



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 367 392**

51 Int. Cl.:
C23C 2/14 (2006.01)
C23C 2/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07871989 .5**
96 Fecha de presentación : **20.12.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2132353**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **16.12.2009**

54 Título: **Procedimiento e instalación de depósito continuo de un revestimiento sobre un soporte en banda.**

30 Prioridad: **07.03.2007 FR 07 01660**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
03.11.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
03.11.2011

73 Titular/es: **Siemens Vai Metals Technologies Sas**
51 Rue Sibert
42400 Saint Chamond, FR

72 Inventor/es: **Hardy, Jean-Jacques;**
Martin, Sébastien y
Duvivier, Fabrice

74 Agente: **De Elzaburu Márquez, Alberto**

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 e instalación de depósito continuo de un revestimiento sobre un soporte en banda.

5 La invención se refiere, de manera general, a las técnicas industriales de tratamiento de superficie, en particular, aplicadas a la comprobación longitudinal y transversal del espesor de un revestimiento metálico depositado en caliente sobre una banda de acero en una instalación de galvanización en continuo.

10 Según un primer aspecto, la invención se refiere más concretamente a un procedimiento de depósito continuo de un revestimiento sobre un soporte en banda de anchura determinada con convergencia hacia al menos un valor de referencia del espesor de este revestimiento sobre la superficie del soporte, este procedimiento comprende una operación de depósito en el curso del cual el soporte se arrastra, según una dirección longitudinal de desplazamiento perpendicular a su anchura, en una instalación que comprende un conjunto de actuadores controlados por señales de control respectivas que incluyen cada una al menos un componente, cada actuador es susceptible de actuar sobre el
15 espesor del revestimiento, siguiendo la anchura del soporte, en función de la señal de control que recibe.

La invención se considerará principalmente en su aplicación privilegiada a la galvanización, en la cual el soporte esta formado por una banda de acero y el revestimiento por una capa de zinc o de una aleación de zinc, siendo entendido no obstante que la invención es aplicable a otros procedimientos industriales de depósito continuo de un
20 revestimiento sobre un soporte.

En todos los campos de utilización de las bandas de acero galvanizadas en continuo, en particular en el campo del automóvil y en el campo de los electrodomésticos, es juicioso controlar lo más concretamente posible el espesor del zinc o de la aleación de zinc depositada, el interés de este control es a la vez económico y técnico.
25

A nivel económico, los usuarios aplicaron los programas de investigación con el fin de definir los espesores estrictamente necesarios en función de sus cuadernos de condiciones con el doble objetivo de disminuir la cantidad y en consecuencia el coste del revestimiento y, correlativamente, de limitar la parte del coste de este revestimiento en el precio total del producto terminado con el fin de minimizar el impacto de las variaciones de curso del zinc.
30

Como se muestra esquemáticamente en la figura 1, del espesor E_{norm} normalmente requerido del revestimiento REV zincado sobre el soporte SUPP de acero, que es del orden de 10 micrones para las aplicaciones en el automóvil, y de 25 micrones para las aplicaciones en la construcción, se aumenta generalmente un sobreespesor indeseable E_{supp} que representa del 20% al 50% del espesor normal E_{norm} .
35

En el plano técnico, el espesor del revestimiento REV tiene principalmente un impacto sobre la soldadura, particularmente por resistencia. Los espesores fuertes necesitan corrientes fuertes de soldadura que perjudican la vida útil de los electrodos. Por otra parte, las variaciones de espesor de una soldadura a otra pueden provocar defectos o necesitan ajustes constantes de los parámetros de soldadura.
40

Frente a esta comprobación, desde hace tiempo ya, se pretendió optimizar el espesor del revestimiento asegurando la mayor homogeneidad posible de este espesor. En particular, con este fin se desarrollaron los dispositivos, denominados “escurridores”, que permiten reducir el espesor del revestimiento REV antes de su solidificación, particularmente por influencia magnética o por circulación de aire, el escurridor de este último tipo es el más difundido.
45

La figura 2 muestra la disposición típica de un escurrido por circulación de aire sobre una línea continua de galvanización. El soporte en banda SUPP, encaminado a través de un canal CAF de llegada al horno, se sumerge en un baño de zinc Zn o de una aleación de zinc contenida en una cuba o “crisol” PT, se desvía sobre un rodillo deflector de fondo RDFL, y pasa, con su revestimiento REV delante de las rampas de escurrido ESSR que refluye hacia el crisol PT el excedente de zinc o de aleación todavía líquida.
50

Así pues, como lo muestra esquemáticamente la figura 3, el espesor EO que presenta la capa de revestimiento REV a la salida del baño líquido puede, gracias al aire comprimido que circula por el escurridor ESSR, ser reducido a un valor El más débil.
55

Los principios de funcionamiento del escurrido se han establecido muy pronto. Por ejemplo, la patente JP 5-117832 identifica las principales variables operatorias de esta técnica, a saber (la figura 12a de la figura 12) la velocidad del chorro de aire que depende de la presión del aire comprimido proporcionado por el escurridor ESSR y de la distancia “e” entre los labios ESSR1 y ESSR2 de este escurridor, la distancia “d” entre los labios del escurridor y el soporte en
60 banda SUPP que debe revestirse, así como la velocidad de desplazamiento del soporte SUPP. De hecho (figura 12b de la figura 12), el efecto de un escurridor a aire depende de la presión P del aire a la salida de los labios ESSR1 y ESSR2 y de la distancia “d”, este efecto es sensiblemente constante para los valores de la distancia “d” a lo sumo iguales a un límite “do”, y disminuyendo de modo sensiblemente lineal para las distancias de valores superiores.

La experiencia permitió identificar por otro lado, de manera más exhaustiva, las variables de explotación así como las perturbaciones operatorias sufridas.
65

ES 2 367 392 T3

Estas variables de explotación son típicamente el espesor requerido del revestimiento sobre cada una de las caras de la banda, el formato de la banda -es decir en realidad su anchura y su espesor para un depósito continuo sobre una banda de longitud no predeterminada- la velocidad de desplazamiento de la banda, y la tracción de la banda en la zona de revestimiento.

Las perturbaciones operatorias están esencialmente vinculadas al comportamiento de la banda en la zona de escurrido e incluyen el mal centrado de la banda en el espacio comprendido entre los dos escurridores, la inclinación de la banda con relación a los escurridores, y la flecha transversal de la banda, llamada “ballesta” o “crossbow” por el especialista. La figura 4, compuesta de las figuras 4a a 4c, muestra el efecto de estos defectos sobre el espesor del revestimiento REV a la salida de los escurridores ESSR. Así, la inclinación de la banda con relación a los escurridores ESSR conduce, sobre la sección transversal de la banda, a un gradiente de espesor del revestimiento REV simétrico con relación al centro de esta sección (figura 4a); la presencia de una curvatura transversal o “ballesta” conduce a una asimetría de distribución del revestimiento REV sobre las dos caras de la banda (figura 4b), y la presencia de una ballesta sobre una banda inclinada conduce a la acumulación de estos defectos (figura 4c).

Conviene tener en cuenta sin embargo, que la presencia de una curvatura transversal o ballesta de valor controlado es sin embargo deseable para hacer rígido el cable ascendente de la banda SUPP + REV que pasa entre los escurridores ESSR, de manera que el fenómeno ilustrado en la figura 4b no puede eliminarse íntegramente.

Otras perturbaciones también pueden intervenir, como las ondulaciones localizadas de la banda debidas a defectos del tipo “bordes largos” o “centro largo”, que generan variaciones locales de espesor y que son más unas fuentes de vibraciones de la banda al paso sobre los rodillos.

Existen también otras fuentes de vibraciones de la banda como la degradación progresiva de los paliers de los rodillos sumergidos y de los rodillos mismos, o el soplado para la refrigeración de la porción de banda situada más abajo de los escurridores.

Con el fin de poder reaccionar a las modificaciones de las variables de explotación y a las perturbaciones operatorias, se elaboraron numerosas disposiciones constructivas con el fin de dar al sistema la flexibilidad necesaria.

La figura 5 ilustra las posibilidades de ajuste del sistema de escurrido mismo. En la práctica, tal sistema esta dotado de actuadores (a los que se referirá genéricamente con ACT), que permiten ajustar la distancia (d1 o d2) entre los labios de cada escurridor y la banda SUPP+REV, la separación (e) de los labios de los escurridores, la altura (H) de los escurridores con relación al baño de zinc, y la presión PO de alimentación de los escurridores en gas.

Estos ajustes permiten por sí solos controlar la homogeneidad del espesor del revestimiento REV en el sentido del desplazamiento de la banda de soporte SUPP, por lo tanto en su sentido longitudinal.

El control de la homogeneidad del espesor del revestimiento REV en el sentido transversal de la banda SUPP, es decir en el sentido de su anchura, se refiere a varios medios.

Esta homogeneidad puede de entrada ser controlada por una multiplicidad de actuadores que aseguran el ajuste de posición de los escurridores ESSR. La figura 6 muestra que la combinación de las acciones individuales realizadas por cuatro actuadores (ACTx1 a ACTx4) permite no sólo centrar el eje de la banda entre los escurridores ESSR sino también corregir las variaciones de inclinación transversal de la banda. Los actuadores ACTy1, ACTy2, y ACTz1, ACTz2, que actúan respectivamente según los ejes (y) y (z), permiten ajustar respectivamente la posición transversal de la banda SUPP+REV entre los escurridores ESSR, y ajustar la altura de estos escurridores con relación al baño de zinc.

La homogeneidad del espesor del revestimiento REV en el sentido transversal de la banda SUPP es también susceptible de ser controlada por la deformación de los labios de los escurridores, como lo enseña, por ejemplo, la patente EP 0 566 497, que describe un dispositivo que permite ajustar la distancia entre los dos labios de cada uno de los escurridores con el fin de hacer variar el espesor de la lámina de aire. Múltiples actuadores tales como ACT1, ACT3, ACT5 permiten así hacer variar este espesor de un extremo a otro de cada escurridor ESSR como lo muestra esquemáticamente la figura 7 sobre la cual están representados varios espesores de lámina, tales como e1 y e5.

La homogeneidad del espesor de revestimiento REV en el sentido transversal de la banda SUPP puede todavía ser controlada por la posición de un rodillo “anti-ballesta” RAT, también denominado rodillo “anti crossbow”, tal rodillo está dispuesto entre el rodillo de deflexión de fondo RDFL y un rodillo de línea de paso RLP. En efecto, aunque la flecha transversal o “ballesta” del soporte en banda SUPP sea corregida en la medida de lo posible por tracción de este soporte en el horno situado más arriba del baño de revestimiento, existe siempre un defecto residual de planeidad más o menos pronunciado en el baño de galvanización. Como lo muestra la figura 8, la flecha residual justo debajo de los escurridores ESSR puede al menos ser corregida elásticamente por desplazamiento horizontal del rodillo “anti crossbow”, y/o del rodillo deflector de fondo RDFL con relación al rodillo de línea de paso RLP. Este procedimiento conocido ha sido descrito en varias patentes, y, en particular, en la patente JP 8-260122. En materia de corrección de flecha, la experiencia sin embargo ha puesto de manifiesto, como se ha indicado anteriormente, que las vibraciones y el efecto de algunas ondulaciones podían limitarse conservando en la banda una flecha controlada que le da una cierta rigidez longitudinal.

ES 2 367 392 T3

La homogeneidad del espesor del revestimiento REV en el sentido transversal de la banda SUPP es también susceptible de controlarse por un corrector magnético o electromagnético de perfil CMP (figura 9). Tal sistema, basado en la utilización de una pluralidad de electroimanes, es descrito por ejemplo en la patente JP 9-108736.

5 Otros ajustes todavía pueden ser útiles, como el ajuste del ángulo de incidencia del chorro del escurridor ESSR con relación a la banda SUPP + REV en particular para limitar los riesgos de salpicadura de zinc líquido o “splashing”.

La figura 9 muestra las múltiples posibilidades de acciones disponibles para controlar la homogeneidad del espesor del revestimiento. Los medios ilustrados, encontrados sucesivamente en el fondo del baño de zinc son:

10 - el desplazamiento horizontal, por los actuadores ACT RDFL, del rodillo deflector de fondo RDFL y/o el desplazamiento horizontal, por los actuadores ACT RAT, del rodillo “anti crossbow” para corregir la flecha de la banda SUPP+REV;

15 - el desplazamiento horizontal, por los actuadores ACT RLP, del rodillo de línea de paso RLP que es a veces necesaria en algunos casos para asegurar el centrado de la banda SUPP+REV entre los inductores de calentamiento colocados mas abajo de los escurridores ESSR;

20 - el conjunto de los movimientos garantizados por los actuadores de los escurridores ESSR ya descritos en referencia a la figura 6;

- el ajuste transversal del espesor del chorro de aire descrito en referencia a la figura 7; y

25 - las acciones de los correctores de flecha magnéticos fraccionados CMP.

Se observa que es posible clasificar estos actuadores en dos familias, a saber la familia de los actuadores a efecto global que actúan sobre cada escurridor completo desplazándolo paralelamente a sí mismo o haciéndolo pivotar, y la familia de los actuadores a efectos locales que actúan por separado sobre una parte de la longitud de los escurridores, a la cual pertenecen los actuadores de ajuste transversal del chorro de aire y los correctores de flecha magnéticos fraccionados.

30 Todos estos actuadores, que tuvieran un efecto global o un efecto local, pueden ser mandados de manera estática, es decir ajustados previamente a la operación de depósito en función de variables de explotación predeterminadas que corresponden a esta operación, o de manera dinámica, es decir ajustados durante su funcionamiento.

El control dinámico tiene sentido sólo si los movimientos de los actuadores responden a una necesidad puesta de relieve por las medidas en línea durante el desplazamiento de la banda.

40 En el estado actual de la técnica, estas medidas se obtienen esencialmente por tres tipos de instrumentos que se ilustran en la figura 10, a saber:

- un dispositivo MPB de medida de perfil de la banda dispuesto por ejemplo más arriba de de los escurridores ESSR, tal dispositivo ha sido descrito por ejemplo en la patente JP 9-078215 y utilizó iluminadores láser;

45 - una galga JC de espesor de revestimiento, denominado “caliente”, instalada más abajo de los escurridores ESSR antes de que la banda SUPP+REV sea desviada horizontalmente; esta galga aplica los rayos X que miden puntualmente el espesor del revestimiento REV; la zona de medida ZMJC está situada en general en el centro de la banda y se extiende sobre toda la longitud de ésta durante su desplazamiento; y

50 - una galga JF de espesor de revestimiento, denominado “frío”, instalado más abajo de los escurridores ESSR después de que la banda SUPP+REV hubiera sido de nuevo desviada verticalmente; esta galga también aplica una fuente de rayos X móvil transversalmente a la banda; la zona de medida ZMJF describe un trayecto en zigzag sobre toda la longitud de la banda durante su desplazamiento.

55

En este contexto, es conocido, en particular por la patente JP 9-087821, el garantizar la conducción de los actuadores por medio de un sistema de mando que utiliza a la vez los valores de preajuste introducidos por el operador antes de la operación de depósito del revestimiento REV, y las medidas en línea obtenidas durante esta operación.

60 Estos sistemas de mando conocidos se basan en programas que ponen las medidas en línea bajo forma de ecuaciones polinomiales que se utilizan para dar las consignas apropiadas a los distintos actuadores.

Ahora bien, el uso de estas ecuaciones polinomiales presenta el doble inconveniente de llevar a aproximaciones que hacen imprecisas las consignas enviadas a los actuadores a efecto global y, sobre todo, de ser muy difíciles de aplicar a los actuadores a efectos locales que acumulan las acciones de una pluralidad de actuadores elementales conducidos por separado.

65

SHIN KI-TAE ET AL: "Synthesis method for the modelling and robust control of coating weight at galvanizing process" ISIJ INTERNATIONAL, IRON AND STEEL INSTITUTE OF JAPAN, JP, volumen 10, 2006, páginas 1442-1451, XP 008084110 ISSN: 0915-1559 y NAPHADE PRAVIN ET AL: "Mathematical modelling of jet finishing process for hot-dip zinc coatings on steel strip" ISIJ INTERNATIONAL, IRON AND STEEL INSTITUTE OF JAPAN, TOKYO, JP, volumen 45, número 2, 2005, páginas 209-213, XP008084126 ISSN: 0915-1559, describen un procedimiento y una instalación para el control del depósito en continuo de un revestimiento sobre un soporte según los cuales se aplica el material de revestimiento sobre el soporte y se elimina a continuación en función de un espesor de consigna predeterminada por medio de actuadores mandados por las señales de control prescritas, calculadas y reguladas por un modelo de preajuste y de regulación en función de las medidas del espesor del revestimiento.

En JP-A-2002275613 (NISSHIN STEEL CO LTD), 25 septiembre 2002, se describe un procedimiento de depósito en continuo de un revestimiento sobre un soporte en banda que comprende la medida del espesor del revestimiento obtenida en 4 puntos a lo largo de la anchura del soporte y de ajuste de los escurridores a aire a fin de uniformar el espesor del revestimiento.

La invención tiene por objeto remediar los inconvenientes mencionados proponiendo un procedimiento de depósito en continuo de un revestimiento como una capa de zinc sobre un soporte en banda, como una banda de acero, que, para permitir una regulación eficaz del espesor del revestimiento, sea capaz de conducir de manera precisa los múltiples actuadores dinámicos, y que sea fácilmente aplicable a los actuadores complejos como el ajuste transversal del espesor del chorro de aire o los correctores magnéticos de perfil fraccionado.

Por esto, el procedimiento de la invención, por otro lado conforme con la definición genérica dada antes en el preámbulo, se caracteriza esencialmente en que comprende al menos:

- una primera fase previa de modelización, aplicada más arriba de la operación de depósito y que comprende el desarrollo de un modelo de preajuste que incluye, para cada punto de un conjunto de puntos distribuidos a lo largo de la anchura del soporte y para cada actuador, una relación cuantitativa que vincula el espesor del revestimiento en este punto al valor de al menos un componente de la señal de control proporcionada a este actuador;

- una segunda fase previa de modelización, aplicada más arriba de la operación de depósito y que comprende el desarrollo de un modelo de regulación que incluye, para cada punto del conjunto de puntos y para cada actuador, una relación cuantitativa que vincula una variación del espesor del revestimiento en este punto a una variación del valor de por lo menos un componente de la señal de control proporcionada a este actuador;

- una etapa transitoria de preajuste, aplicada más arriba o al principio de la operación de depósito y que comprende las operaciones que consisten en enviar a los actuadores las señales de control que dependen del modelo de preajuste y del valor de referencia del espesor del revestimiento en cada punto del conjunto de puntos;

- una etapa de medición, aplicada durante la operación de depósito y que comprende las operaciones que consisten en elaborar una medición del espesor del revestimiento en cada punto del conjunto de puntos; y

- una etapa de regulación, aplicada durante la operación de depósito, que sucede a la etapa de preajuste y que comprenden las operaciones que consisten en enviar a los actuadores las señales de control respectivas elaboradas por control predictivo sobre la base del modelo de regulación y de una función de coste que tiene en cuenta todas las posibles divergencias entre el valor de referencia y la medida del espesor en cada punto del conjunto de puntos.

Así, aunque las técnicas específicas del control predictivo sean conocidas en sí mismas, por ejemplo de la obra "La commande predictive" (el control predictivo), escrito por Jacques Richalet, Guy Lavielle y Joelle Mallet, publicado en 2004 por editorial Eyrolles, la invención propone aplicar el principio al control dinámico de los actuadores aplicados para comprobar el espesor del revestimiento depositado en el soporte, aunque conservando el principio de un control estático de estos actuadores para su preajuste.

Preferentemente, el modelo de regulación es un modelo lineal, y la función de coste es una función cuadrática.

En la medida en que es deseable no excluir, en la aplicación del procedimiento de la invención, la posibilidad para los operadores humanos de intervenir directamente sobre los captadores, y donde tal intervención conduce *a priori* a perturbar el modelo de regulación, puede ser oportuno prever que el procedimiento de la invención comprenda además una operación que consiste en producir, por lo menos en cada actuador de un grupo de actuadores, al menos una señal de estado representativo del estado de este actuador, una operación que consiste en actuar por lo menos sobre un actuador del grupo por los medios complementarios al envío de una señal de control, y una operación que consiste en regular cada actuador del grupo de actuadores utilizando cada señal de estado de este actuador para actualizar la señal de control enviada a este actuador, el término "actualizar" es aquí sinónimo de "actualizar utilizando el más reciente valor conocido".

La invención se refiere también a una instalación para la aplicación de un procedimiento de depósito tal como se definió anteriormente, esta instalación se caracteriza en que incluye los actuadores y un módulo de regulación, en el que los actuadores se conciben para actuar sobre el espesor del revestimiento en función de señales o consignas de

ES 2 367 392 T3

control que reciben, y para expedir los datos de estado corregidos al módulo de regulación, y donde el módulo de regulación se concibe para determinar por control predictivo las señales o las consignas de control que deben enviarse a los actuadores para hacer converger el espesor del revestimiento tal como se mide hacia el valor de referencia de este espesor.

Preferentemente, tal instalación comprende, como actuador, uno o varios de los siguientes elementos: un escurridor a aire y un labio ajustable, un corrector electromagnético fraccionado de perfil, y los dispositivos, como gatos, para colocar el rodillo anti-ballesta, el rodillo de línea de paso, y/o el rodillo deflector de fondo.

Otras características y ventajas de la invención saldrán claramente de la descripción que se hace a continuación, a título indicativo y de ninguna manera limitativo, en referencia a los dibujos anexos, en los que:

- la figura 1 es una vista en corte transversal parcial a gran escala de un soporte protegido por un revestimiento depositado por vía tradicional;

- la figura 2 es una vista esquemática de lado de una parte de una instalación de galvanización;

- la figura 3 es una vista de detalle esquemático que ilustra la acción de un escurridor a aire;

- La figura 4, compuesta por las figuras 4a a 4c, es una vista esquemática en corte transversal de una instalación de revestimiento, representando diferentes defectos de disposición de la banda soportada con relación a los escurridores, y los defectos asociados del producto terminado;

- La figura 5 es otra vista esquemática de lado de una parte de una instalación de galvanización;

- La figura 6 es una vista de detalle en perspectiva de una porción de banda que pasa delante de dos escurridores;

- La figura 7 es una vista esquemática en perspectiva de un escurridor a chorro de aire;

- La figura 8 es otra vista esquemática de lado de una parte de una instalación de galvanización;

- La figura 9 es una vista esquemática en perspectiva de una parte de una instalación de galvanización en continuo;

- la figura 10 es otra vista esquemática de lado de una parte de una instalación de galvanización;

- la figura 11 es un esquema que ilustra una instalación conforme a la invención; y

- la figura 12, compuesta de las figuras 12a y 12b, es una vista esquemática que ilustra la acción de un escurridor a aire (figura 12a) y la ley física que describe esta acción (figura 12b).

Así como se indicó anteriormente, la invención se refiere (figura 11) a un procedimiento de depósito en continuo de un revestimiento, en particular de zinc, sobre un soporte como una banda de acero 1 de anchura determinada, y en el cual el espesor del revestimiento debe converger sobre la superficie del soporte hacia un valor de referencia en general constante para toda la superficie del soporte.

Este procedimiento comprende una operación de depósito en el curso del cual la banda 1 que constituye el soporte se arrastra en desplazamiento continuo y se sumerge en un baño de zinc líquido 2 donde se desvía por un rodillo de fondo 3. Esta banda 1 pasa luego entre un rodillo "anti crossbow" 4 y un rodillo de línea de paso 5, y sale del baño de zinc revestida de una capa de zinc líquido que se escurre entre dos escurridores a aire 7 y 8. Una galga de espesor 13 mide el espesor del revestimiento escurrido y solidificado, los movimientos combinados de la banda 1 y del captador de la galga 13 que forma un recorrido 14. El rodillo 4 y los escurridores 7 y 8 se equipan de actuadores respectivos como 6₁, 6₂, 9₁, 9₂, 10₁, 10₂, 11₁ a 11_x, y 12₁, a 12_x.

Estos actuadores son controlados por las señales de control respectivas que constituyen para estos actuadores consignas de ajuste, y son capaces de emitir, a cambio, las señales de estado respectivas que representan los ajustes que se realizaron efectivamente.

La instalación de la invención comprende un módulo de preparación o de preajuste 16 en el cual al menos se ha memorizado un modelo estático de preajuste establecido de manera experimental, previamente a la operación de depósito y que incluye, para cada uno de los puntos 22 distribuidos a lo largo de la anchura del soporte 1 y para cada actuador, una relación cuantitativa que vincula el espesor del revestimiento en este punto al valor de uno o más componentes de la señal de control susceptible de proporcionarse a este actuador.

Antes o al principio de la operación de depósito, los actuadores como 6₁, 6₂, 9₁, 9₂, 10₁, 10₂, 11₁ a 11_x, y 12₁ a 12_x envían al módulo de preparación 16 las señales o datos de estado 15 que informan a este módulo 16 de su situación. Este mismo módulo de preparación 16 recibe por otra parte, en forma de datos 17, las variables de explotación que definen particularmente el valor de referencia del espesor del revestimiento que hay que depositar. El modelo de

ES 2 367 392 T3

preajuste memorizado en el módulo de preparación 16 permite a este último proporcionar las consignas de preajuste a los accionadores $6_1, 6_2, 9_1, 9_2, 10_1, 10_2, 11_1$ a 11_x , y 12_1 a 12_x .

5 El procedimiento según la invención también pone en funcionamiento un modelo de regulación, que incluye, para cada uno de los puntos 22 distribuidos a lo largo de la anchura del soporte 1 y para cada accionador, una relación cuantitativa que vincula una variación del espesor del revestimiento en este punto en una variación del valor de por lo menos un componente de la señal de control proporcionado a este actuador.

10 Este modelo de regulación puede ser memorizado en un módulo de regulación 20, o memorizado en el módulo de preparación 16 y transmitido por este último al módulo de regulación 20.

15 A partir de este modelo de regulación y de los datos de medida del espesor 21 obtenidas por los diferentes puntos 22 de la anchura de la banda 1, el módulo de regulación 20 determina por control predictivo las señales o consignas de control 23 que este módulo 20 debe enviar a los accionadores $6_1, 6_2, 9_1, 9_2, 10_1, 10_2, 11_1$ a 11_x , y 12_1 a 12_x por las que reciben los datos de estado corregidos 24, para hacer converger el espesor del revestimiento tal como se mide hacia el valor de referencia de este espesor.

20 En otros términos, el procedimiento de la invención utiliza un modelo de predicción del espesor transversal del revestimiento que permite predecir la evolución de las variables controladas, la construcción de este modelo le permite ser lineal.

25 De acuerdo con el principio general del control predictivo, este modelo utiliza la medida del espesor de revestimiento sobre la anchura de la banda 1 bajo forma de un vector de dimensión “n” correspondiendo al número de puntos de medida 22 considerados. A cada actuador dinámico solicitado (por ejemplo a cada uno de los “m” actuadores de ajuste del espesor del chorro de aire) corresponde un vector de dimensión “n” y el efecto del conjunto de actuadores se expresa bajo la forma de una matriz rectangular de “n” líneas que corresponden respectivamente a los puntos de medida 22 considerados y de “m” columnas que corresponden respectivamente a los actuadores dinámicos solicitados.

30 La optimización de las señales de control que deben aplicarse a los actuadores dinámicos se realiza preferiblemente utilizando una función de costes cuadrática que representa típicamente la distancia euclidiana entre el espesor medido en los distintos puntos de medida 22 y el valor de referencia del espesor.

35 Esta optimización se realiza operando una minimización de esta función de coste teniendo en cuenta diferentes limitaciones sobre las diferentes variables de influencia que constituyen los estados de los diferentes actuadores, estas limitaciones pueden ser fijadas en el modelo o introducirse en forma de datos 25.

Estas limitaciones incluyen particularmente:

40 - la distancia mínima de funcionamiento d del dispositivo de ajuste del espesor e del chorro de aire (figura 12). En efecto, para que la variación del espesor e se traduzca en una variación de presión P sobre el revestimiento, hace falta que la banda 1 se desplace en la zona del chorro donde $P = f(d)$ con $d \geq d_0$ (figura 12b); y

45 - la flecha mínima que debe presentar la banda 1 para conservar una cierta rigidez longitudinal que limita los problemas de vibración.

50 El procedimiento de la invención puede también tomar en consideración otros datos de medida, tales como la medida de espesor de la galga “caliente” JC del espesor de revestimiento y de las medidas de perfil de banda proporcionadas por el captador MPB.

El procedimiento de la invención también puede controlar otros actuadores que los anteriormente evocados, y particularmente los actuadores ACT_RAT del rodillo “anti crossbow” RATA (figura 9) y los del corrector magnético de perfil CMP.

55 El procedimiento de la invención también permite incluir, en el sistema de regulación de los dispositivos, ane- xos tales como preescurredores magnéticos o a aire, o los dispositivos adicionales de comprobación del espesor de revestimiento, específicos en las orillas de la banda 1.

60 De modo general, el procedimiento de la invención ofrece una gran facilidad de integración de nuevos actuadores o instrumentos de medida en el curso de la evolución de la instalación.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el depósito continuo de un revestimiento (REV) sobre un soporte en banda (SUPP) de anchura determinada con convergencia hacia por lo menos un valor de referencia del espesor de este revestimiento sobre la superficie del soporte, este procedimiento comprende una operación de depósito en el curso del cual el soporte (SUPP) se arrastra, siguiendo una dirección longitudinal de desplazamiento perpendicular a su anchura, en una instalación que comprende un conjunto de actuadores ($6_1, 6_2; 9_1, 9_2; 10_1, 10_2; 11_1-11_x; 12_1-12_x$) mandados por las señales de control respectivas (18, 23) comprendiendo cada una por lo menos un componente, cada actuador está configurado para actuar sobre el espesor del revestimiento, siguiendo la anchura del soporte, con arreglo a la señal de control que recibe, **caracterizado** en que comprende por lo menos:

- una primera fase previa de modelización, aplicada más arriba de la operación de depósito y que comprende el desarrollo de un modelo de preajuste que incluye, para cada punto de un conjunto de puntos distribuidos a lo largo de la anchura del soporte y para cada actuador, una relación cuantitativa que vincula el espesor del revestimiento en este punto al valor de al menos un componente de la señal de control proporcionada a este actuador;

- una segunda fase previa de modelización, aplicada más arriba de la operación de depósito y que comprende el desarrollo de un modelo de regulación que incluye, para cada punto del conjunto de puntos y para cada actuador, una relación cuantitativa que vincula una variación del espesor del revestimiento en este punto a una variación del valor por lo menos de un componente de la señal de control proporcionada a este actuador;

- una etapa transitoria de preajuste, aplicada (16) más arriba o al principio de la operación de depósito y que comprende las operaciones que consisten en enviar a los actuadores las señales de control que dependen del modelo de preajuste y del valor de referencia del espesor del revestimiento en cada punto del conjunto de puntos; y

- una etapa de medición, aplicada (22) durante la operación de depósito y que comprende las operaciones que consisten en elaborar una medición del espesor del revestimiento en cada punto del conjunto de puntos; y

- una etapa de regulación, aplicada (20) durante la operación de depósito, que sucede a la etapa de preajuste y que comprende las operaciones que consisten en enviar a los actuadores las señales de control respectivas elaboradas por control predictivo sobre la base del modelo de regulación y de una función de coste que tiene en cuenta todas las posibles divergencias entre el valor de referencia y la medida del espesor en cada punto del conjunto de puntos.

2. Procedimiento de depósito según la reivindicación 1,

caracterizado en que,

el soporte está formado por una banda de acero y en el que el revestimiento está formado por zinc o por una aleación de zinc, este procedimiento constituye un procedimiento de galvanización.

3. Procedimiento de depósito según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado en que,

el modelo de regulación es un modelo lineal.

4. Procedimiento de depósito según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado en que,

la función de coste es una función cuadrática.

5. Procedimiento de depósito siguiendo una cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado en que,

comprende por otro lado una operación que consiste en producir, al menos al nivel de cada actuador de un grupo de actuadores, al menos una señal de estado representativo del estado de este actuador, una operación consistente en actuar al menos sobre un actuador del grupo por medios complementarios al envío de una señal de control, y una operación que consiste en regular cada actuador del grupo de actuadores utilizando cada señal de estado de este actuador para actualizar la señal de control enviada a este actuador.

ES 2 367 392 T3

6. Instalación para la aplicación de un procedimiento de depósito continuo de un revestimiento (REV) sobre un soporte de banda (SUPP) de longitud determinada con convergencia hacia al menos un valor de referencia del espesor de este revestimiento sobre la superficie del soporte,

5 dicho soporte (SUPP) se lleva en el curso del depósito, siguiendo una dirección longitudinal de desplazamiento perpendicular a la longitud,

la instalación comprende:

10 - un conjunto de actuadores ($6_1, 6_2; 9_1, 9_2; 10_1, 10_2; 11_1-11_x; 12_1-12_x$) mandados por las señales de control (18), (23) comprendiendo cada uno por lo menos un componente, y donde cada actuador está configurado para actuar sobre el espesor del revestimiento, siguiendo la anchura del soporte, con arreglo a la señal de control que recibe;

15 - un módulo de preajuste (16) proporcionando las consignas de preajuste (18) a los actuadores;

 - un módulo de regulación (20) que determina por control predictivo las señales de control (23) enviadas a los actuadores,

caracterizado en que:

20 el módulo de preajuste incluye un módulo estático de preajuste, establecido para cada uno de los puntos (22) distribuidos a lo largo de la anchura del soporte y para cada actuador una relación cuantitativa que une el espesor del revestimiento en este punto al valor de al menos un componente de la señal de control suministrada a dicho actuador.

25 7. Instalación según la reivindicación 6,

caracterizada en que,

30 comprende, como actuador, un escurridor a aire y un labio ajustable.

8. Instalación según una cualquiera de las reivindicaciones 6 y 7,

35 **caracterizada** en que,

comprende, como actuador, un corrector electromagnético fraccionado de perfil.

40 9. Instalación según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8,

caracterizada en que,

45 comprende un rodillo anti-ballesta y como actuadores, de los dispositivos de posicionamiento de este rodillo anti-ballesta.

10. Instalación según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9,

50 **caracterizado** en que,

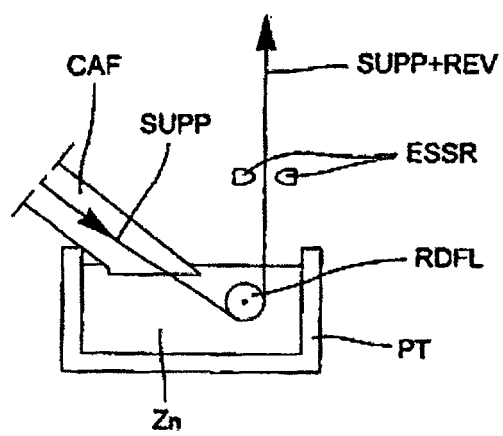
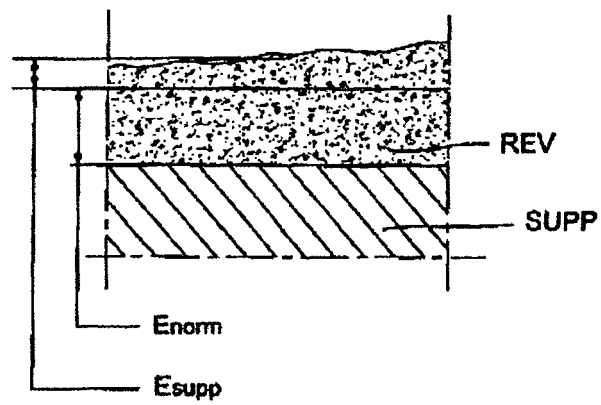
comprende un rodillo de línea de paso y, como actuadores, de los dispositivos de posicionamiento de este rodillo de línea de paso.

55 11. Instalación según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 10,

caracterizada en que,

60 comprende un rodillo deflector de fondo y, como actuadores, de los dispositivos de posicionamiento de este rodillo deflector de fondo.

65



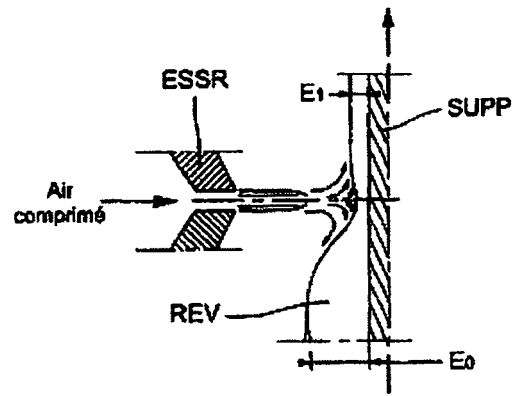


FIG. 3

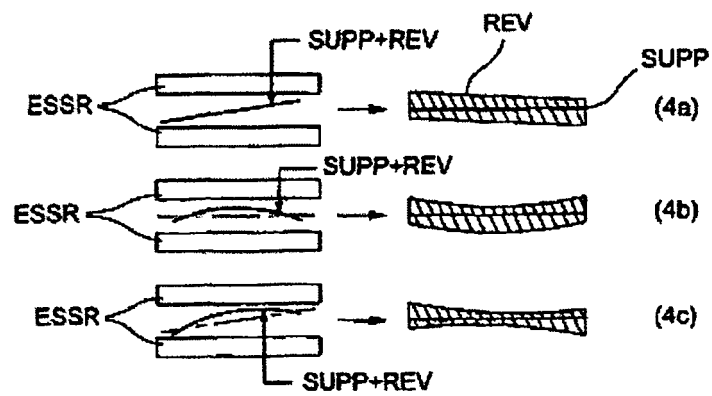


FIG. 4

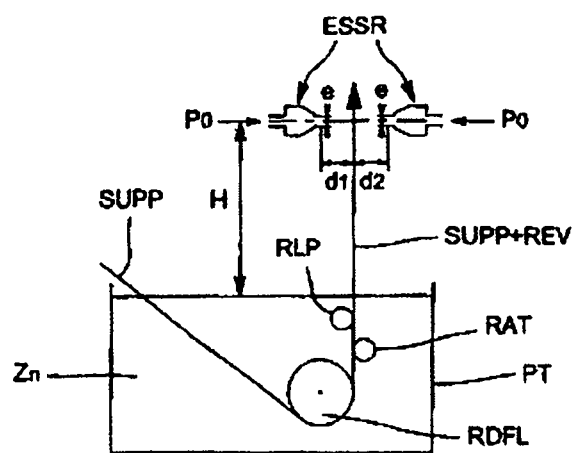


FIG. 5

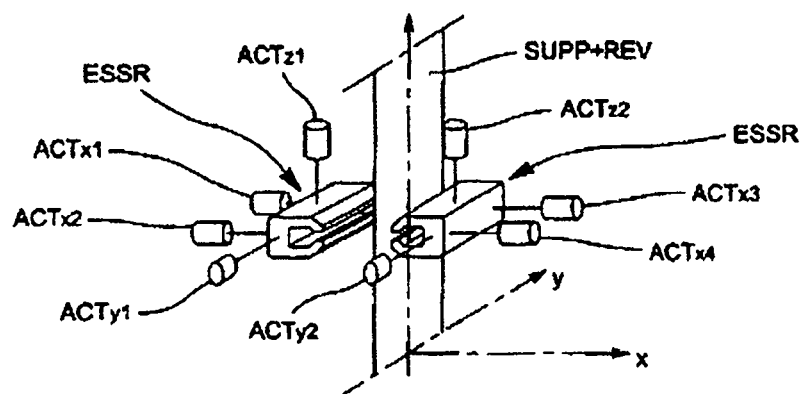


FIG. 6

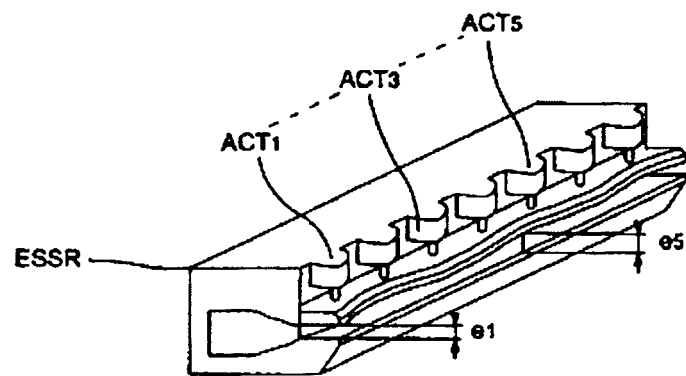


FIG. 7

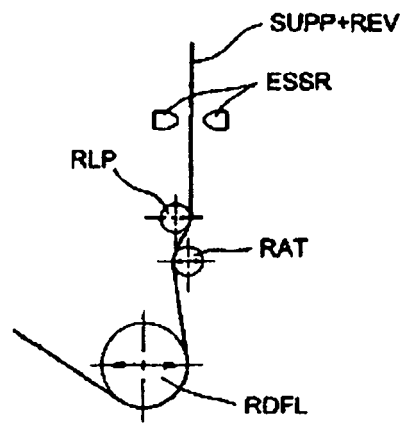


FIG. 8

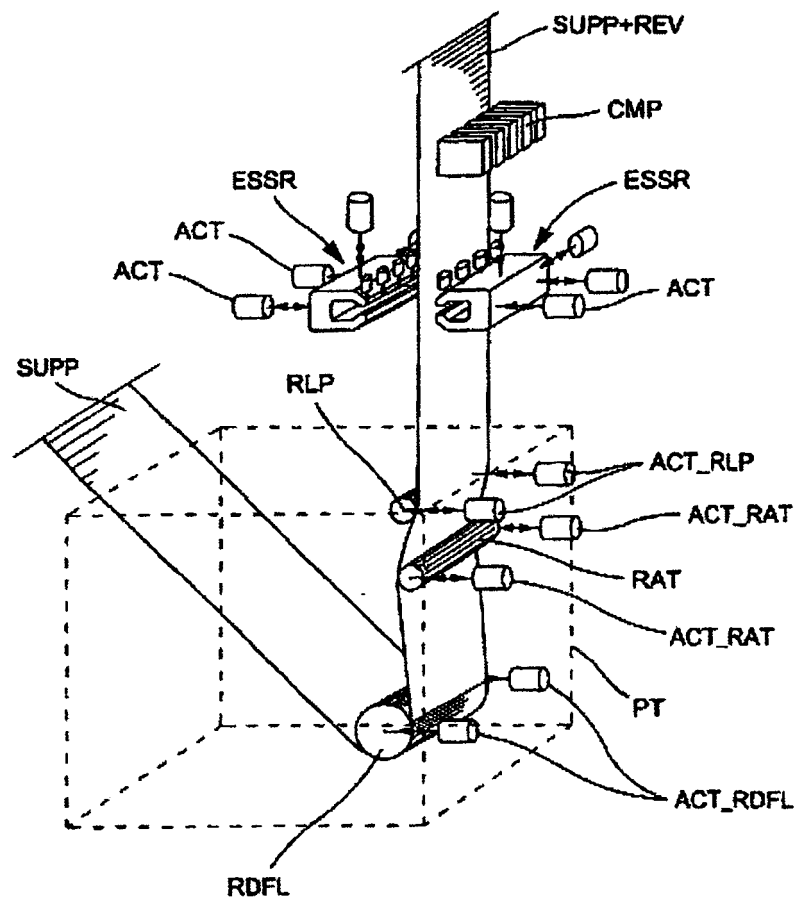


FIG. 9

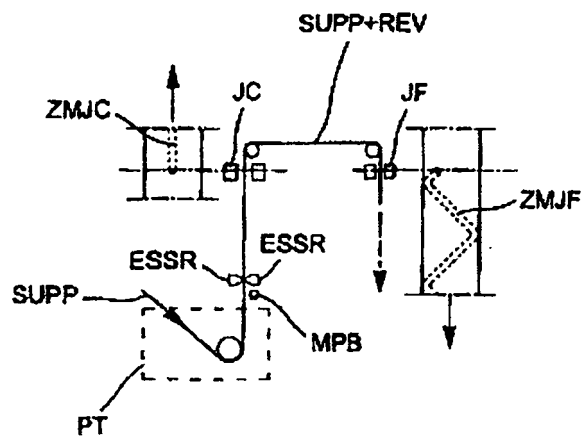


FIG. 10

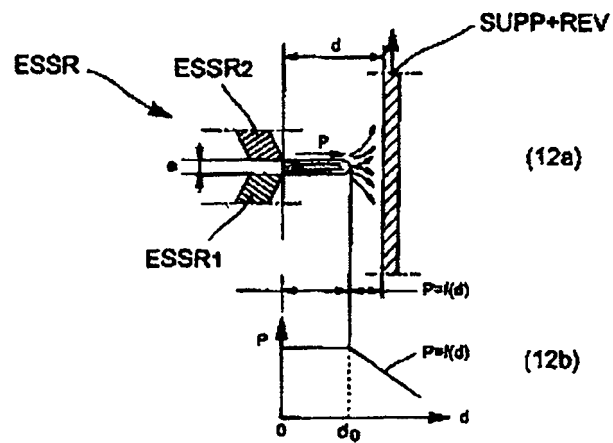


FIG. 12

