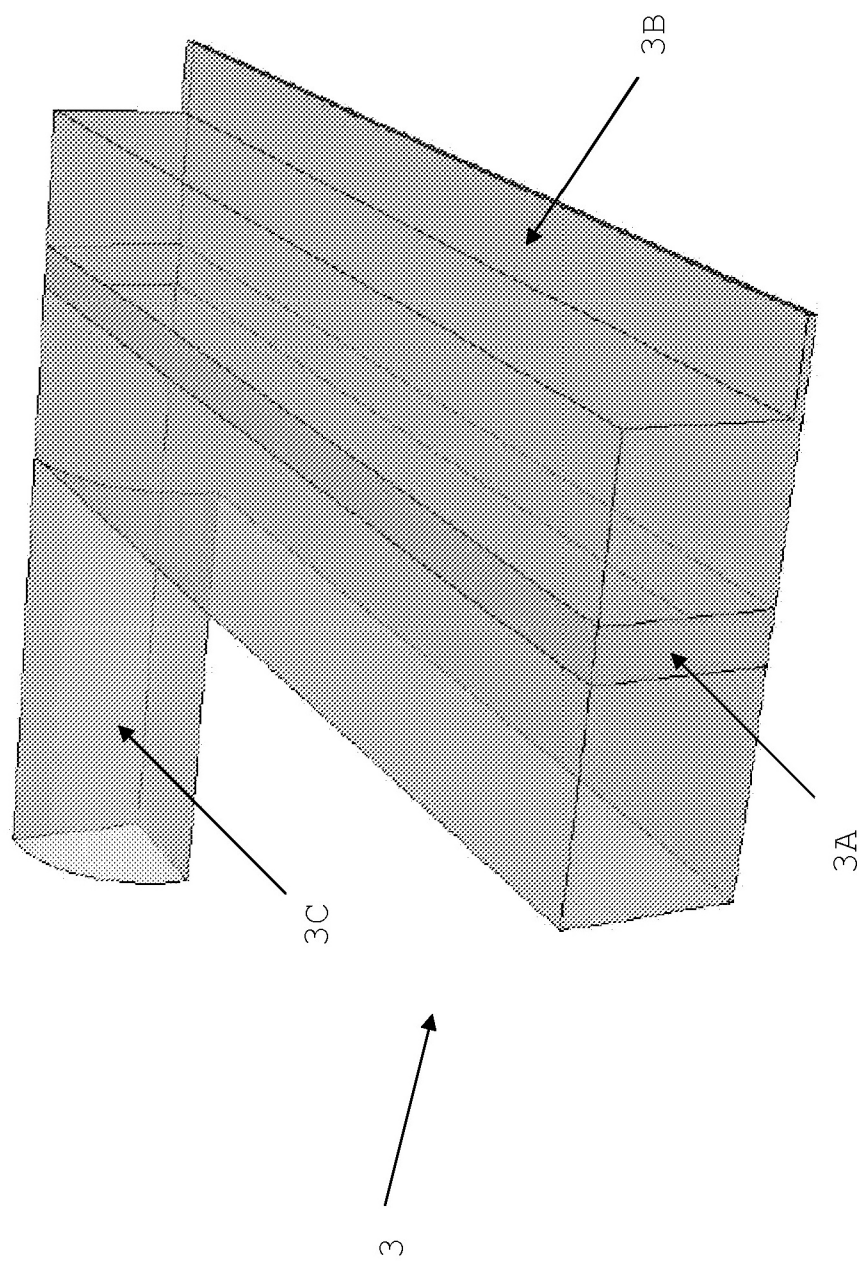


FIG. 3B

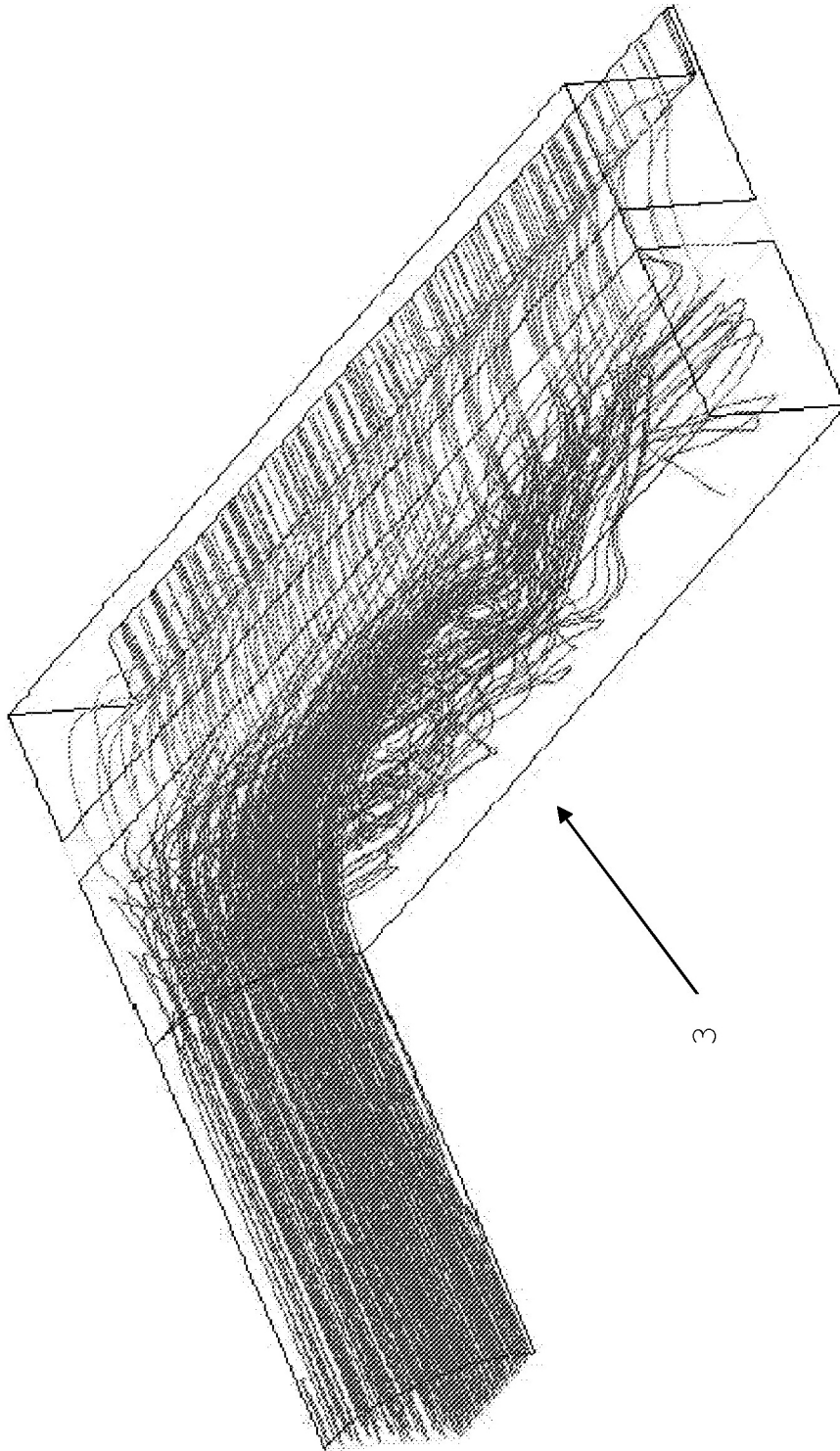


FIG. 3C

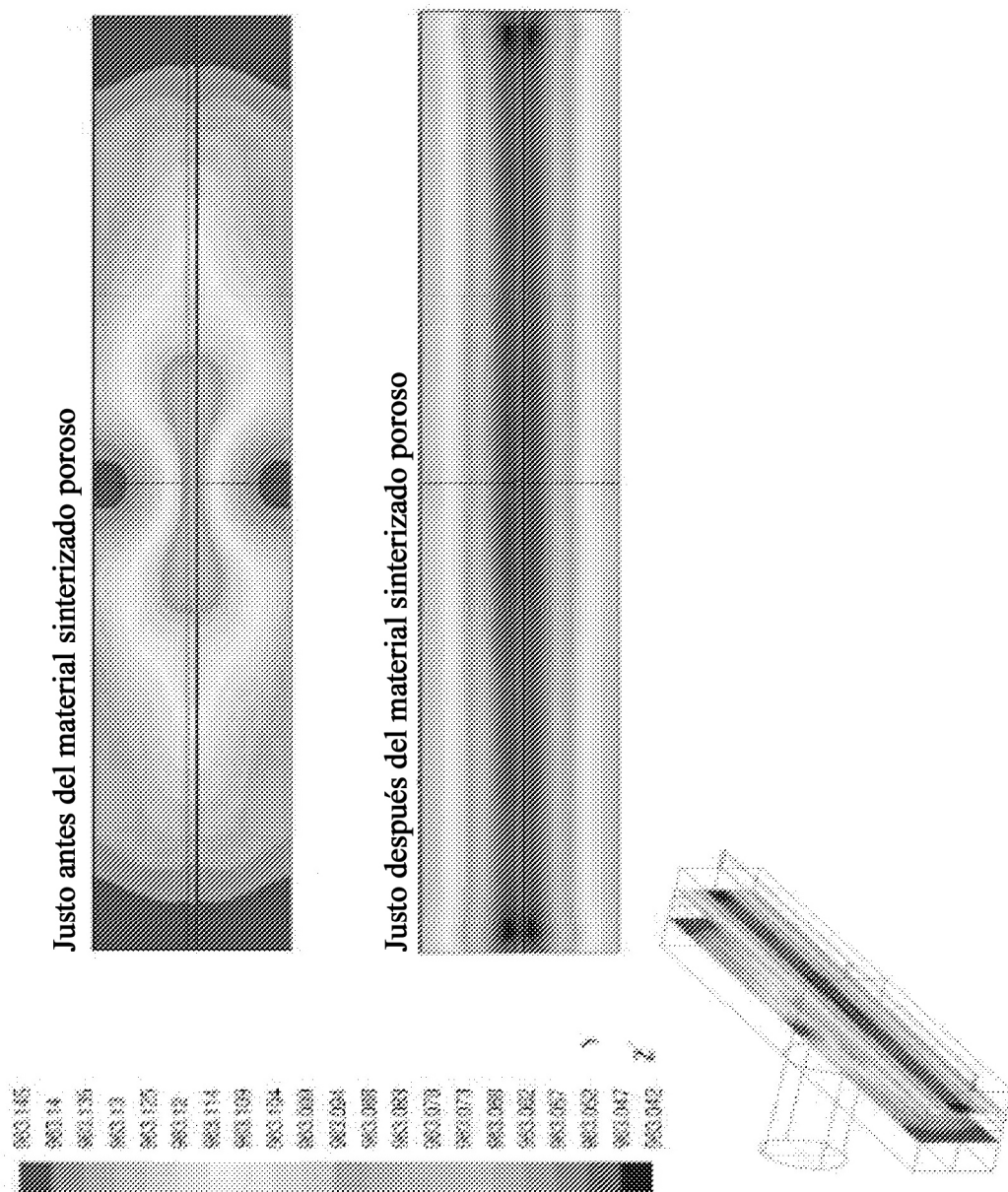


FIG. 4

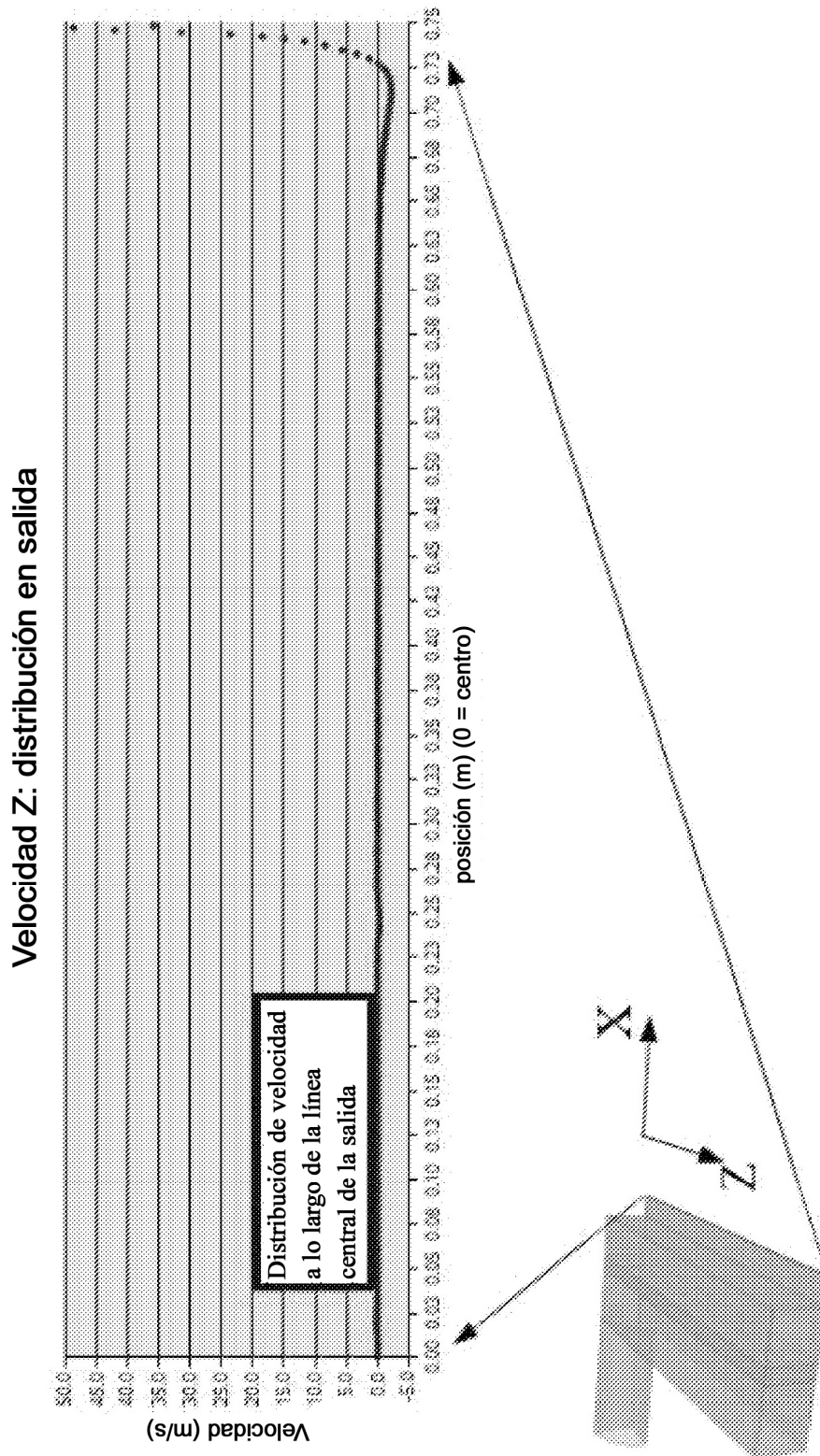
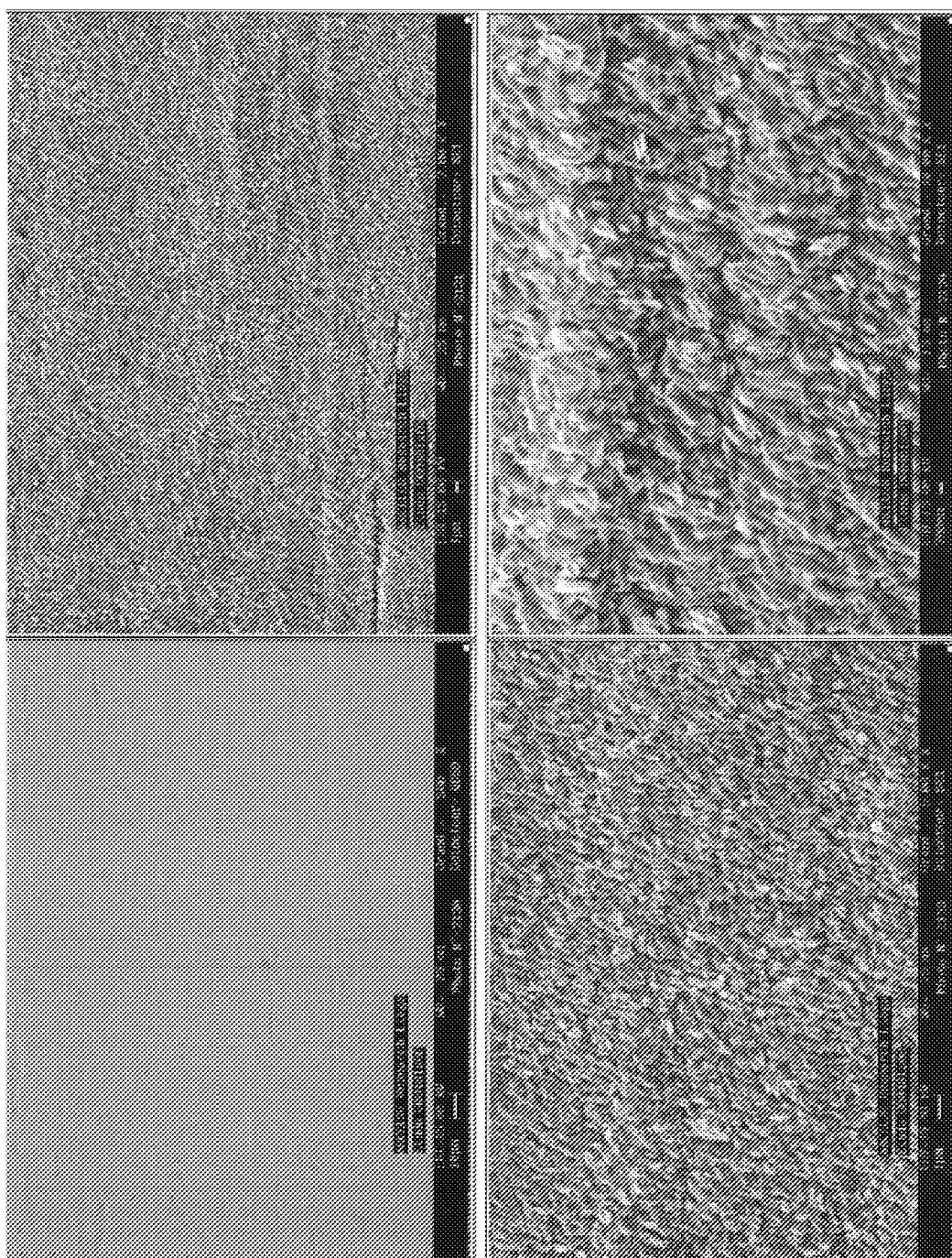


FIG. 5



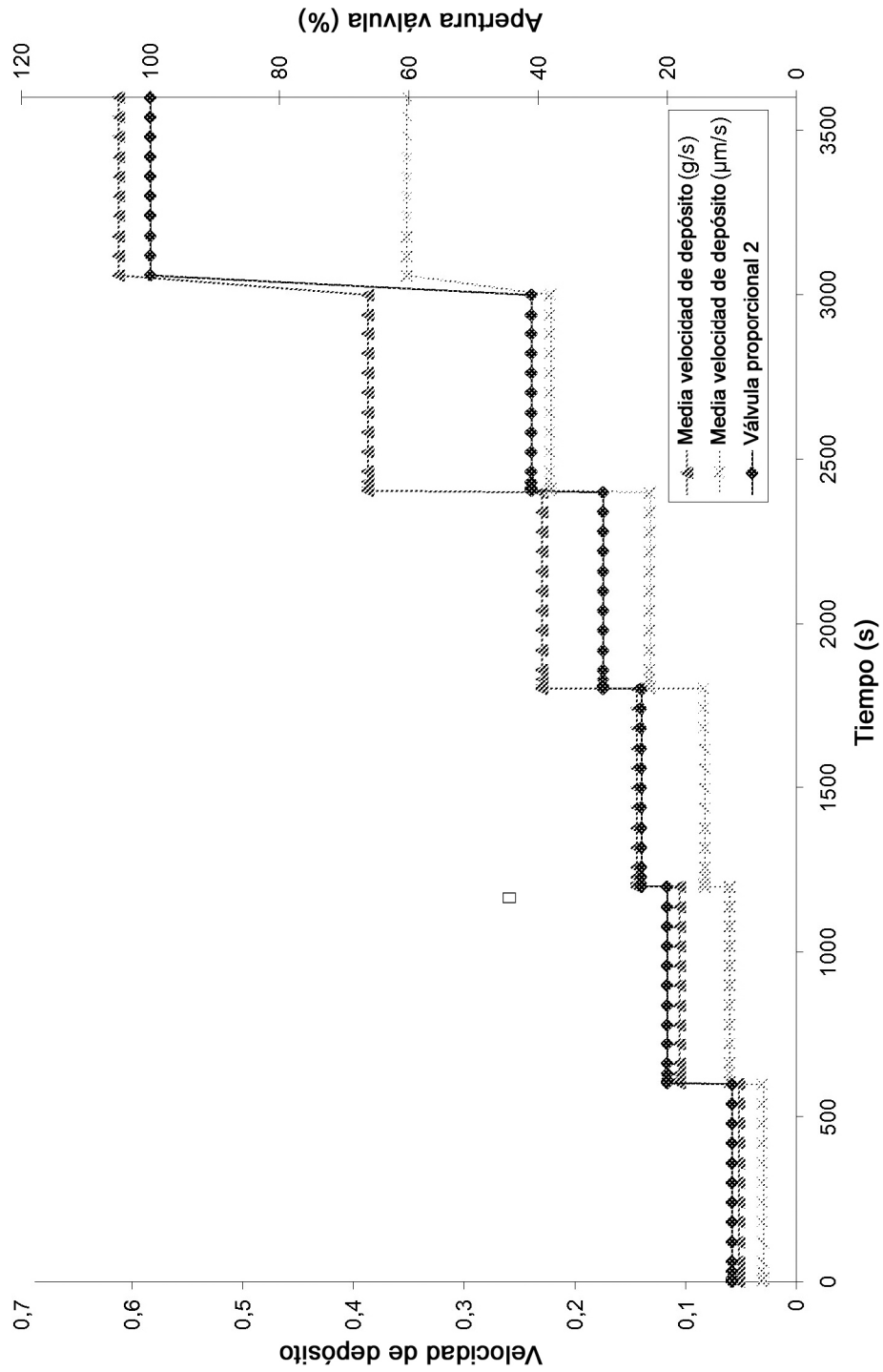


FIG. 7

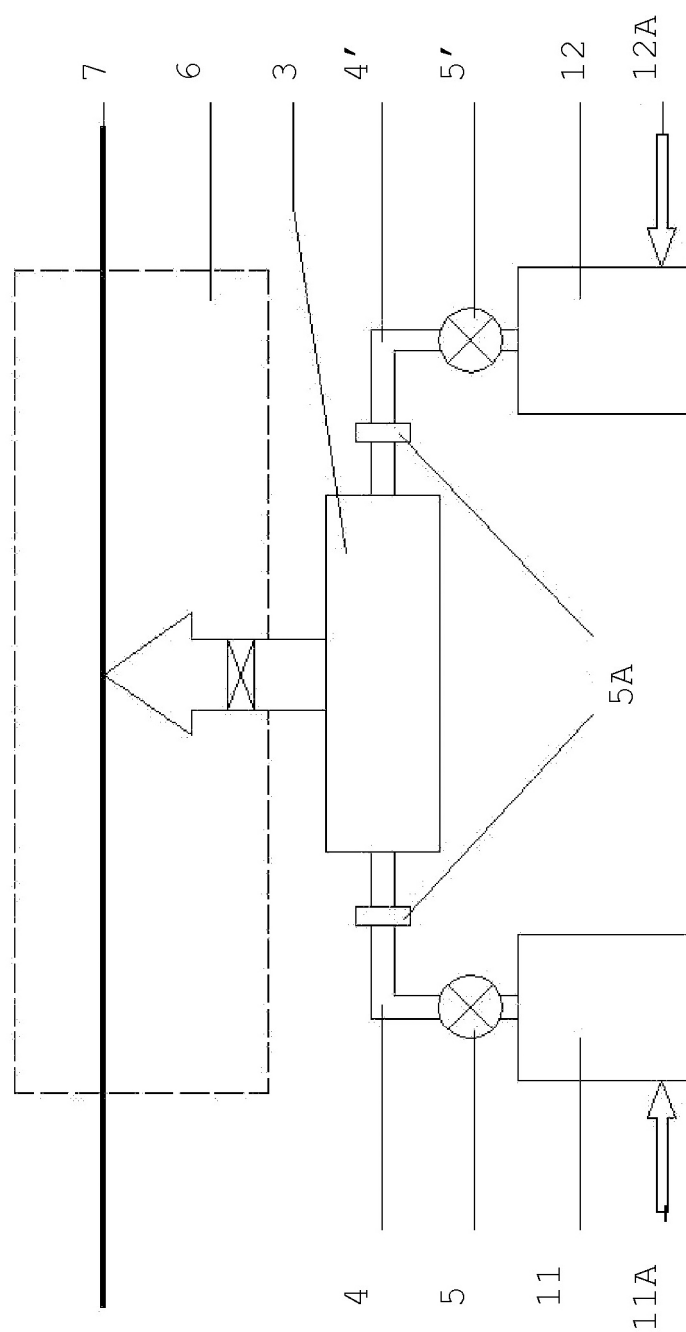


Fig. 8