

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 521 240**

51 Int. Cl.:

G01J 3/443 (2006.01)

C23C 2/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.06.2007 E 07719218 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.09.2014 EP 2092281**

54 Título: **Instalación y procedimiento para el control en línea de un baño de galvanización**

30 Prioridad:

07.12.2006 BE 200600600

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

12.11.2014

73 Titular/es:

**CENTRE DE RECHERCHES METALLURGIQUES
ASBL - CENTRUM VOOR RESEARCH IN DE
METALLURGIE VZW (100.0%)
Boulevard de l'Impératrice 66
B-1000 Bruxelles, BE**

72 Inventor/es:

**MONFORT, GUY y
HARDY, YVES**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 521 240 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

Instalación y procedimiento para el control en línea de un baño de galvanización.

5 **Objeto de la invención**

La presente invención se refiere a una instalación en línea para el control simultáneo de la presencia de matas y de la composición química en un baño de revestimiento por templado en caliente de una banda metálica, en particular un baño de galvanización o de "galvannealing".

10

La invención se refiere asimismo al procedimiento utilizado en la instalación citada anteriormente.

Antecedentes tecnológicos y estado de la técnica

15 Es conocido que, para asegurar una calidad constante del revestimiento depositado sobre las bandas de acero, los baños de galvanización, que comprenden generalmente zinc y unas aleaciones de zinc, deben ser controlados en por lo menos dos aspectos:

- 20 - se debe mantener constante la composición química del baño, en particular la concentración en ciertos elementos presentes en baja cantidad (hierro, aluminio, silicio, magnesio, etc.);
- se debe supervisar la presencia de matas, es decir de impurezas sólidas que flotan en la superficie del baño, en particular cerca de la chapa para evitar unos depósitos indeseables sobre ésta. Cuando se acumulan en gran cantidad, se deben retirar mediante un procedimiento adecuado.

25

Según el estado de la técnica, la composición química del baño está determinada generalmente por recogida de muestras y análisis "off-line" de éstas. Esta técnica obliga a manipulaciones delicadas en un baño de metal fundido, lleva tiempo y no permite por lo tanto un seguimiento del baño realmente continuo. Además, la composición puede ser evaluada sólo en las zonas en las que es posible extraer físicamente la muestra. El baño puede ser heterogéneo y estas zonas particulares no son necesariamente representativas de la composición del metal que se depositará efectivamente sobre la chapa.

30

Se ha propuesto una mejora reciente en particular por el Instituto de los Materiales industriales (IMI, Canadá). Consiste en hacer un análisis de la composición de un baño de metal fundido en continuo con la ayuda de la técnica de espectroscopia de plasma inducida por láser, denominada LIBS (por *Laser-Induced Breakdown Spectroscopy*).

35

Esta técnica espectroscópica se basa en la irradiación del medio analizado por medio de un haz láser pulsado (impulsos de amplitud de 10 nanosegundos típicamente) a alta densidad de potencia (típicamente 1 gigavatio por cm^2 o más) para formar una "chispa" que corresponde a la conversión local de la materia en plasma. La luz emitida por el plasma se analiza después por un espectrómetro: se trata por lo tanto de una forma de espectroscopia de emisión atómica.

40

Esta técnica se ha utilizado por ejemplo para medir los niveles de contaminantes en los efluentes líquidos tratados. Además, como se trata de una técnica totalmente óptica, por lo tanto utilizable sin contacto, es particularmente atrayente para el análisis de sustancias peligrosas o de temperatura muy alta. Actualmente, por lo que respecta a los baños de metales fundidos, el dispositivo desarrollado permite sólo el análisis del hierro y del aluminio. Estos análisis presentan sin embargo la ventaja de poder ser efectuados teóricamente en cualquier momento del baño.

45

Así, Awadesh *et al.*, en *Review of Scientific Instruments*, vol. 73, nº 10, p. 3589-3599 (2002), presentan un sistema de análisis por LIBS de un baño de metal líquido, que utiliza una fibra óptica al mismo tiempo para transmitir el haz láser hacia la zona a analizar a través de una sonda sumergida en el baño, y para recoger la emisión atómica de la chispa del plasma láser en retorno. Los autores describen en detalle las diferentes partes del analizador LIBS y la aplicación de la técnica a una aleación fundida de aluminio.

50

55 En otro artículo, publicado en *Applied Optics*, Vol. 42, nº 12, p. 2078-2084 (2003), estos mismos autores estudian más en detalle el efecto de diferentes parámetros tales como el gas de purga utilizado en la sonda o la longitud focal de la lente sobre la sensibilidad del analizador en el caso de una aleación fundida de aluminio. Estos dos estudios se han realizado exclusivamente en unos aparatos de laboratorios y baños apropiados.

55

60 En lo que se refiere a la problemática del control de las matas, la técnica utilizada más habitualmente se basa en la observación visual: cuando el operario considera que la cantidad de matas es demasiado elevada, se retiran generalmente de manera mecánica mediante cribado. Esto hace obligatoria la presencia de un operario que debe supervisar constantemente el baño y efectuar, en este caso también, unas manipulaciones potencialmente peligrosas sobre el metal en fusión.

65

Se han desarrollado nuevos procedimientos, o están en curso de desarrollo, para la eliminación de las matas, tales

como la utilización de robots manipuladores, los procedimientos electromagnéticos, etc., pero no se conoce en la actualidad la existencia de un sistema automático para la utilización de estos dispositivos.

Objetivos de la invención

5 La presente invención pretende proporcionar una solución que permita librarse de los inconvenientes del estado de la técnica.

10 En particular, la invención tiene como objetivo proporcionar un equipo y un procedimiento de realización que permite un seguimiento simultáneo y en tiempo real de la composición química y de la cantidad de matas en los baños de galvanización.

15 Como corolario, la invención tiene como objetivo eliminar las intervenciones humanas en entornos peligrosos, tales como las extracciones de metal fundido, en particular cuando el sistema está acoplado con un dispositivo robotizado de eliminación de las matas.

La invención tiene asimismo como objetivo clarificar las zonas aún dudosas en cuanto a la presencia de matas, después de un análisis de imagen convencional.

20 Principales elementos característicos de la invención

Un primer objeto de la presente invención se refiere a una instalación de control en línea y en tiempo real de un baño para el revestimiento por templado en caliente de una banda metálica por medio de un metal fundido, en particular de control de la composición química del baño y de la presencia de matas en la superficie del baño, que comprende:

- 25
- un sistema de análisis por espectroscopia de plasma inducido por láser de tipo LIBS, por "*Laser-Induced Breakdown Spectroscopy*", que comprende un láser pulsado de alta densidad de potencia apto para emitir a distancia un haz de luz focalizado en una zona de la composición química a analizar, situada en la superficie del baño o en la masa de éste, para crear localmente un plasma y que comprende un espectrómetro para el análisis espectral de la luz emitida por dicho plasma;
 - 30 - un dispositivo para dirigir el haz láser hacia dicha zona a analizar, y eventualmente focalizar éste;
 - una cámara asociada a una fuente de luz, preferentemente difusa, para adquirir una imagen del baño en una zona de éste en el que se desea vigilar la presencia de matas;
 - 35 - un sistema de control asociado al sistema de análisis y a la cámara, implantado en un ordenador, preferentemente un PC, para efectuar un tratamiento de imagen, el almacenamiento de datos de análisis químico según el método LIBS antes citado y la gestión de los movimientos del haz láser;
 - 40 - un sistema de advertencia de un operario o de mando de un dispositivo mecánico robotizado de eliminación de las matas de la superficie del baño, estando dicho sistema acoplado al sistema de control.

45 Según un primer modo de realización preferido, el dispositivo para dirigir el haz láser comprende un espejo rotativo.

Según un segundo modo de realización preferido, el dispositivo para dirigir el haz láser comprende un sistema de barrido óptico.

50 Preferentemente, el baño es un baño de galvanización o de "galvannealing" y la banda metálica es una banda de acero.

Aún preferentemente, el metal fundido es el zinc, el aluminio, el silicio, el magnesio o una de sus aleaciones.

55 Un segundo objeto de la presente invención se refiere a un procedimiento de control en línea y en tiempo real de un baño para el revestimiento por templado en caliente de una banda metálica por medio de un metal fundido, en particular de control de la composición química del baño y de la presencia de matas en la superficie del baño, por medio de la instalación antes citada, que comprende por lo menos una parte de las etapas siguientes:

- 60
- la composición química del baño se analiza en continuo, utilizando el sistema LIBS y el dispositivo para dirigir el haz láser hacia la zona del baño a analizar;
 - se captan unas imágenes de la parte de la superficie del baño bajo supervisión por medio de la cámara para evaluar la cantidad y la posición de las matas presentes en la superficie del baño;
 - 65 - en función de la cantidad y de la posición de las matas presentes en la superficie del baño, un operario puede ser advertido por medio del sistema de advertencia, o puede ponerse en marcha el dispositivo robotizado de

eliminación de las matas, gracias al sistema de control asociado.

Según un primer modo de realización preferido del procedimiento, las imágenes captadas por la cámara son tratadas utilizando una gama de niveles de grises para diferenciar las zonas cubiertas por las matas de las zonas no cubiertas.

Ventajosamente, según este modo de realización preferido,

- por encima de un umbral superior de niveles de grises, se considera que la zona corresponde a matas;
- por debajo de un umbral inferior de niveles de grises, se considera que la zona corresponde a una parte de la superficie del baño que no presenta matas;
- si se está entre los dos umbrales citados, el haz láser se dirige a la zona correspondiente mediante el dispositivo para dirigir el haz láser, mandado por el ordenador de control y se efectúa un análisis químico local mediante el método LIBS;
- en este último caso, si la composición medida está fuera de un intervalo determinado que corresponde a una composición nominal del baño, y en particular si la proporción de hierro o de aluminio difiere sustancialmente, por ejemplo en más del 30% de su valor en dicha composición nominal, se considera que la zona analizada corresponde a la presencia de matas.

Así, normalmente, el haz láser está dirigido hacia una zona de la superficie del baño donde se encuentra el zinc líquido para analizar la composición química del baño. Si el análisis de los niveles de grises localiza una zona en la que no se sabe discernir si se trata de zinc líquido o de matas, se desvía el haz láser en esta zona para efectuar un análisis químico local.

Ventajosamente, cuando la proporción de matas en la superficie supera un valor predeterminado o cuando la distancia entre las matas y la banda metálica es inferior a otro valor predeterminado, el operario es advertido por medio del sistema de advertencia, o se pone en marcha el dispositivo robotizado de eliminación de las matas.

Se señala que dichos valores predeterminados están en función de las características constructivas de cada instalación particular. En efecto, la presencia de matas cerca de la banda es molesta sólo en la medida en la que éstas son susceptibles de ser arrastradas por la banda y crear unos defectos de aspecto. Así, una intervención debería ser realizada probablemente más rápidamente en una cuba de sección horizontal estrecha y alargada que en una cuba de sección circular.

Según un segundo modo de realización preferido del procedimiento, la posición o la proporción superficial de matas se evalúa por cuantificación de las irregularidades de la superficie mediante un método óptico de triangulación.

Ventajosamente, último modo de realización preferido comprende las etapas siguientes:

- una línea luminosa se proyecta localmente en la superficie del baño, utilizando la fuente de luz asociada a la cámara y su imagen es captada por esta última;
- se determinan unas variaciones de altura de dicha superficie mediante el tratamiento de imágenes según una medición de triangulación;
- cuando las variaciones de altura superan un umbral máximo predeterminado, se considera que se está localmente en presencia de matas, suponiéndose lo contrario si no se alcanza un umbral mínimo predeterminado;
- cuando se está entre dichos umbrales mínimo y máximo, el haz láser es dirigido a la zona correspondiente por medio del dispositivo para dirigir el haz láser, mandado por el ordenador de control y se efectúa un análisis químico local mediante el método LIBS;
- en este último caso, si la composición medida está fuera de un intervalo determinado que corresponde a una composición nominal del baño, y en particular si la proporción de hierro o de aluminio difiere sustancialmente, por ejemplo en más del 30%, de su valor en dicha composición nominal, se considera que la zona analizada corresponde a la presencia de matas.

Descripción de una forma de realización preferida de la invención

El método propuesto según la presente invención saca provecho de las posibilidades de análisis químico ofrecidas por el método LIBS y por un tratamiento de imagen acoplado a un análisis LIBS para determinar la cantidad de matas y definir así el momento más oportuno para retirar éstas del baño de galvanización.

La instalación utilizada comprende:

- 5 - un sistema de análisis LIBS compuesto por un láser pulsado que emite un rayo focalizado en la superficie del baño o en la masa de éste. En este último caso, un tubo, en el que circula un gas, se sumerge bajo la superficie del baño y permite el análisis en su extremo. El haz láser focalizado crea por lo tanto un plasma, cuya luz emitida, durante el retorno de los átomos a su estado fundamental de equilibrio, presenta unas rayas espectrales en las longitudes de onda específicas de los elementos químicos que componen el baño. Esta luz es analizada por un dispositivo apropiado, generalmente un espectrómetro;
- 10 - un sistema óptico tal como un escáner que permite desviar el haz láser y focalizarlo en cualquier zona de una superficie S considerada útil para efectuar un análisis local. Se trata generalmente de la zona en la que se acumulan las matas;
- 15 - un espejo rotativo, o cualquier otro dispositivo equivalente, que permite dirigir el haz láser o bien sobre la superficie (o bajo la superficie) del baño, o bien, a través del escáner, sobre la superficie S;
- 20 - una cámara asociada a una fuente de luz, preferentemente difusa. Esta cámara proporciona una imagen del baño en la zona en la que se desea supervisar la presencia de matas, generalmente cerca de la entrada de la banda de acero en la tobera. Generalmente, es en esta zona donde el análisis químico está también determinado por el método LIBS;
- 25 - un sistema de control, generalmente implantado en un PC, que permite el tratamiento de las imágenes, la recuperación de los datos del análisis químico y la gestión de los movimientos del haz láser.

El método de control del baño según la invención se describe a continuación.

Por un lado, el análisis del baño se efectúa en continuo mediante el sistema LIBS. Por otro lado, la cámara proporciona unas imágenes de la superficie bajo supervisión.

30 Según un modo de realización preferido de la invención, estas imágenes son tratadas según una gama de niveles de grises para diferenciar las zonas cubiertas por las matas de las zonas en las que están ausentes. Se utilizan dos umbrales: un límite superior, por encima del cual se admite que se trata de matas, y un límite inferior, por debajo del cual se supone que se trata de la superficie del baño libre de matas. En la zona intermedia, es difícil pronunciarse y se completa la información conocida dirigiendo el haz láser hacia esta zona, con la ayuda del escáner mandado por el PC de control, realizando un análisis químico local. Si el análisis se diferencia significativamente de la composición nominal del baño, por ejemplo si la proporción de hierro o de aluminio es suficientemente diferente, por ejemplo se diferencia en más del 30% del valor en la composición nominal, se considera que se está en presencia de matas.

40 Cuando la proporción de matas en la superficie supera un cierto umbral o la zona cubierta se aproxima demasiado a la chapa, el sistema envía una señal que puede o bien advertir a un operario, o bien activar un dispositivo automático de eliminación de las matas.

45 El método de análisis de la imagen utilizando los niveles de grises constituye sólo una aplicación particular del procedimiento según la invención. Cualquier otro método que permita evaluar la superficie relativa ocupada por las matas a base de una toma de imágenes entra en el ámbito del procedimiento según la invención: la originalidad del procedimiento es completar la información del análisis de imágenes por un análisis químico por LIBS para las zonas dudosas.

50 Por ejemplo, según otro modo de realización preferido de la invención, se podría determinar la presencia de matas teniendo en cuenta del hecho de que la superficie cubierta por las matas es más irregular que la del baño de metal fundido. Se podrían cuantificar en particular las irregularidades de la superficie proyectando una línea luminosa en la superficie del baño y determinando las variaciones de altura de la superficie por una medición de triangulación, tal como se aplica en otros campos: cuando la altura varía suficientemente a lo largo de la línea, es decir cuando la superficie es irregular, se considera que se está en presencia de matas. A la inversa, si la línea es de altura constante, no hay matas. En los casos intermedios, se recurre como anteriormente al análisis LIBS para completar la información.

60 **Ventajas del procedimiento**

El método propuesto según la presente invención permite el control en tiempo real al mismo tiempo de la composición del baño de galvanización y de la evolución de la posición y/o la cantidad de matas en la superficie. Este procedimiento elimina al máximo las intervenciones humanas en un entorno peligroso, sobre todo si el sistema está acoplado con un dispositivo automático o robotizado de eliminación de las matas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Instalación de control en línea y en tiempo real de un baño para el revestimiento por templado en caliente de una banda metálica por medio de un metal fundido, en particular de control de la composición química del baño y de la presencia de matas en superficie del baño, que comprende:
- 10 - como dispositivo de análisis químico, un sistema de análisis por espectroscopia de plasma inducido por láser, de tipo LIBS, por *Laser-Induced Breakdown Spectroscopy*, que comprende un láser pulsado de alta densidad de potencia apto para emitir a distancia un haz de luz focalizado en una zona de la composición química a analizar, situada en la superficie del baño o en la masa de éste, para crear un plasma localmente y que comprende un espectrómetro para el análisis espectral de la luz emitida por dicho plasma;
 - 15 - un dispositivo para dirigir el haz láser hacia dicha zona a analizar, y focalizar éste;
 - 20 - como dispositivo de adquisición de imagen independiente del sistema LIBS, una cámara asociada a una fuente de luz, para adquirir una imagen de la superficie del baño en una zona de éste en la que se desea supervisar la presencia de matas;
 - 25 - un sistema de control, asociado al mismo tiempo al sistema de análisis químico y a la cámara citada anteriormente, implantado en un ordenador, preferentemente un PC, para efectuar un tratamiento de imagen de la superficie del baño, el almacenamiento de datos de análisis químico según el método LIBS citado anteriormente y la gestión de los movimientos del haz láser;
 - 30 - un sistema de advertencia de un operario o de mando de un dispositivo mecánico robotizado de eliminación de las matas en la superficie del baño, estando dicho sistema acoplado al sistema de control.
- 35 2. Instalación según la reivindicación 1, caracterizada por que el dispositivo para dirigir el haz láser comprende un espejo rotativo.
- 40 3. Instalación según la reivindicación 1 o 2, caracterizada por que el dispositivo para dirigir el haz láser comprende un sistema de barrido óptico.
- 45 4. Instalación según la reivindicación 1, caracterizada por que la fuente de luz de la cámara es difusa.
- 50 5. Procedimiento de control en línea y en tiempo real de un baño para el revestimiento por templado en caliente de una banda metálica por medio de un metal fundido, en particular de control de la composición química del baño y de la presencia de matas en la superficie del baño, por medio de la instalación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende por lo menos una parte de las etapas siguientes:
- 55 - la composición química del baño se analiza en continuo, utilizando el sistema LIBS y el dispositivo para dirigir el haz láser hacia la zona del baño a analizar;
 - 60 - independientemente del análisis de composición del baño, se captan unas imágenes de una parte de la superficie del baño bajo supervisión por medio de la cámara para evaluar la cantidad y la posición de las matas presentes en la superficie del baño;
 - 65 - en función de la cantidad y de la posición de las matas presentes en la superficie del baño, un operario puede ser advertido por medio del sistema de advertencia, o el dispositivo robotizado de eliminación de las matas puede ser puesto en marcha, gracias al sistema de control asociado.
- 70 6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado por que las imágenes captadas por la cámara son tratadas utilizando una gama de niveles de grises para diferenciar las zonas cubiertas por las matas de las zonas no cubiertas.
- 75 7. Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado por que:
- 80 - por encima de un umbral superior de niveles de grises, se considera que la zona corresponde a unas matas;
 - 85 - por debajo de un umbral inferior de niveles de grises, se considera que la zona corresponde a una parte de la superficie del baño que no presenta matas;
 - 90 - si se está entre los dos umbrales citados anteriormente, el haz láser es dirigido a la zona correspondiente mediante el dispositivo para dirigir el haz láser, mandado por el ordenador de control y se efectúa un análisis químico local mediante el método LIBS;
 - 95 - en este último caso, si la composición medida está fuera de un intervalo determinado que corresponde a una

composición nominal del baño, y en particular si la proporción de hierro o de aluminio difiere sustancialmente de su valor en dicha composición nominal, se considera que la zona analizada corresponde a la presencia de matas.

- 5 8. Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado por que la composición medida está considerada como fuera del intervalo que corresponde a la composición nominal del baño cuando la proporción de hierro o de aluminio difiere en más del 30% de su valor en dicha composición nominal.
- 10 9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, caracterizado por que, cuando la proporción de matas en la superficie supera un valor predeterminado, o cuando la distancia entre unas matas y la banda metálica es inferior a otro valor predeterminado, el operario es advertido por medio del sistema de advertencia o se pone en marcha el dispositivo robotizado de eliminación de las matas.
- 15 10. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado por que la posición o la proporción de superficie de matas se evalúa por cuantificación de las irregularidades de superficie mediante un método óptico de triangulación.
- 20 11. Procedimiento según la reivindicación 10, caracterizado por que comprende las etapas siguientes:
- una línea luminosa se proyecta localmente en la superficie del baño, utilizando la fuente de luz asociada a la cámara y su imagen es captada por esta última;
 - unas variaciones de altura de dicha superficie son determinadas por el tratamiento de imágenes según una medición de triangulación;
 - 25 - cuando las variaciones de altura superan un umbral máximo predeterminado, se considera que se está localmente en presencia de matas, suponiéndose lo contrario si no se alcanza un umbral mínimo predeterminado;
 - 30 - cuando se está entre dichos umbrales mínimo y máximo, el haz láser es dirigido a la zona correspondiente por medio del dispositivo para dirigir el haz láser, mandado por el ordenador de control y se efectúa un análisis químico local mediante el método LIBS;
 - 35 - en este último caso, si la composición medida está fuera de un intervalo determinado que corresponde a una composición nominal del baño, y en particular si la proporción de hierro o de aluminio difiere sustancialmente de su valor en dicha composición nominal, se considera que la zona analizada corresponde a la presencia de matas.
- 40 12. Utilización de la instalación según la reivindicación 1, en la que el baño es un baño de galvanización o de "galvannealing".
13. Utilización de la instalación según la reivindicación 1, en la que la banda metálica es una banda de acero.
14. Utilización de la instalación según la reivindicación 1, en la que el metal fundido es el zinc, el aluminio, el silicio, el magnesio o una de sus aleaciones.