

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 666 211**

51 Int. Cl.:

G01B 15/02 (2006.01)

G01B 7/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.05.2011 PCT/FR2011/051232**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.12.2011 WO11151585**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.05.2011 E 11728326 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.02.2018 EP 2577226**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de medición continua del espesor de una capa de material de revestimiento sobre una banda en movimiento**

30 Prioridad:
31.05.2010 WO PCT/FR2010/051046

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.05.2018

73 Titular/es:
**ARCELORMITTAL (100.0%)
24-26 Boulevard d'Avranches
1160 Luxembourg, LU**

72 Inventor/es:
GAUJE, PIERRE

74 Agente/Representante:
SALVA FERRER, Joan

ES 2 666 211 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo de medición continua del espesor de una capa de material de revestimiento sobre una banda en movimiento

5

[0001] La presente invención se refiere a la medición del espesor de una capa de material de revestimiento de una banda en movimiento tal como una banda de acero galvanizado.

[0002] Para proteger las chapas de acero contra la corrosión, estas se recubren con un material como zinc y de este modo se obtienen chapas galvanizadas. Para realizar este revestimiento de zinc, se hace desplazar línea a línea bandas en un horno de recocido y luego a través de una campana con el fin de introducirlas en un baño de zinc líquido para que salgan recubiertas con una capa de zinc que es líquido y que se escurre por soplado de un gas tal como nitrógeno. Tras el escurrido, las bandas se someten opcionalmente a un tratamiento térmico con el fin de provocar una reacción entre la capa de zinc y el sustrato de acero, acto seguido las chapas se enfrían y finalmente se pasan a una instalación de laminación superficial tal como "pasada de endurecimiento superficial" antes de enrollarlas. Con el fin de obtener chapas que tengan una superficie regular para que, después de pintar, presenten un acabado superficial excelente, es necesario que la capa de revestimiento de zinc o aleación de zinc sea lo más regular posible. Además, para poder garantizar una buena protección contra la corrosión, es necesario que la capa de revestimiento tenga un espesor suficiente en cualquier punto de la banda. Para obtener este resultado de manera fiable en instalaciones industriales, se debe al mismo tiempo poder dirigir el procedimiento y controlar el resultado y así medir el espesor de la capa de zinc. Para llevar a cabo esta medición de espesor, generalmente se usan procedimientos por fluorescencia de rayos X que permiten llevar a cabo una medición en términos absolutos del espesor de la capa de zinc pero que tienen la desventaja de ser relativamente lentos. Debido a su lentitud, este procedimiento no permite realizar un mapeo denso de la superficie de la banda y, por lo tanto, no permite llevar a cabo un control de calidad riguroso. Por la misma razón, sólo permite detectar irregularidades en el funcionamiento del procedimiento, cuyas velocidades de variación son bajas. Como resultado, la medición del espesor de revestimiento por fluorescencia de rayos X no permite realizar un control suficientemente riguroso de la línea de revestimiento para obtener una garantía de calidad del producto que es necesaria para responder a las necesidades del mercado.

30

[0003] Para poder regular el espesor de una capa de revestimiento conductora sobre un sustrato ferroso, se ha propuesto utilizar una medición utilizando un sensor de corrientes de Foucault con una frecuencia elevada de aproximadamente 500 kHz. Pero este procedimiento no es lo suficientemente preciso y no tiene la intención de realizar un mapeo del espesor de revestimiento de una banda.

35

[0004] El documento US 2003/067298 A1 describe un sistema de medición del espesor en la superficie de una oblea, comprendiendo el sistema un sensor de corrientes de Foucault que tiene una bobina de excitación para recibir una corriente de alta frecuencia.

[0005] El documento US 5 394 085 A describe sondas rodantes en contacto directo con una banda para medir un espesor, estando la banda contenida entre un rodillo 4 y un soporte de referencia 6.

[0006] El documento US 2009/112509 A1 describe un sistema de medición de radio de curvatura, más particularmente para un sistema de medición del caudal no intrusivo en un tubo.

45

[0007] El documento AU 8700082 B2 describe un procedimiento de supervisión del espesor de un revestimiento conductor sobre un sustrato ferroso en movimiento.

[0008] El documento US 5 800 615 A describe un dispositivo y un procedimiento de depósito de un revestimiento de polvo electrostático sobre un objeto, que comprende un medio de medición de la capa de polvo.

50

[0009] El documento US 6.366.083 B1 describe un procedimiento de medición de un depósito en una barra de combustible nuclear.

[0010] El objetivo de la presente invención es superar esta inconveniente proporcionando un medio que permita medir el espesor de la capa de revestimiento sobre una banda en movimiento que sea suficientemente rápido y preciso para poder realizar un mapeo denso del espesor de las capas de revestimiento en la banda y para permitir controlar de manera ajustada la línea de revestimiento a fin de poder regular las irregularidades relativamente rápidas del funcionamiento del procedimiento.

55

[0011] Con este fin, la invención tiene por objeto un procedimiento de medición del espesor de una capa de material de revestimiento de una banda en movimiento según la reivindicación 1.

[0012] Las reivindicaciones dependientes 2 a 13 se refieren a realizaciones particulares.

[0013] La invención también se refiere a un dispositivo de medición del espesor de una capa de material de revestimiento de una banda en movimiento según la reivindicación 14 o 15.

[0014] La invención se refiere finalmente a una instalación de revestimiento según la reivindicación 16 o 17.

[0015] La invención se describirá ahora de una manera más precisa pero no limitativa con referencia a las figuras anexas en las que:

- la figura 1 representa esquemáticamente una instalación de revestimiento en caliente de una banda en movimiento continuo que consta en particular de medios de medición del espesor de la capa de revestimiento.

- la figura 2 representa una vista superior esquemática de un medio de medición del espesor de la capa de revestimiento de una banda en movimiento que comprende, por una parte, un medio de medición por fluorescencia de rayos X y, por otra parte, un medio de medición por un sensor de corrientes de Foucault.

- la figura 3 es una representación esquemática del principio de medición del espesor de la capa de revestimiento de una banda en movimiento que permite reconstruir un mapeo denso de la distribución del espesor del revestimiento.

- la figura 4 es una vista frontal de un rodillo de guía de una banda en movimiento equipada con un medio de medición del espesor de una capa de revestimiento utilizando sensores de corrientes de Foucault.

- la figura 5 es una vista de perfil del dispositivo de la figura 4.

- la figura 6 es una vista en sección de un sensor de corrientes de Foucault diferencial.

- la figura 7 es una vista esquemática de un dispositivo de medición del espesor de la capa de revestimiento por corrientes de Foucault que comprende medios de calibración.

- la figura 8 es una representación esquemática de un dispositivo de control que controla un dispositivo de medición del espesor de la capa de revestimiento sobre una banda en movimiento en una instalación de revestimiento continuo.

[0016] En la figura 1 se ha representado esquemáticamente una instalación de galvanización en caliente continua de una banda en movimiento 1 en el sentido de la flecha. Esta banda que proviene de un horno en el que se ha recocado y llevado a una temperatura adecuada a la galvanización y que no se representa, pasa a través de una campana 2 que le permite penetrar en un baño de zinc 3 o de aleación de zinc líquido. Después de haber sido desviada por al menos un rodillo 7, la banda comienza a subir nuevamente para salir del baño de galvanización, pasa entre las boquillas de escurrido 4 por soplado de gas, y luego asciende en una torre de tratamiento y enfriamiento. En esta torre, la banda, después de pasar posiblemente a través de un horno de aleación 5, pasa entre cajones de enfriamiento por soplado de gas 6, luego desciende pasando un rodillo 7' (llamado "rodillo superior") a una cuba de temple con agua 6A y vuelve a subir a un segundo circuito que comprende un dispositivo de centrado de banda 71, antes de ser evacuada a través de un laminador superficial de tipo "pasada de endurecimiento superficial" 8 y luego se enrolla. El dispositivo de centrado de banda 71 comprende un rodillo de guía lateral 7A. Esta línea de revestimiento en caliente, conocida *per se* por los expertos en la materia, está equipada con un medio generalmente identificado por un medio 9 de medición o de control del espesor de la capa de revestimiento. Este medio de control 9 del espesor de la capa de revestimiento comprende un medio de control automático 10 conectado a un dispositivo de medición del espesor por fluorescencia de rayos X 11, a un dispositivo de detección 12 de la soldadura de dos bandas sucesivas, a un dispositivo de detección 13 de un defecto de geometría en la banda, a un dispositivo de desmagnetización 14 de la banda, a un dispositivo de medición 15 de una magnitud representativa del espesor de la capa de revestimiento por medio de sensores de corrientes de Foucault. Los sensores de corrientes de Foucault del dispositivo de medición 15 están dispuestos frente al rodillo de guía lateral 7A que acciona un generador de impulsos 16 conectado por sí mismo al medio de control automático 10. Finalmente, el medio de control automático 10 está conectado a un dispositivo de detección 17 de la posición lateral de la banda. El dispositivo de control automático 10 también está conectado, por una parte, a un medio de visualización de los resultados 18, que es, por ejemplo, una pantalla y, por otra parte, a un ordenador de gestión del procedimiento de revestimiento 19.

[0017] El medio de medición del espesor de la capa de revestimiento por fluorescencia de rayos X 11 es un medio conocido *per se* que consta de un calibre de medición por fluorescencia de rayos X montado de forma móvil transversalmente con respecto a la banda y esencialmente paralelo a la superficie del mismo. Este calibre permite llevar a cabo de forma continua una medición precisa del espesor de la capa de revestimiento. Sin embargo, dado

que es bastante lenta, sólo permite medir espesores en intervalos que no aseguren una cobertura densa de la superficie de la banda.

5 **[0018]** El dispositivo de detección 12 de soldaduras de unión de bandas sucesivas es un dispositivo conocido *per se* utilizado en instalaciones de revestimiento continuo y que permite detectar el cambio de banda. De hecho, en estas instalaciones de revestimiento continuo, se lleva a cabo el revestimiento de bandas sucesivas conectadas entre sí por soldadura. Estas bandas, procedentes de bobinas diferentes, pueden ser de naturaleza diferente. La detección de la soldadura permite detectar el paso de un cambio de banda y seguir la evolución del paso de las bandas en la instalación.

10 **[0019]** El dispositivo de desmagnetización 14 es un dispositivo conocido *per se* que genera un campo magnético longitudinal alternativo de 50 Hz, por ejemplo, que, combinado con el movimiento de la banda, la desmagnetiza. Este dispositivo sólo es necesario cuando la instalación de galvanización consta de medios de estabilización de la banda por efecto magnético. De hecho, estos dispositivos de estabilización magnética de la
15 banda generan una imantación permanente de la misma que puede alterar las mediciones realizadas por procedimientos por corrientes de Foucault. Cuando la instalación de revestimiento no dispone de medios de estabilización magnética, la instalación de medición de espesor no consta de dispositivo de desmagnetización alguno.

20 **[0020]** El dispositivo 13 de detección de defecto geométrico de la banda está constituido, por ejemplo, de uno o dos láseres que emiten rayos luminosos paralelos a la superficie de la banda en un rodillo 7, tal como el que sigue a la salida de la banda de la cuba de temple con agua, el o los rayos láser para iluminar células fotoeléctricas. Cuando la banda que circula en la instalación es plana, pasa por debajo de los haces láser que normalmente iluminan las células fotoeléctricas. Cuando la banda presenta un defecto geométrico demasiado grande, acaba de
25 interceptar un rayo luminoso resultante de un láser. Cuando el rayo es interceptado, ya no ilumina la célula fotoeléctrica, lo que permite generar una señal de detección de un defecto de geometría de la banda. Tal señal se puede utilizar para activar la seguridad de ciertos equipos.

[0021] El dispositivo de medición 15 que utiliza sensores de corrientes de Foucault, que se describirá con
30 más detalle más adelante está constituido de al menos una viga sobre la cual se dispone una pluralidad de sensores de corrientes de Foucault alineados según al menos una línea paralela a la superficie de la banda y que se extiende lateralmente con respecto a la banda. En uso, estos sensores están dispuestos frente a al menos un generador de un rodillo de guía lateral de la banda 7A que acciona un generador de impulsos 16. Este generador de impulsos 16 accionado por el rodillo de guía 7A permite seguir el progreso de la banda de una manera conocida *per se* por el
35 experto en la materia.

[0022] En la figura 2 se representa en vista superior y esquemáticamente los medios de medición del espesor constituidos por el calibre de rayos X y por el dispositivo de medición por corrientes de Foucault.

40 **[0023]** El calibre por fluorescencia de rayos X 11 consta de un cabezal de medición 11A accionado transversalmente con respecto al sentido de movimiento de la banda 1 por un mecanismo conocido *per se* por los expertos en la materia y constituido por una estructura y medios de accionamiento. Este cabezal de medición está conectado a un medio de control 10A del calibre por fluorescencia de rayos X que recibe información relacionada con la posición del cabezal de medición 11A y con el resultado de las mediciones llevadas a cabo. Este medio de
45 control del calibre por fluorescencia de rayos X 10A está conectado al ordenador de control 10C del dispositivo de medición del espesor del revestimiento sobre la banda.

[0024] El dispositivo de medición que utiliza sensores de corrientes de Foucault 15 está constituido en este caso por una viga en la que se disponen en una línea transversal con respecto al sentido de movimiento de la banda
50 una pluralidad de sensores de corrientes de Foucault 15A de pequeña dimensión. Estos sensores están conectados a un medio de control 10B de los sensores de corrientes de Foucault que también reciben información procedente del medio de detección de soldadura 12 y del generador de impulsos 16 que permite seguir el progreso de la banda y que puede enviar información de los resultados de medición al ordenador de control 10C del dispositivo de medición del espesor de la capa de revestimiento. Este ordenador de control 10C del medio de medición del espesor
55 de la capa de revestimiento está conectado a medios de detección 17 de la posición lateral de la banda con relación al dispositivo de medición. El ordenador 10C está conectado al ordenador de control 19 del procedimiento de instalación de revestimiento. El conjunto de medios 10A, 10B y 10C constituye el medio de control automático 10.

[0025] El número de sensores de corrientes de Foucault se adapta en función de su diámetro y anchura de la

línea de revestimiento para poder medir el espesor de la capa de revestimiento sobre la totalidad de la anchura de las bandas revestidas. A modo de ejemplo, para una línea de 1,50 m de ancho, el número de sensores puede ser 16, lo que permite realizar mediciones cada 100 mm.

5 **[0026]** El dispositivo de medición 15 del espesor utilizando sondas de corrientes de Foucault, se representa con mayor detalle en las figuras 4 y 5. Este dispositivo que está dispuesto frente a un generador de un rodillo 7A de un dispositivo de guía lateral 71, está constituido de una viga 150 sobre la cual están dispuestos los sensores de corrientes de Foucault 15A. Esta viga es accionada en rotación por un motor 151 que es, por ejemplo, un motor hidráulico o neumático. La rotación de la viga permite desplazar los sensores de corrientes de Foucault entre una
10 posición de servicio 160 y una posición retraída 161.

[0027] En la posición de servicio, los sensores están cerca de la superficie de la banda 1 en curso de movimiento, esta distancia es del orden de una decena de milímetros, pero puede comprenderse entre, por ejemplo, 1 y 20 milímetros. En la posición retraída, los sensores están elevados y bien espaciados de la banda, lo que
15 permite o bien manipular la banda sin dificultad o bien dejar pasar los defectos de geometría de la banda.

[0028] El dispositivo de medición por sensores de corrientes de Foucault 15 también consta de una segunda viga 152 también accionada en rotación por un motor hidráulico o neumático 153, por ejemplo. Esta viga 152 lleva una pluralidad de arandelas "patrones" 154, tan numerosas como las sondas de corrientes de Foucault llevadas por
20 la viga 150 y dispuestas de manera que se pongan frente a los sensores de corrientes de Foucault cuando están en la posición retraída. Las vigas 150 y 152 así como sus motores de accionamiento están montadas a través del bastidor 149 en la cuna 72 que soporta el rodillo 7A del dispositivo de guía lateral de la banda 71. Esta cuna 72 descansa a través de deslizadores 75 sobre un chasis 74 que descansa en el suelo. La cuna 72 es accionada lateralmente por cilindros 73 guiados por un medio conocido *per se* de control del centrado de la banda. De hecho, el
25 centrado lateral de la banda sobre la línea se realiza desplazando lateralmente el rodillo 7A llevado por la cuna 72. La posición de los cilindros 73 es registrada por medios de medida conocidos *per se*, tales como por ejemplo sensores de hilo, inductivos u otros sensores que están conectados a un medio de control y de medición 172. Los detectores 170 de la posición de la banda con respecto al suelo que son, por ejemplo, medios del tipo de corrientes de Foucault que permiten detectar el centrado apropiado o el descentramiento de la banda, también están
30 conectados a medios de control y de medición 172. La viga 150 que lleva los sensores de corrientes de Foucault 15A está conectada mecánicamente a la cuna 72 que soporta el rodillo 7A, la posición de la cuna con respecto al suelo se mide por medio del dispositivo de medición asociado con el cilindro 73, el centrado de la banda se mide utilizando el dispositivo 170 y se conoce la anchura de la banda, se puede determinar la posición de la banda con respecto a los sensores de corrientes de Foucault 15A. Por lo tanto, como es conocido, la posición de cada sensor
35 de corrientes de Foucault con el que se llevan a cabo las mediciones, se conoce la posición exacta de cada medición con respecto a la anchura de la banda.

[0029] Los sensores de corrientes de Foucault son sensores diferenciales de doble frecuencia que se han representado de forma ampliada en sección en la figura 6.
40

[0030] Constan de un cabezal de medición 50 que consta de una primera bobina 51 destinada a ser colocada frente a la banda de medir, una segunda bobina 52 idéntica a la primera y dispuesta enfrente de la primera bobina, contenidas las dos en un bloque 54 constituido de una resina conductora de calor que también contiene una sonda de temperatura 53. La segunda bobina 52 está frente a una muestra de referencia 55 constituida de una pastilla de
45 acero que consta de una capa revestida de zinc. Este conjunto se mantiene por una culata 56 en la que se atornilla el cabezal de medición.

[0031] Este sensor diferencial tiene la ventaja de ser muy poco sensible a las variaciones de temperatura debido a la resina conductora de calor que permite igualar las temperaturas de las dos bobinas. Esta sonda es
50 insensible a la temperatura, no es necesario proporcionar medios de compensación tales como termistores ni realizar los devanados en aleaciones especiales pocos sensibles al calor, pero que tienen el inconveniente de tener propiedades eléctricas no siempre satisfactorias.

[0032] En la figura 7, se representa de frente una porción de viga 150 que lleva sensores de corrientes de Foucault 15A puestos en contacto con medios de calibración 154 llevados por la viga 152. Cada sensor de corrientes de Foucault 15A consta, como se ha indicado previamente, de un cabezal de medición 50 llevado por una culata 56 mantenida en la viga 150 por medios de mantenimiento 57 que la persona experta puede diseñar sin dificultad. Estos sensores 50 están conectados por cables 58 al sistema de control y medición de los sensores. El medio de calibración 154 llevado por la viga 152 comprende una arandela 154A cortada en una chapa revestida del

tipo que se va a medir. Esta arandela 154A es idéntica a la muestra de referencia 55 dispuesta en el interior de los sensores de corrientes de Foucault. La arandela 154A está pegada a un calzo de plástico cuyo espesor es igual a la distancia entre la superficie de la banda y un sensor en posición de medición. La arandela pegada al calzo constituye una muestra de calibración que es llevada por un cilindro neumático 154B que permite que sea empujada 5 contra la superficie de los sensores de corrientes de Foucault. Las arandelas de calibración 154A permiten realizar un ajuste de los sensores. De hecho, cuando una arandela de calibración está contra el sensor, las arandelas vistas por las dos bobinas 51 y 52 del sensor son idénticas, es posible ajustar la configuración del dispositivo para la señal suministrada por el sensor corresponda a la identidad de las dos arandelas.

10 **[0033]** En la realización representada, el dispositivo de medición sólo consta de una línea de sensores de corrientes de Foucault. Pero, con el fin de aumentar la densidad de las mediciones, en el sentido transversal, el dispositivo puede comprender varias líneas de sensores paralelas entre sí, los sensores de una línea son desplazados lateralmente respecto a los sensores de otra línea para que los sensores de una línea estén dispuestos frente al intervalo entre dos sensores de la otra línea.

15

[0034] En la realización descrita, el dispositivo de medición está dispuesto después de la cuba de temple. Pero otras disposiciones son posibles. En particular, el dispositivo se puede colocar en la parte superior de la torre de tratamiento y enfriamiento, frente al rodillo denominado "rodillo superior", por ejemplo. Esta disposición tiene la ventaja de conducir a una detección de posibles derivas del procedimiento más rápidas que en la disposición representada. Pero presenta la desventaja de que la temperatura de la banda sigue siendo bastante elevada (150 a 200 °C), lo que requiere una mayor compensación de temperatura.

[0035] En la figura 8, se ha representado esquemáticamente la arquitectura del sistema de control automático de la instalación de medición del espesor que utiliza sensores de corrientes de Foucault destinada a implantarse en una línea de revestimiento continuo. En este esquema, los sensores de corrientes de Foucault se identifican como 25 15A y pueden enviar una señal de medición de temperatura a un registrador de temperatura 200. Los sensores de corrientes de Foucault 15A están conectados a un sistema de control y medición de corrientes de Foucault 10B que consta de cualquier componente electrónico necesario para la ejecución de las mediciones por corrientes de Foucault que es conocida *per se*. El sistema también está conectado al generador de impulsos 16 accionado por el rodillo de guía lateral de la banda. Los impulsos del generador de impulsos 16 están conformados por un medio de conformación electrónica 16A conocido *per se* por los expertos en la materia. El sistema de control electrónico de los sensores de corrientes de Foucault 10B también está conectado al detector de soldadura 12 de la banda que permite detectar el inicio de una banda y así definir las posiciones de las mediciones llevadas a cabo en la banda. Los medios de control electrónico 10B de los sensores de corrientes de Foucault están conectados a un ordenador 35 100 que está conectado por una parte al ordenador de control 19 del procedimiento de la instalación de revestimiento con el fin, por una parte, de poder recibir información sobre la anchura, longitud y espesor de la banda, el espesor del revestimiento previsto y la naturaleza del acero de la que se constituye la banda, y por otra parte, para poder enviar a este ordenador los resultados de las mediciones de espesor para almacenarlo como un mapeo del espesor del revestimiento. El ordenador de control 100 del procedimiento de medición del espesor también está 40 conectado a un autómatas 101 conectado por sí mismo al dispositivo mecánico de medición mediante sensores de corrientes de Foucault 15 para poder guiar esta instalación, es decir controlar el posicionamiento de los sensores para poder realizar mediciones, desactivar el ajuste rápido de la posición retraída de los sensores cuando un defecto del espesor geométrico de la banda es detectado por el medio de detección 13 conectado al autómatas 101, controlar el ajuste de la posición de las muestras de equilibrado y, en particular, del inflado de los cilindros hidráulicos para poder llevar a cabo el equilibrado de los sensores. El autómatas 101 también está conectado al medio de 45 desmagnetización 14 a través de un sistema electrónico de puesta a punto 14A.

[0036] Además, el ordenador 100 está conectado a una pluralidad de terminales 100A, 100B y 100C que permiten controlarlo o transmitir información específica para el funcionamiento del ordenador o para mostrar los 50 resultados de la medición. En particular, el medio de visualización 18 que forma parte del terminal 100B, permite visualizar el mapeo del espesor medido en la banda. Este terminal 100B está instalado, por ejemplo, en la cabina de control de la instalación de revestimiento.

[0037] De manera general, el experto en la materia sabe cómo diseñar y establecer arquitecturas de 55 dispositivos de control automático para instalaciones de este tipo.

[0038] Se describirá acto seguido los principios de medición del espesor de la capa de revestimiento de una banda revestida utilizando el dispositivo que se acaba de describir, y su uso se describirá en una instalación de revestimiento en caliente.

[0039] Como se ha indicado previamente, las mediciones por fluorescencia de rayos X tienen la ventaja de ser mediciones precisas del espesor de la capa de revestimiento, pero tienen la desventaja de ser relativamente lentas. De hecho, la medición se realiza por medio de un cabezal de medición que se desplaza lateralmente con respecto al sentido de movimiento de la banda para cubrir la totalidad de la anchura de la banda. En consecuencia, para obtener un perfil completo de espesor de revestimiento en la anchura de la banda, es necesario que el cabezal de medición haya recorrido toda la anchura de la banda. Teniendo en cuenta las velocidades de movimiento de las bandas en las instalaciones de revestimiento de este tipo que van desde 30 metros/minuto hasta 150 metros/minuto y teniendo en cuenta la velocidad a la que se puede desplazar el cabezal de medición por fluorescencia de rayos X, se obtiene en general un perfil completo de anchura de banda aproximadamente cada 50 metros de banda solamente. Por supuesto, estos perfiles se miden a lo largo de líneas que son oblicuas con respecto al eje de la banda y forman un pequeño ángulo con este eje.

[0040] El medio de medición que utiliza sensores de corrientes de Foucault permite obtener magnitudes representativas del espesor de la capa de revestimiento que son sólo mediciones relativas, es decir, que deben calibrarse. En cambio, el dispositivo tiene la ventaja de permitir llevar a cabo mediciones en tiempos muy cortos.

[0041] Para llevar a cabo una medición de espesor de una capa de revestimiento utilizando un sensor de corrientes de Foucault, se conoce cómo realizar una medición de impedancia compleja para una frecuencia de excitación de aproximadamente 500 kHz seleccionada para que el espesor de piel sea ligeramente superior al espesor de la capa de revestimiento. Pero con dicho procedimiento, la medición es muy sensible al espesor de la capa que se va a medir y a las variaciones de distancia entre el sensor y la capa que se va a medir, cuando esta distancia es pequeña. Es menos sensible al espesor de la capa que se va a medir y a las variaciones de distancia entre el sensor y la capa que se va a medir, cuando esta distancia es más significativa. Como resultado, la medición siempre es insuficientemente precisa ya sea porque es demasiado sensible a las variaciones en la distancia entre el sensor y la capa a medir o porque no es lo suficientemente sensible a las variaciones de espesor de la capa a medir.

[0042] Para superar este inconveniente, los inventores han observado una nueva manera que podría liberar las variaciones de distancia entre el sensor y la capa a medir utilizando dos mediciones, una efectuada a una frecuencia elevada tal como el espesor del efecto de piel sea ligeramente superior al espesor de la capa de revestimiento a medir y esencialmente inferior al espesor de la banda de acero revestida, y la otra, efectuada a baja frecuencia elegida de modo que el espesor del efecto de la piel sea cercano al espesor de la banda de acero revestida. Es preferible que este espesor del efecto de piel permanezca inferior al espesor de la banda, de manera que no interfiera demasiado con los rodillos de soporte de la banda cuando los sensores se colocan a la derecha de uno de estos rodillos. Para bandas de acero delgadas de espesor comprendido entre 0,4 mm y 1,5 mm, recubiertas con capas de zinc de espesor comprendido entre 5 µm y 70 µm, corresponde a los pesos de zinc por m² también denominado "carga" de la capa de zinc comprendido entre 35 g/m² y 500 g/m², la frecuencia elevada se comprende entre 400 kHz y 1.000 kHz y preferentemente entre 500 kHz y 900 kHz y, por ejemplo, igual a aproximadamente 750 kHz; la baja frecuencia se comprende entre 40 kHz y 150 kHz, preferentemente entre 50 kHz y 100 kHz y, por ejemplo, igual a aproximadamente 60 kHz.

[0043] Para cada una de las frecuencias elevada y baja, se mide de manera conocida las partes imaginarias I_e y I_b respectivamente y las partes reales R_e y R_b respectivamente de las impedancias complejas del sensor en presencia de la banda a medir.

[0044] Según la invención, se calcula a continuación el módulo M con una impedancia compleja compensada a partir de las impedancias con frecuencias elevada y baja:

$$M = \left[(R_b - aR_e + bI_e)^2 + (I_b - aI_e - bR_e)^2 \right]^{1/2}$$

[0045] Luego, se calcula el espesor de zinc medido:

$$E_{p_{zinc}} = m_2 \times M^2 + m_1 \times M + m_0$$

[0046] Los coeficientes m_2 , m_1 y m_0 son coeficientes de calibración que dependen de la naturaleza del revestimiento y del sustrato (acero del que está constituido la banda). Se determinan por ensayos previos que el experto en la materia sabe cómo llevar a cabo.

[0047] Los coeficientes a y b dependen del espesor de la capa de revestimiento $E_{p_{zinc}}$, según las siguientes

fórmulas:

$$a = a_1 \times Epz + a_0$$

5

$$b = b_2 \times Epz^2 + b_1 \times Epz + b_0$$

[0048] Los coeficientes a_0 , a_1 , b_0 , b_1 , b_2 son coeficientes de calibración determinados utilizando ensayos previos que son conocidos por los expertos en la materia.

10 **[0049]** Los coeficientes a y b dependiendo del espesor del zinc, para calcular el espesor exacto de zinc, se llevan a cabo por iteración. Para ello, se fija un espesor de zinc teórico Epz_{th} correspondiente, por ejemplo, al espesor esperado, y se calculan los coeficientes a y b correspondientes, luego un primer espesor de zinc estimado Epz_e . Utilizando esta estimación, se vuelve a calcular los coeficientes a y b y una mejor estimación del espesor de zinc.

15

[0050] Si bien es posible realizar iteraciones adicionales, los inventores han descubierto que una única iteración es suficiente para obtener una precisión suficiente.

20 **[0051]** El procedimiento se acaba de describir para el caso de una medición llevada a cabo con un sensor de corrientes de Foucault simple.

[0052] Cuando se utiliza un sensor diferencial, para cada una de las frecuencias de excitación, se mide la impedancia compleja de la bobina que está frente a la banda y la bobina que está frente al patrón. Acto seguido, se realiza la diferencia de los componentes de estas dos impedancias complejas que dan dos magnitudes, una
25 corresponde al componente real y la otra al componente imaginario. A partir de estas dos magnitudes, es posible calcular de una manera conocida *per se*, una magnitud representativa del espesor de la capa de revestimiento sobre la banda para la cual se desea medir el espesor de la capa de revestimiento. Para determinar el espesor exacto de la capa de revestimiento, es necesario utilizar valores de calibración que pueden ser, por una parte, cero E_0 y, por otra parte, una ganancia G . En este caso, si M es la magnitud determinada a partir de la medición proporcionada por
30 los sensores, se escribirá el verdadero espesor de la capa de revestimiento: $E = E_0 + G \times M$. También es posible, y preferentemente, adaptar el procedimiento descrito anteriormente para la explotación de una medición llevada a cabo con un sensor de corrientes de Foucault simple. El experto en la materia sabrá realizar esta adaptación.

[0053] En cualquier caso, los valores de calibración pueden determinarse utilizando mediciones llevadas a
35 cabo utilizando sensores de corrientes de Foucault y mediciones realizadas en el mismo lugar utilizando medios de medición por fluorescencia de rayos X o por cualquier otro medio que permite llevar a cabo una medición absoluta del espesor de la capa de revestimiento. Estos valores de calibración que dependen de diferentes parámetros y en particular de la naturaleza del acero del que está constituida la banda, se pueden registrar en una tabla de correspondencia entre las características de la banda revestida y los valores de calibración. Por lo tanto, cuando se
40 conocen las características de la banda, es posible buscar el valor o los valores de calibración apropiados y, por lo tanto, el espesor real de la capa de revestimiento puede determinarse a partir de la medición llevada a cabo con la ayuda de los sensores de corrientes de Foucault.

[0054] Las mediciones de impedancias complejas tienen la ventaja de permitir generar una señal útil que
45 permanece insensible a las variaciones en la distancia entre el sensor y la banda, pero que permanece sensible al espesor de zinc. Por lo tanto, con el procedimiento según la invención, es posible estimar el espesor de la capa de zinc a aproximadamente $\pm 2 \text{ g/m}^2$ e incluso a aproximadamente $\pm 1,8 \text{ g/m}^2$, utilizando sensores dispuestos a una distancia de la banda inferior a 15 mm o incluso a 10 mm y, por ejemplo, del orden de 8 mm. Estas mediciones pueden realizarse para capas de revestimiento que oscilan al menos hasta 400 g/m^2 en ambos lados. Se puede
50 realizar en capas de espesor esencialmente superior.

[0055] Los sensores de corrientes de Foucault tienen la ventaja de permitir llevar a cabo mediciones muy rápidas ya que la medición de la impedancia se realiza mediante el envío de impulsos muy cortos para que, para un
55 único sensor, el tiempo necesario para llevar a cabo la medición, la frecuencia de excitación baja y la frecuencia de excitación elevada sea inferior a una fracción de milisegundos.

[0056] Para obtener mediciones en la totalidad de la anchura de la banda, es posible proceder enviando secuencialmente comandos de medición a cada uno de los sensores para tomar medidas en todos los sensores que

se extienden sobre la anchura de la banda. Teniendo en cuenta los tiempos de medición por sensor, al hacerlo es posible explorar toda la anchura de la banda en aproximadamente 2,5 milisegundos. Por lo tanto, es posible realizar barridos de la banda cada 5 milisegundos, por ejemplo, lo que permite que una banda que se desplaza a una velocidad de 150 metros/minuto realice mediciones en la anchura cada 12,5 milímetros de banda.

5

[0057] Este control secuencial de los sensores de corrientes de Foucault tiene la ventaja de evitar las interferencias entre dos sensores adyacentes.

[0058] Para realizar las mediciones en las bandas, es posible realizar un barrido completo de la serie de sensores en un tiempo tal que la frecuencia de recurrencia para los 16 sensores sea de 250 Hz, por ejemplo. Para obtener la serie de mediciones en la banda distribuidas a una distancia constante a lo largo de la longitud, se toman mediciones a una frecuencia que es una función de la velocidad de la banda. Por ejemplo, cuando la banda se desplaza a 150 m/min, la frecuencia de muestreo es de 200 Hz, pero sólo de 20 Hz cuando la banda se desplaza a 15 m/min. En ambos casos, la distancia entre dos líneas de medición es de 12,5 mm.

15

[0059] Teniendo en cuenta estas diferencias de rapidez de las mediciones hechas por las corrientes de Foucault y las mediciones por fluorescencia de rayos X para medir el espesor de la capa de revestimiento en una banda, se procede como se indica en la figura 3 esquemáticamente. Para hacer esto utilizando la sonda de fluorescencia de rayos X y para una pluralidad de puntos indicados P1, P2, P3, P4, distribuidos sobre la anchura y la longitud de la banda, se llevan a cabo mediciones de espesor X1, X2, X3 y X4 cuyas posiciones se registran según la longitud de la banda con relación a la soldadura 1A, y las posiciones laterales con respecto a la anchura de la banda. Para determinar estas posiciones, se utilizan el detector de soldadura 12 y el generador de impulsos 16 accionado por el rodillo de guiado de banda y los detectores de posición de la banda y del cabezal de medición con respecto al suelo.

20

[0060] El experto en la materia sabe cómo utilizar estas señales diferentes de cada uno de los puntos de medición.

[0061] Simultáneamente, utilizando el dispositivo con sensores de corrientes de Foucault, las mediciones se realizan en una pluralidad de puntos F_{iL} dispuestos sobre toda la superficie de la banda y cuyas coordenadas L se graban con respecto a la soldadura 1A y I con relación al borde de la banda, lo que permite obtener un mapeo de una magnitud representativa del espesor de la capa de revestimiento de zinc.

25

[0062] Se compara así pues los espesores X1, X2, X3, X4 medidos con la ayuda de la sonda de fluorescencia de rayos X y las magnitudes F1, F2, F3, F4 medidas utilizando sensores de corrientes de Foucault para los puntos correspondientes P1, P2, P3, P4, como se indica en la figura 3. En esta figura, se representan cuatro puntos de medición distribuidos en la anchura. Sólo se trata de una representación esquemática y el experto en la materia comprenderá que puede haber más o menos, en función de las necesidades. A partir de estas mediciones, se determinan los valores de calibración que luego se utilizan para poder transformar las mediciones de magnitudes representativas del espesor realizadas por las sondas de corrientes de Foucault en valores de espesor real de la capa de revestimiento. Se obtiene de este modo un mapeo denso de las medidas de espesor de la capa de revestimiento. Los procedimientos de determinación de los valores de calibración a partir de mediciones son conocidos por los expertos en la materia. Tenga en cuenta que, en algunos casos, un único valor de calibración, cero E_0 , puede ser suficiente.

35

[0063] Este mapeo denso de los espesores de la capa de revestimiento se puede almacenar y utilizar para efectuar un control de calidad fino, pero también se puede utilizar para detectar anomalías en el procedimiento de revestimiento. Debido a la densidad de las mediciones realizadas con corrientes de Foucault, es posible detectar anomalías que evolucionan rápidamente ya que, cuando estas medidas de corrientes de Foucault se realizan cada cinco milésimas de segundo, esto corresponde a una frecuencia de muestreo de 200 Hz, lo que permite detectar fenómenos rápidos para una línea de revestimiento continuo. Esta información puede mostrarse o bien en la cabina de control de la instalación de revestimiento o bien devolverse a un ordenador de control del procedimiento que la explota para controlar la instalación de revestimiento. Cabe señalar que el uso de estas mediciones para detectar anomalías en tiempo real del procedimiento de revestimiento, lo que permite remediarlas, es aún más eficaz cuando la medición se realiza lo más cerca posible del recipiente de revestimiento.

40

[0064] Como se ha indicado anteriormente, los valores de calibración también se pueden buscar en una tabla de correspondencia. Esta manera de proceder tiene la ventaja de permitir, mediante la comparación de las mediciones que se realizan por sondas de fluorescencia de rayos X y las mediciones que se realizan mediante

45

sensores de corrientes de Foucault para las que se conocen los valores de calibración, comprobar el buen funcionamiento de sondas de fluorescencia X. De hecho, es frecuente que tales sondas tengan problemas de funcionamiento y ocupen de nuevo las mediciones realizadas por las sondas de fluorescencia X y las mediciones realizadas con sensores de corrientes de Foucault, es posible detectar más rápidamente tales anomalías.

- 5
- [0065]** La tabla de correspondencia puede estar constituida o enriquecida utilizando mediciones realizadas en bobinas de bandas de diferentes características, en particular, grado de acero, espesor de la banda, carga del revestimiento.
- 10 **[0066]** Para cada una de estas bandas, se ha registrado el mapeo por corrientes de Foucault completo, así como una pluralidad de mediciones por fluorescencia de rayos X que permite establecer una pluralidad de perfiles transversales sucesivos, en el que se determina la posición según la longitud de la banda. A modo de ejemplo, es posible registrar entre 10 y 30 perfiles transversales.
- 15 **[0067]** Entre estos perfiles, se elige una zona denominada estable de varios perfiles sucesivos, en la que la suma de las desviaciones entre los puntos correspondientes de dos perfiles sucesivos es inferior a un umbral establecido de antemano. Esta zona contiene, por ejemplo, 6 u 8 perfiles sucesivos. Por supuesto, un experto en la materia puede ajustar el número de perfiles transversales registrados y el número de perfiles transversales de la zona "estable" en función de las circunstancias particulares.
- 20 **[0068]** A partir de perfiles transversales medidos por fluorescencia de rayos X en la zona "estable", se determina el perfil transversal de "fluorescencia de rayos X" promedio en esta zona.
- [0069]** A partir de las mediciones por corrientes de Foucault, se determina un perfil promedio de "corrientes de Foucault" en la zona "estable" definida para el perfil de "fluorescencia de rayos X" promedio.
- 25 **[0070]** Luego, utilizando por ejemplo un procedimiento de mínimos cuadrados, se determina los coeficientes E y G de la curva de calibración y se registran en la tabla de correspondencia asociándolos con un parámetro de identificación del tipo de banda a la que se aplica (en particular grado de acero, posiblemente, espesor de la banda).
- 30 **[0071]** Esta determinación de los coeficientes de calibración se realiza fuera de línea. Además, se puede realizar utilizando mediciones llevadas a cabo en varias bandas constituidas del mismo acero, pero con diferentes revestimientos de carga (o espesor).
- 35 **[0072]** Durante la realización del mapeo de una banda particular, también es posible realizar una calibración denominada en "tiempo real". Para esto, a medida que se registran las mediciones por corrientes de Foucault, se calculan los espesores (o carga) del revestimiento utilizando los coeficientes de calibración apropiados registrados en la tabla de correspondencia.
- 40 **[0073]** Los perfiles de "fluorescencia X" también se registran como anteriormente. Se busca perfiles válidos sucesivos, es decir, que corresponden a sumas de desviaciones entre dos perfiles sucesivos inferiores a un umbral. Tan pronto como se detecten dichos perfiles, se calcula la carga promedio de "fluorescencia de rayos X" y se compara con la correspondiente carga promedio de "corriente de Foucault" calculada a partir de los valores obtenidos como se ha indicado anteriormente.
- 45 **[0074]** Luego, se compara las dos cargas promedias y se ajusta el coeficiente E_0 ("cero") para que la carga promedia de "corrientes de Foucault" sea igual a la carga promedio de "fluorescencia de rayos X".
- [0075]** Esta calibración en "tiempo real" se puede realizar en todas las bandas controladas.
- 50 **[0076]** El procedimiento de medición del espesor de una capa de revestimiento sobre una banda en movimiento se ha descrito para medir el espesor de una capa de revestimiento mediante zinc o por una aleación de zinc en una chapa de acero. Es particularmente adecuado para la medición de capas de revestimiento en bandas móviles en instalaciones de revestimiento a velocidades comprendidas preferentemente entre 5 m/min y 200 m/min.
- 55 Sin embargo, este procedimiento y el dispositivo para su implementación se pueden utilizar para otros tipos de revestimiento y, por ejemplo, para revestimientos de aleación de aluminio sobre chapas de acero, revestimientos de estaño sobre chapas de acero o más generalmente en bandas revestidas cuya capa de revestimiento y sustrato es probable que reaccionen con sensores de corrientes de Foucault. El experto en la materia sabrá determinar cuáles son los posibles campos de aplicación para tales tipos de instalaciones.

[0077] Finalmente, en la descripción que se acaba de dar, la línea de revestimiento comprende solo un dispositivo de medición que permite medir el espesor de la capa de revestimiento en una única cara de la banda. Pero, se puede, sin dificultad, instalar dos dispositivos de medición: uno para cada lado de la banda.

5 **[0078]** Finalmente, la implantación del dispositivo se ha descrito en una línea de revestimiento, pero se puede prever cualquier otra implantación, sin apartarse del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de medición continua del espesor de una capa de material de revestimiento sobre una banda en movimiento (1) según la cual se mide, utilizando un sensor de corrientes de Foucault (15A), para al menos una zona de la banda (1), una magnitud representativa del espesor de la capa de revestimiento y se determina el espesor de la capa de revestimiento para esta zona a partir de la magnitud medida y al menos un valor de calibración, de modo que la medición llevada a cabo por el sensor de corrientes de Foucault (15A) comprende la medición de la impedancia compleja de una bobina (51) frente a la banda en movimiento (1) para una frecuencia de excitación baja y una frecuencia de excitación elevada y la elaboración de una magnitud representativa del espesor de la capa de revestimiento a partir de dichas mediciones de impedancia compleja, en el que la frecuencia de excitación baja está comprendida entre 40 kHz y 150 kHz y en el que la frecuencia de excitación elevada está comprendida entre 400 kHz y 1.000 kHz.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que al menos un valor de calibración se determina llevando a cabo una medición del espesor de dicha capa en al menos un punto de la zona en la que se ha llevado a cabo una medición utilizando el sensor de corrientes de Foucault (15A).
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que dicha medición de espesor se lleva a cabo utilizando un calibre de espesor (11) por fluorescencia de rayos X.
4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la medición hecha utilizando el sensor de corrientes de Foucault (15A) comprende además la medición de la impedancia compleja, para una frecuencia de excitación baja y una frecuencia de excitación elevada, de una bobina (52) frente a una muestra de referencia (55) y en el que se determina la magnitud representativa del espesor de la capa de revestimiento a partir de las diferencias entre las impedancias complejas de la bobina (51) frente a la banda (1) y de la bobina (52) frente a la muestra de referencia (55).
5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la banda (1) es metálica.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, en el que la banda (1) metálica está fabricada de acero y el revestimiento es un revestimiento metálico constituido, por ejemplo, de zinc o una aleación de zinc.
7. Procedimiento según la reivindicación 5 o 6, en el que, antes de efectuar las mediciones utilizando sensores de corrientes de Foucault (15A), se desmagnetiza la banda (1).
8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que, para llevar a cabo las mediciones mediante sensores de corrientes de Foucault (15A), se utiliza una pluralidad de sensores de corrientes de Foucault (15A) dispuestos según al menos una línea esencialmente paralela a la superficie de la banda (1) que se extiende transversalmente con respecto a la dirección de desplazamiento de la banda (1) y se excitan secuencialmente los sensores (15A) para obtener una serie de mediciones distribuidas sobre la anchura de la banda (1).
9. Procedimiento según la reivindicación 8, en el que se efectúa una pluralidad de dichas series de mediciones distribuidas sobre la anchura de la banda (1) cronometrando la activación de cada una de dichas series de mediciones a partir de una señal de desplazamiento longitudinal de la banda (1) tal como, por ejemplo, una señal generada por un generador de impulsos accionado por un rodillo en contacto con la banda (1).
10. Procedimiento según la reivindicación 8 o 9, en el que se detecta la posición lateral de la banda (1) con relación a al menos una línea de sensores de corrientes de Foucault (15A) y en el que se determina la posición de cada zona de medición con respecto a la anchura de la banda (1) utilizando la posición lateral de la banda (1) con respecto a al menos una línea de sensores de corrientes de Foucault (15A) y de la posición de cada sensor (15A) en la línea de sondas.
11. Procedimiento según la reivindicación 10, en el que se detecta un inicio de banda (1) tal como la soldadura entre dos bandas sucesivas, después se detecta de forma continua el desplazamiento de la banda (1) y se determina, para cada medición, la longitud de la banda (1) que separa el punto de medición y el inicio de la banda (1), con el fin de determinar las posiciones de las zonas de medición con respecto a la longitud de la banda (1).
12. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que se registran las posiciones de las zonas de

medición con respecto a la longitud y a la anchura de la banda (1) para elaborar un mapeo del espesor de revestimiento sobre la banda (1).

13. Procedimiento según la reivindicación 12, en el que la banda (1) está en movimiento en una
5 instalación de revestimiento continuo tal como una instalación de galvanización en caliente y en el que se muestra en tiempo real al menos una parte del mapeo en una cabina de control de la instalación de revestimiento con un medio de visualización y/o al menos una parte del mapeo se transmite en tiempo real a un dispositivo de control automático de la instalación de revestimiento de modo que el dispositivo de control elabore una instrucción de regulación para la instalación de revestimiento y/o el mapeo se registra en un medio informático para fines de control
10 de calidad.

14. Dispositivo (9) de medición continua del espesor de una capa de material de revestimiento sobre una banda en movimiento (1), que comprende:

15 - una pluralidad de sensores (15A) de corrientes de Foucault (15A) de tipo diferencial y bifrecuencial dispuestos en al menos una línea sobre una viga de soporte (150), comprendiendo cada sensor (15A) una bobina (51) configurada para estar frente a la banda en movimiento (1),
- un calibre de espesor (11) por fluorescencia de rayos X,
- un dispositivo de control de sensores (15A) de corrientes de Foucault (10B) conectado a al menos un medio de
20 seguimiento del progreso de la banda (12, 16),
- un medio de control automático (101) conectado en particular a un medio de detección (17) de la posición lateral de la banda (1) con respecto a la pluralidad de sensores de corrientes de Foucault (15A) y al calibre de espesor (11) por fluorescencia de rayos X, y
- un medio informático (100) de control y gestión de las mediciones conectado al dispositivo de control de los
25 sensores (15A) y al medio de control automático (101) a fin de implementar un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

el dispositivo (9) está configurado para medir la impedancia compleja de la bobina (51) para una frecuencia de excitación baja y una frecuencia de excitación elevada y para elaborar una magnitud representativa del espesor de
30 la capa de revestimiento a partir de dichas mediciones de impedancia compleja, la frecuencia de excitación baja está comprendida entre 40 kHz y 150 kHz, y la frecuencia de excitación elevada está comprendida entre 400 kHz y 1.000 kHz.

15. Dispositivo (9) según la reivindicación 14, en el que la viga de soporte (150) de los sensores de
35 corrientes de Foucault está montada de forma móvil entre una posición de servicio (160) y una posición retraída (161), y en el que el dispositivo comprende un medio de desplazamiento de la viga entre la posición de servicio y la posición retraída controlada por dicho medio de control automático (101) que también está conectado a un medio de detección (13) de defecto geométrico de la banda (1), y en el que el medio de control automático (101) y el medio de desplazamiento de la viga están adaptados para desplazar rápidamente los sensores (15A) de corrientes de
40 Foucault (15A) hacia la posición retraída (161) en caso de detección de un defecto geométrico de la banda (1).

16. Instalación de revestimiento continuo de una banda en movimiento (1), que comprende un dispositivo de revestimiento y una línea de evacuación y tratamiento de la banda (1) después del revestimiento, **caracterizada porque** comprende un dispositivo (9) según la reivindicación 14 o 15 dispuesto en la línea de evacuación y
45 tratamiento de la banda (1).

17. Instalación de revestimiento continuo de una banda (1) según la reivindicación 16, siendo la instalación una instalación de revestimiento en caliente de una banda (1) metálica con un metal o una aleación metálica tal como una instalación de galvanización en caliente continua.

50

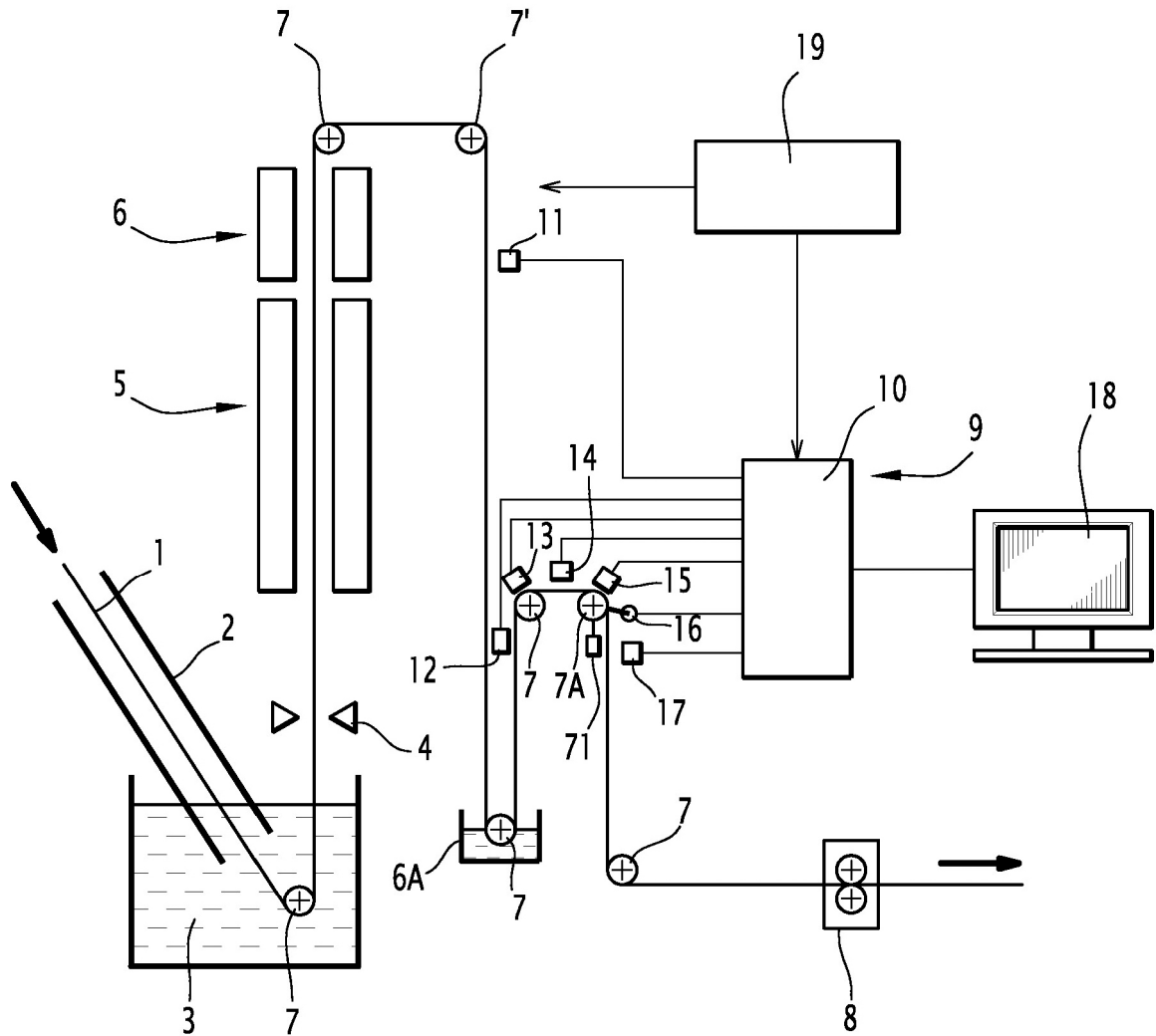


FIG.1

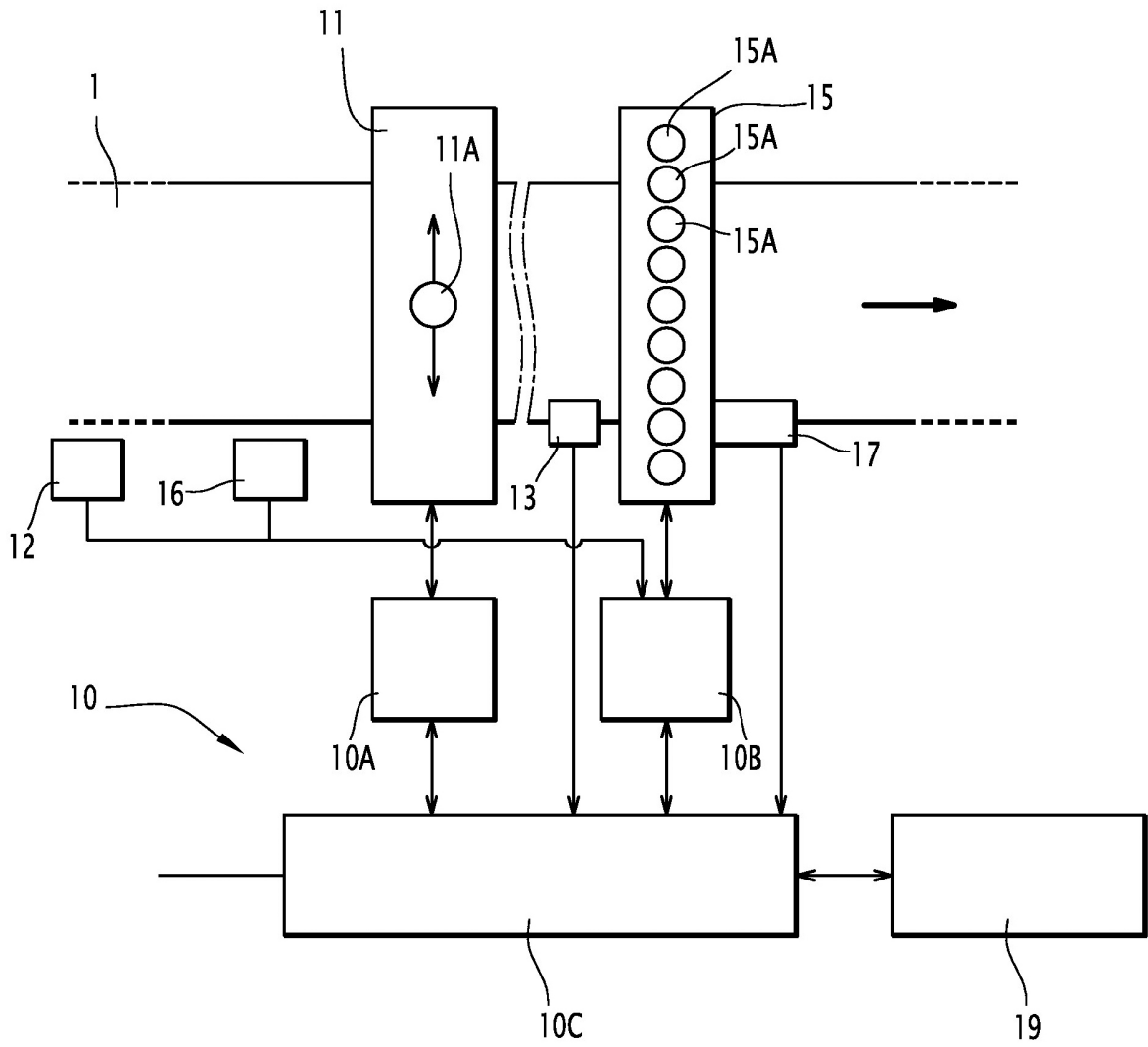


FIG.2

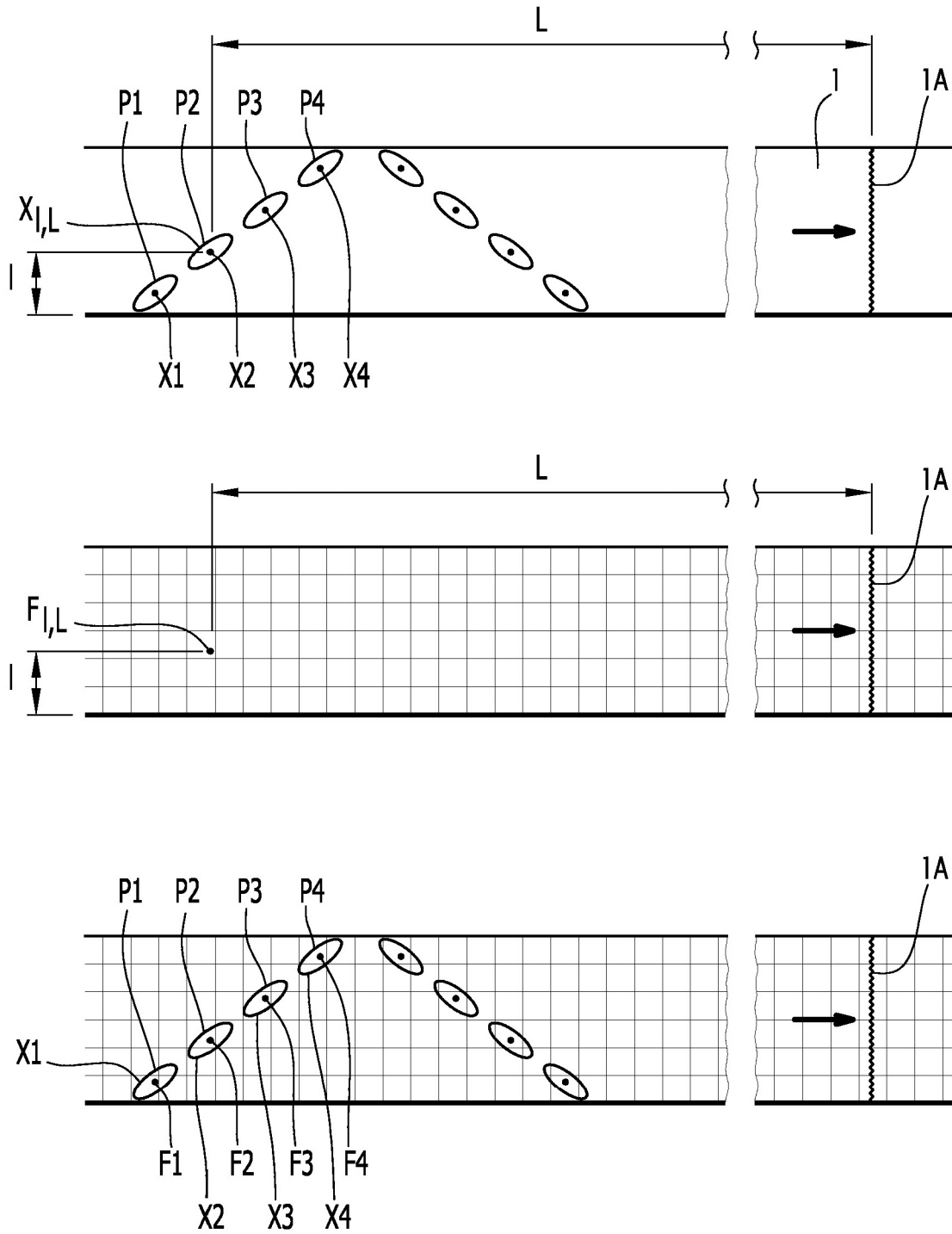
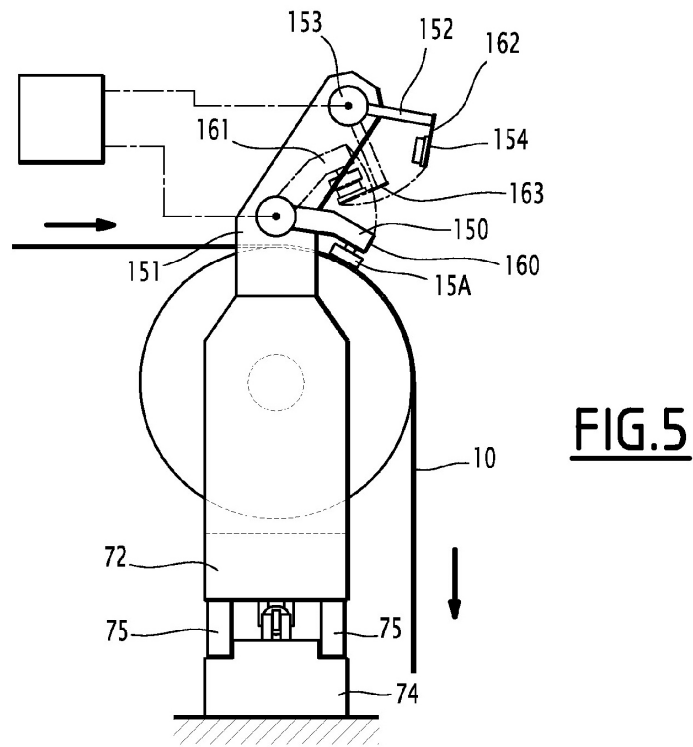
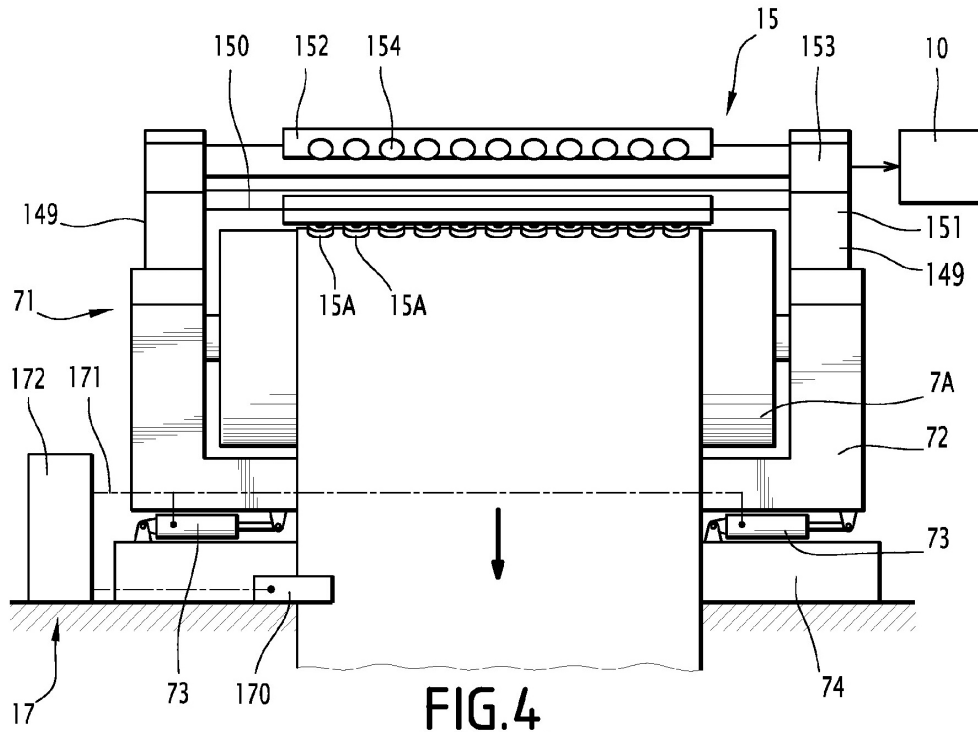


FIG.3



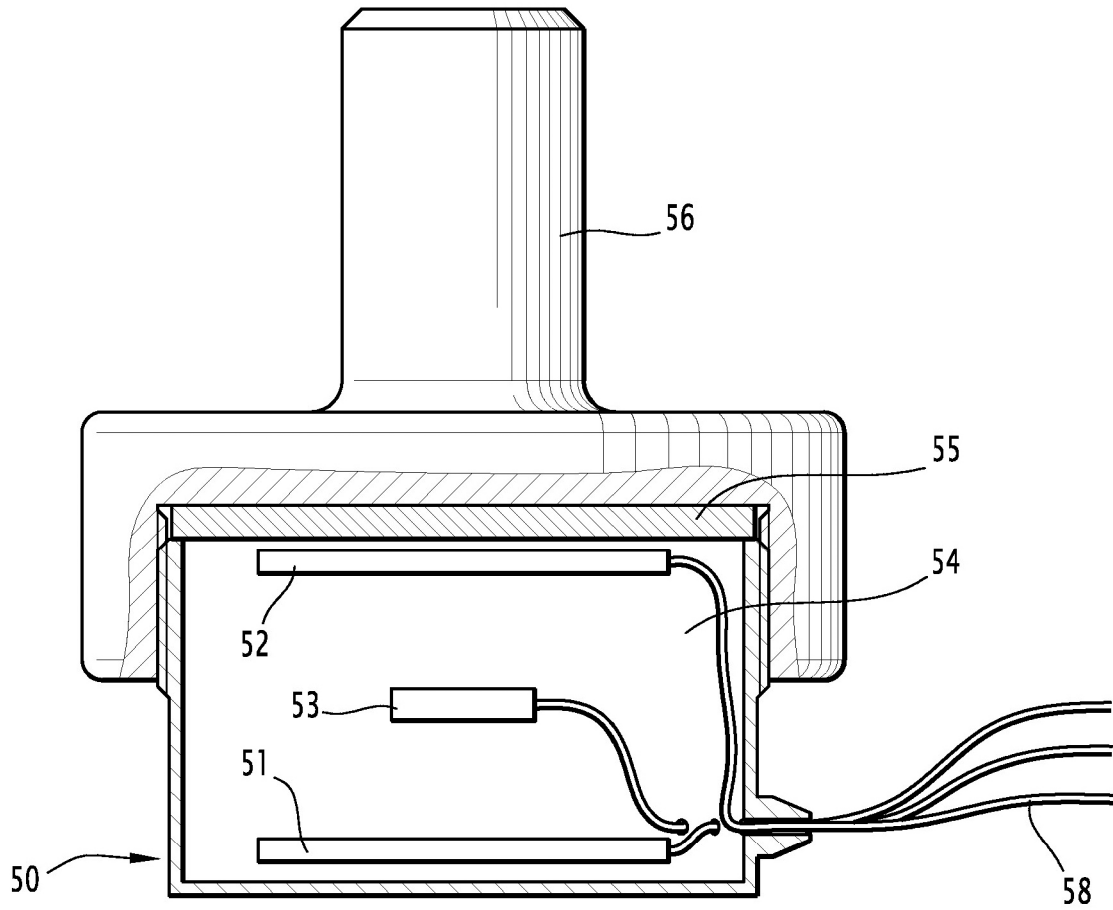


FIG.6

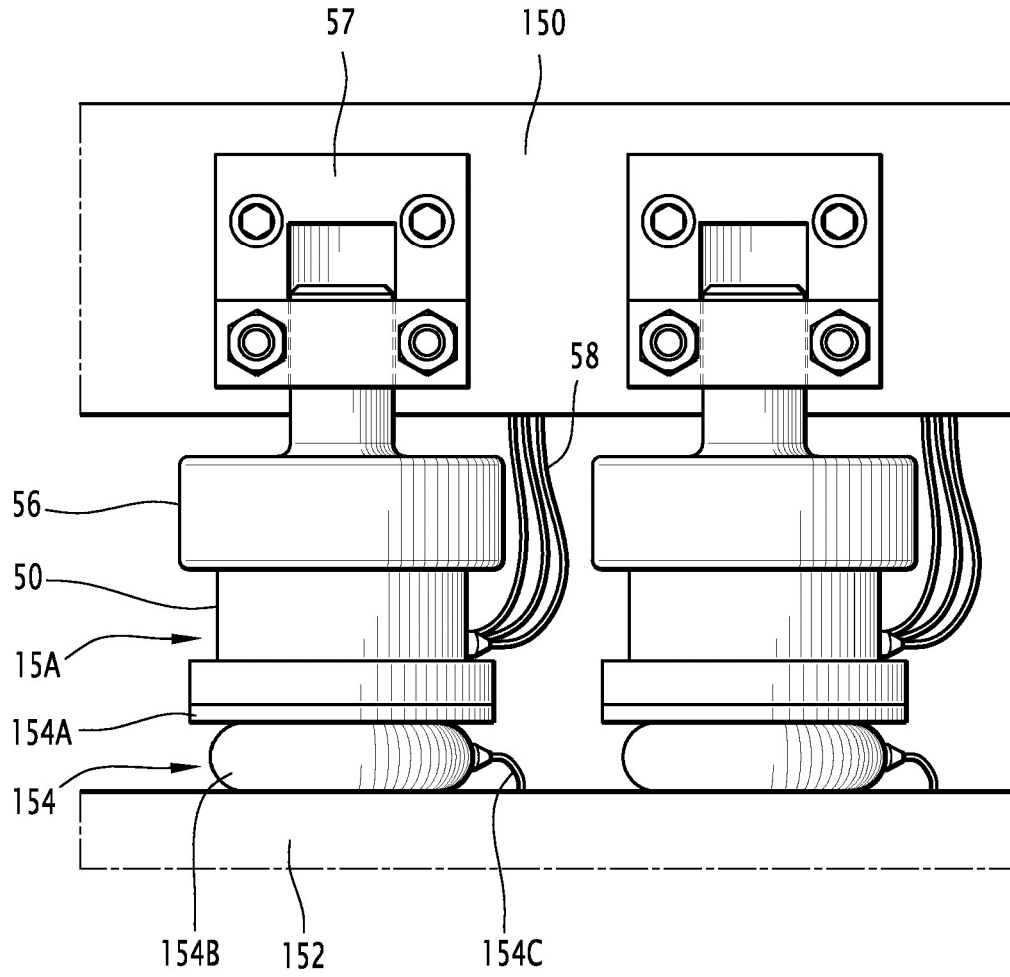


FIG. 7

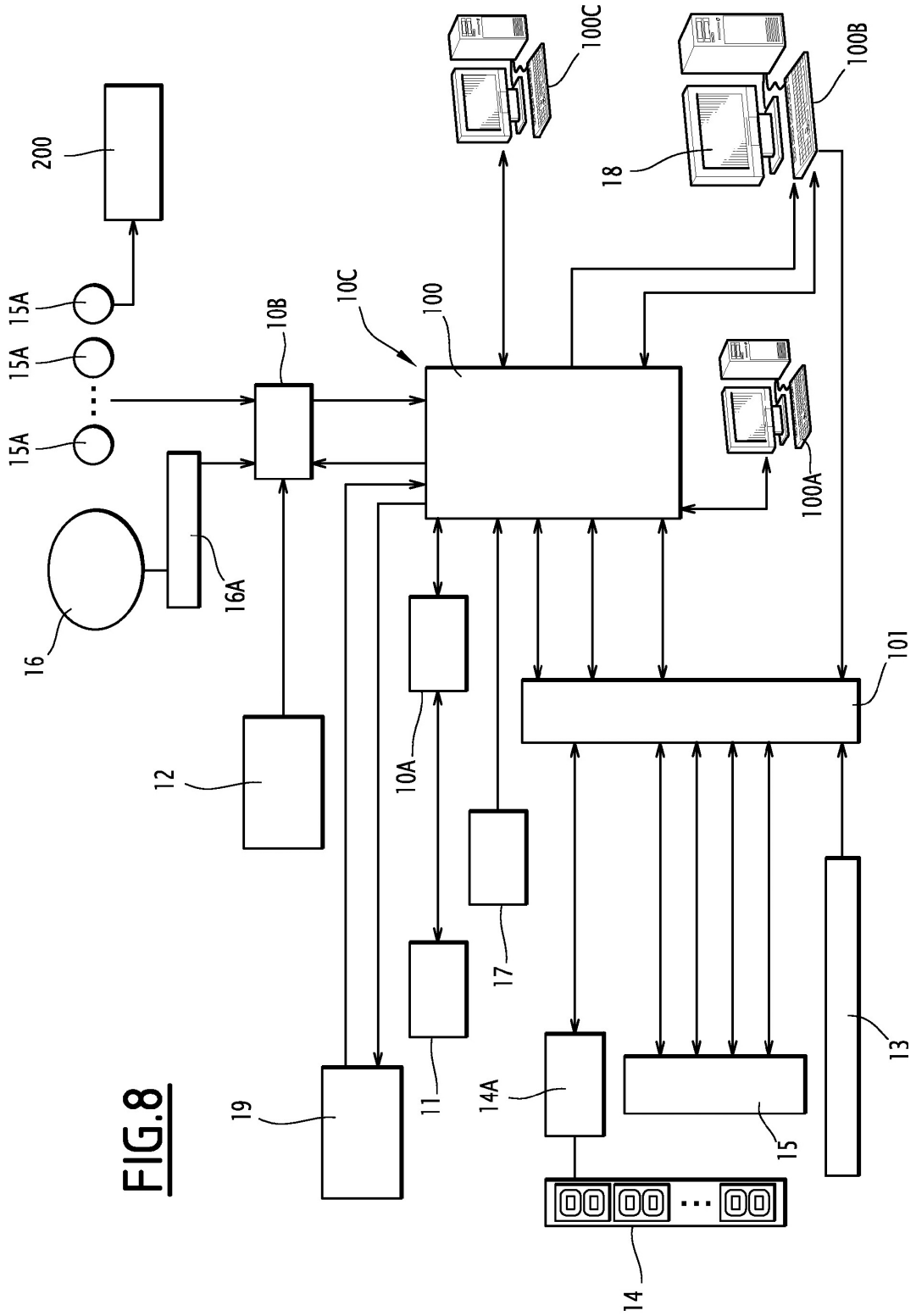


FIG. 8