

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 428 328**

51 Int. Cl.:

B61L 23/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.04.2009 E 09158205 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2013 EP 2112047**

54 Título: **Un método e instalación para la medición y vigilancia prolongada del estado de tensión de un carril soldado en continuo (CWR)**

30 Prioridad:

21.04.2008 IT VR20080047

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

07.11.2013

73 Titular/es:

**ACE SNC (100.0%)
VIA AULO PLAUZIO, 6
00181 ROMA, IT**

72 Inventor/es:

**PLATINI, MASSIMO y
DEL MUTO, MAURO**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 428 328 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

Un método e instalación para la medición y vigilancia prolongada del estado de tensión de un carril soldado en continuo (CWR).

5 El presente invento se refiere a un método y a una instalación para medir y vigilar el estado de tensión de un carril de una vía de ferrocarril.

Como es sabido, las vías de las líneas ferroviarias están compuestas de múltiples piezas soldadas juntas, de modo que constituyan así el denominado carril soldado en continuo (CWR).

10 Aunque el uso de vías de CWR ha contribuido a resolver muchos problemas conectados con las tensiones o esfuerzos que las vías soportan con el paso del tren, no es fácil vigilar el estado de tensión en tal sistema. En otras palabras, no es fácil medir los esfuerzos térmico, de tracción o de compresión en una sección completa de la vía, que puede ser debidos tanto a cambios climáticos como a tensiones o esfuerzos mecánicos soportados con el paso de los trenes.

15 Usualmente, durante la instalación, las vías son pretensadas de modo que sean llevadas a tener una longitud igual a la longitud que tendrían si la vía estuviera a una temperatura predeterminada (en Italia, tal temperatura es de 30° C). Esta temperatura es definida como la temperatura libre de tensión (SFT).

Medir las variaciones de la temperatura libre de tensión permite evaluar el estado de tensión de un carril, y así de la vía.

20 Después de instalación, las variaciones de temperatura exterior estacionales, las operaciones de mantenimiento y la así denominada respiración en curva (es decir los movimientos o deformaciones transversales de la vía) pueden inducir estados de tensión que el carril soldado en continuo (CWR) no puede tolerar. Considerando, entonces, que la vía debe soportar el paso de los trenes y los posibles movimientos sísmicos, se comprende cómo es de elevado el riesgo de que sufran deformaciones transversales sustanciales o incluso una rotura capaz de provocar un descarrilamiento.

25 Las observaciones periódicas del estado de la vía son llevadas a cabo a lo largo de muchas líneas de trenes, o han sido instaladas instalaciones de señalización experimentales que utilizan los así denominados sistemas de extensómetro (medidores de deformación), que están compuestos de alojamientos que contienen tanto un sensor de medición como sus componentes electrónicos respectivos, que son soldados o empernados a cada carril de una vía. Los sensores están eléctricamente conectados con un ordenador configurado para vigilar el estado de tensión de la línea y para tratar los datos detectados a partir de los distintos sensores con el fin de señalar un posible riesgo o peligro. Hasta ahora, los sensores solamente han medido las deformaciones de la vía, a través de las cuales era posible realizar la vigilancia del estado de las ruedas de los trenes que pasan. Con tal fin, se han empleado distintos sistemas, tales como el sistema denominado "WILD" que utiliza una pluralidad de dispositivos extensómetros, que son posicionados a lo largo de las vías y están destinados a medir las deformaciones de las vías con el paso de los trenes. Debido a este tipo de medición, es posible evaluar si el tren tiene las ruedas planas, excéntricas, aplanadas, o en cualquier caso defectuosas.

30

35

La solicitud de patente Norteamericana US-2008/0019701, por ejemplo, describe un sistema para vigilar las deformaciones de una vía al paso de un tren, que permite el uso de sensores de rejillas de fibra de Bragg (sensores de fibra óptica con rejilla de Bragg) sobre la vía y una fibra óptica interceptada por cada sensor a lo largo de un carril, estando conectada la fibra óptica por un lado con una fuente de energía luminosa y por el otro lado con un dispositivo analizador de señales. Tal sistema es utilizado para evaluar varias características de un tren que pasa sobre los carriles, tales como el número de ejes, la velocidad instantánea del tren, el desequilibrio de las ruedas del tren.

40

45 Está claro que desde el punto de vista de los métodos de seguridad y mantenimiento, es deseable tener un sistema de control disponible que sea también adecuado para vigilar el estado de tensión de la línea y que pueda predecir las zonas de peligro potencial, para detectar así el daño posible de la vía antes de que resulte dañada de manera irreparable o antes de que pueda causar descarrilamientos u otro tipo de accidentes.

Actualmente, no hay sistemas de medición capaces de vigilar de modo continuo el estado de tensión de modo que impidan o en cualquier caso predigan las deformaciones transversales sustanciales o la rotura y daño tales que sitúen a la vía en riesgo de accidentes.

50 El documento EP-1 582 430 muestra un sistema y una instalación para vigilar el estado de un ferrocarril, que comprende una fibra óptica y una pluralidad de sensores, por ejemplo sensores de rejilla de fibra de Bragg, que son rígidamente fijados, por ejemplo por medio de un pegamento o cola epoxídica o mediante soldadura a una vía de tren. El sistema incluye además un emisor de señal óptica diseñado para emitir una señal óptica a la fibra y un

interrogador de señal óptica. De acuerdo con tal documento de la técnica anterior, el sistema vigila de manera continua la longitud de onda de las señales ópticas reflejadas por cada sensor y más particularmente vigila si ocurre un desplazamiento de la longitud de onda.

5 El objeto principal del presente invento es el de proporcionar un método adecuado para permitir la evaluación y vigilancia del estado de tensión de un carril soldado en continuo CWR.

Otro objeto del presente invento es el de proporcionar una instalación para llevar a la práctica un método de acuerdo con el presente invento adecuado para evaluar y vigilar el estado de tensión de un carril soldado en continuo.

De acuerdo con un primer aspecto del invento, es proporcionado un método de acuerdo con la reivindicación 1.

10 De acuerdo con otro aspecto del presente invento, es proporcionada una instalación de acuerdo con la reivindicación 10.

15 Con referencia a la única figura adjunta, se ha ilustrado: una vía 1 que comprende dos carriles 1a, 1b, una pluralidad de pares (en la figura, hay ilustrados tres pares pero se comprenderá que podría haber pares adicionales) de sensores 2a, 2b, un medio emisor de al menos un haz 3 de energía luminosa, una unidad de control 4 para interrogación del sensor, una fibra óptica 5 y un procesador (ordenador) 6 diseñado para recibir y tratar datos procedentes de la unidad de control. La unidad de control 4 de interrogación comprende ventajosamente un analizador de espectro óptico, por ejemplo un monocromatizador y una interfaz optoelectrónica de adquisición de señal. La fibra óptica 5 está diseñada para conectar ópticamente el medio emisor 3 con los sensores de deformación 2a, 2b y con el analizador de espectro 4.

20 Ventajosamente, la fibra óptica tiene una agrupación o secuencia de sensores. Cada punto de medición comprende dos sensores, fijados sobre el eje neutro de un carril, un primer sensor 2b designado para medir las variaciones de temperatura del propio carril, y un segundo sensor 2a de una pieza en sentido longitudinal con la vía, dispuesto para medir la variación del par de magnitudes o cantidades constituidas por deformaciones longitudinales del carril, y temperatura.

25 Aún más ventajosamente, ambos sensores son del tipo de rejilla de fibra de Bragg (FBG), y están dispuestos previamente sobre una superficie metálica que a su vez puede ser asegurada directamente a la vía, por medio de micro-soldadura eléctrica. Para la instalación de los sensores, la vía será limpiada solo localmente, de modo que permita la fijación de los sensores directamente sobre el carril.

30 Como es sabido, los sensores FBG son elementos ópticos productores de difracción, presentes en zonas preestablecidas de la fibra, que tienen la propiedad de reflejar la luz incidente con una longitud de onda que es una función lineal de la temperatura y de las deformaciones experimentadas por la fibra óptica en la zona de interés.

Un haz de energía luminosa será enviado a continuación desde la fuente a la fibra 5, e interceptará los sensores 2a, 2b de rejilla de Bragg y será al menos parcialmente reflejado hacia el analizador de espectro 4, que analizará las señales recibidas y enviará los datos al procesador 6, que tratará tales datos y medirá el estado de tensión del carril, en particular la SFT o temperatura de control de tensión.

35 Una instalación de acuerdo con el presente invento tiene preferiblemente un divisor 7 de haz que está diseñado para interceptar el haz transmitido a lo largo de la fibra óptica; el divisor 7 de haz está dispuesto entre el medio emisor y la unidad de control de interrogación, por un lado, y los sensores por el otro lado.

40 Con el fin de facilitar la instalación de los sensores, se utilizan fibras que están compuestas de múltiples secciones, cada una de varios centenares de metros de longitud. Tales secciones serán conectadas entre sí mediante uniones adecuadas, que aseguren una "pérdida por inserción" menor de 0,3 dB, como es sabido en el estado de la técnica. Será entonces posible interrumpir la instalación si fuera necesario, incluso posteriormente, ya que el estado de tensión puede ser vigilado incluso con una instalación sólo parcialmente instalada. Tal solución facilita además las posibles operaciones de mantenimiento en la línea.

45 Preferiblemente, la fibra es monomodal, es decir una fibra óptica que permite sólo un modo de propagación óptica, y es guiada, en la parte no sensible, es decir aquella parte que no corresponde con los sensores de FBG, a un conducto/funda de cualquier tipo adecuado. Tal funda será fijada a continuación al carril por medio de un pegamento o cola adecuado, por ejemplo una cola de resina epoxídica de un solo componente, de endurecimiento en agua, o simple silicona.

El intervalo de distancia entre pares de sensores puede variar según se requiera.

50 Con el método de acuerdo con el presente invento, se puede medir el estado de tensión de un carril en una vía por medio de una magnitud o cantidad indirecta, la temperatura libre de tensión (SFT), que se obtiene a partir de dos

mediciones simultáneas en el mismo punto del carril con respecto a la deformación y la temperatura, siendo llevada a cabo cada medición por medio de un sensor de FBG respectivo.

5 Suponiendo que la SFT de un material en un instante específico ha sido determinada, como se tendría que $\Delta L/L = \alpha \Delta T$ para un objeto que no está sometido a esfuerzos, si después de este instante se mide una deformación $\varepsilon = \Delta L/L$, entonces la variación de SFT vendrá dada por $\Delta T_0 = \varepsilon/\alpha$.

Para la evaluación de la SFT, es necesario por ello determinar simultáneamente de modo sustancial la deformación longitudinal de la vía y su temperatura.

10 Un sensor de FBG puede ser fijado directamente a un material sujeto a deformaciones debido a temperatura, y entonces la variación de la longitud devuelta por un sensor de FBG será $\Delta \lambda/\lambda = (\alpha + \beta) \Delta T$, en la que β es el coeficiente termo-óptico de la fibra (igual a $6,9 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ \text{C}^{-1}$), mientras α es el coeficiente de expansión térmica del material al que está fijado la fibra.

15 Alternativamente, el sensor puede ser fijado sobre un soporte metálico, fijado a su vez sobre el material sometido a deformaciones, y en tal caso la rigidez de la fijación no resulta comprometida ya que el coeficiente de expansión térmica del sensor es mucho menor que el del metal (valores típicos son $5,5 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ \text{C}^{-1}$ para el sensor, mientras que para los metales son del orden de $10^{-5} \text{ } ^\circ \text{C}^{-1}$).

Un método de acuerdo con el presente invento permite la instalación de al menos dos sensores del eje neutral de la vía, al menos uno de los cuales (2a) está rígidamente asegurado a un carril, diseñado así para detectar su deformación y variación de temperatura, y al menos otro está asegurado a un soporte metálico que no está fijado rígidamente al carril, de modo que tal sensor (2b) sólo mide la temperatura del carril.

20 Con el fin de evaluar la precisión de cálculo, puede considerarse un error en la determinación de la longitud de onda devuelta por el sensor igual a 3 pm, por ello el error cometido al calcular la deformación es (considerando que $k\lambda = 1,2 \cdot 10^6 \text{ pm}$ y α es igual a aproximadamente $5 \mu\epsilon$, hay un error en el cálculo de la variación de SFT de $(5/11,8)^\circ \text{C} = 0,4^\circ \text{C}$.

25 Considerando en lugar de la temperatura, el error es en su lugar (con $\alpha_{acc} + \beta) \lambda = 29 \text{ pm}/^\circ \text{C}$) igual a aproximadamente $(3/29)^\circ \text{C} = 0,1^\circ \text{C}$.

Partiendo de la variación de la SFT y la temperatura, pueden también obtenerse fácilmente otras cantidades que son útiles para establecer el funcionamiento correcto del carril.

30 Por ejemplo, es posible evaluar la tensión sobre el carril (o mejor aún, también en este caso, la variación de tensión) dada por $\sigma = E(\alpha \Delta T - \varepsilon) = E\sigma(\Delta T - \Delta T_0)$, en donde E es el módulo de elasticidad del acero igual a aproximadamente 200 GPa, y así se tiene una exactitud de aproximadamente 1 MPa.

Partiendo de la tensión, se puede obtener la fuerza de compresión que actúa sobre el carril, dada simplemente por $F = \sigma A$, en la que A es el área de la sección del carril.

35 Con el fin de medir la SFT con los sistemas propuestos hasta ahora, es necesario evaluar las características de la propia vía cuando no está sometida a tensión. Con el fin de llevar a cabo tal operación, es necesario cortar la vía y eliminar sus esfuerzos, o alternativamente levantar la vía y llevar a cabo mediciones estáticas.

Con un método de acuerdo con el presente invento, es así posible vigilar y registrar de modo continuo la temperatura local y la tensión longitudinal de una sección de ferrocarril o de una línea de ferrocarril completa, y por tanto evaluar de modo continuo la variación de SFT en tiempo real.

40 Como es posible tener los datos en tiempo real, se pueden verificar inmediatamente los estados de tensión irregulares posibles sobre los carriles, que pueden comprometer la seguridad del tren.

Con un tratamiento diferente de los datos disponibles, el presente sistema puede también ser usado para vigilar la posición, la velocidad, el estado de los vagones (por ejemplo el número de ejes) y las ruedas (por ejemplo excentricidad y aplanamiento) de los trenes, simplemente cambiando el software de tratamiento de datos y posicionando los sensores de una manera adecuada.

45 Con un método de acuerdo con el presente invento, hay una serie de ventajas con respecto a los métodos conocidos hasta ahora, a saber:

- inmunidad completa de las interferencias electromagnéticas exteriores y ausencia total de señales eléctricas generadas por el sistema in situ, ya que los sensores de FBG no son alimentados eléctricamente;
- vigilancia de modo continuo y accesibilidad casi inmediata a los datos (SFT y otros datos);

- fijación de modo no invasiva de los sensores a la vía, lo que es fácil de llevar a cabo;
- actualización del software directamente sobre la unidad de control sin tener por ello, que sustituir los sensores;
- el número de sensores puede ser incrementado, y así los puntos de medición, con menores costes con respecto a sistemas convencionales ya que el sistema no tiene un número definido de sensores por unidad de control de medición.

5

El método descrito anteriormente es susceptible de numerosas modificaciones y variaciones dentro del marco de protección según ha sido definido por las reivindicaciones.

10

Así, la unidad de control podría ser situada en dirección opuesta con respecto al medio emisor, y en tal caso evaluará el estado de tensión del sistema sobre la base de la parte del haz de energía luminosa absorbida por las rejillas de Bragg.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un método para medir las variaciones de temperatura libre de tensión (SFT) de al menos un carril de un carril soldado en continuo para impedir o en cualquier caso predecir las deformaciones transversales sustanciales o la rotura del carril, que comprende las operaciones de:
- 5 disponer previamente:
- un par o una pluralidad de pares de sensores: incluyendo cada par un primer sensor (2b) fijado de modo no rígido a dicho carril, estando diseñado por ello para operar en respuesta a variaciones de temperatura solamente y un segundo sensor (2a) fijado rígidamente a dicho carril, siendo adecuado por ello para operar en respuesta a variaciones de temperatura y deformación longitudinal en una sección de carril;
- 10 - al menos un medio emisor (3) de al menos un haz de energía luminosa dispuesto lejos de dicho par o pluralidad de pares de sensores (2a, 2b);
- al menos una unidad (4) de control de interrogación diseñada para recibir dicho haz de energía luminosa que ha pasado a través de dicho par o pluralidad de pares de sensores o ha sido reflejado por ellos;
- al menos una unidad (6) para tratar los datos recogidos por la unidad de control (4); y
- 15 - al menos una fibra óptica (5): diseñada para conectar ópticamente al menos un medio emisor (3) con cada sensor (2a, 2b) y con dicha unidad (4) de control de interrogación;
- excitando al menos dicha medio emisor (3) con el fin de suministrar al menos un haz de energía luminosa a un par o a una pluralidad de pares de sensores (2a, 2b); y
- 20 tratando el estado de tensión del carril por al menos una unidad de tratamiento (6), sobre la base de las señales recibidas por la unidad (4) de control de interrogación.
- 2.- Un método según la reivindicación 1, caracterizado por que al menos dicho par o pluralidad de pares de sensores comprenden una rejilla de fibra de Bragg (FBG) (2a, 2b).
- 3.- Un método según la reivindicación 2, caracterizado por que al menos uno de dicho par o pluralidad de pares de sensores está instalado en el eje neutral de un carril.
- 25 4.- Un método según la reivindicación 3, caracterizado por que dicho sensor (2b) está dispuesto previamente sobre un soporte metálico que a su vez está fijado sobre el carril.
- 5.- Un método según la reivindicación 4, caracterizado por que dicho soporte metálico esta micro-soldado eléctricamente sobre el carril.
- 30 6.- Un método según cualquier reivindicación precedente, caracterizado por que dicha fibra (5) está compuesta de múltiples piezas, cada una de varios centenares de metros de longitud, estando conectadas dichas piezas entre sí por medio de uniones o juntas.
- 7.- Un método según cualquier reivindicación precedente, caracterizado por que dicha fibra óptica es monomodal y guiada, en una parte no sensible a un conducto/funda protector.
- 35 8.- Un método según la reivindicación 7, caracterizado por que dicha funda está fijada al carril por medio de un pegamento o cola adecuado.
- 9.- Un método según cualquiera reivindicación precedente, caracterizado por que dicha unidad (4) de control de interrogación de datos comprende un analizador de espectro óptico y una interfaz opto-electrónica de adquisición de señal.
- 40 10.- Una instalación para evaluar de manera continua el estado de tensión de un carril soldado en continuo para llevar a cabo el método según cualquier reivindicación precedente.
- 11.- Una instalación según la reivindicación 10, que comprende:
- 45 - un par o una pluralidad de pares de sensores: incluyendo cada par un primer sensor (2b) fijado de modo no rígido a dicho carril, siendo adecuado por ello para operar en respuesta a variaciones de temperatura solamente y un segundo sensor (2a) fijado rígidamente a dicho carril, siendo adecuado por ello para operar en respuesta a variaciones de temperatura y deformación longitudinal en una sección de carril;
- al menos un medio emisor (3) de al menos un haz de energía luminosa dispuesto lejos de dicho par o

pluralidad de pares de sensores (2a, 2b);

- al menos una unidad (4) de control de interrogación diseñada para recibir dicho haz de energía luminosa que ha pasado a través de dicho par o pluralidad de pares de sensores o ha sido reflejado por ellos;

- al menos una unidad (6) para tratar los datos recogidos por la unidad (4) de control; y

5 - al menos una fibra óptica (5) diseñada para conectar ópticamente al menos un medio emisor (3) con cada sensor (2a, 2b) y con dicha unidad (4) de control de interrogación.

12.- Una instalación según la reivindicación 11, caracterizada por que al menos uno de dicho par o pluralidad de pares de sensores comprende una rejilla de fibra de Bragg (FBG).

10 13.- Una instalación según la reivindicación 11 ó 12, caracterizada por que al menos uno de dicho par o pluralidad de pares de sensores es instalado en el eje neutral de un carril.

14.- Una instalación según la reivindicación 11, 12 ó 13, caracterizada por que dicho primer sensor (2b) es dispuesto previamente sobre un soporte metálico que a su vez es fijado al carril.

15.- Una instalación según la reivindicación 14, caracterizada por que dicho soporte es fijado mediante micro-soldadura eléctrica.

15 16.- Una instalación según cualquier reivindicación 11 a 15, caracterizado por que dichas fibras están compuestas de múltiples piezas, cada una de varias decenas de metros de longitud, siendo conectadas dichas piezas entre sí por medio de uniones o juntas.

17.- Una instalación según cualquier reivindicación 11 a 16, caracterizada por que al menos uno de dichos pares de fibras ópticas es guiado, en la parte no sensible, a un conducto/funda protector.

20 18.- Una instalación según la reivindicación 17, caracterizada por que dicha funda está fijada al carril por medio de un pegamento o cola adecuado.

19.- Una instalación según cualquier reivindicación 11 a 18, caracterizada por que dicha unidad (4) de control de interrogación de datos comprende un analizador de espectro óptico y una interfaz optoelectrónica de adquisición de señal.

25 20.- Una instalación según cualquier reivindicación 11 a 19, caracterizada por que comprende un divisor (7) de haz diseñado para interceptar el haz transmitido a lo largo de la fibra óptica, estando dispuesto el divisor (7) de haz entre el medio emisor y la unidad de control de interrogación, por un lado, y los sensores por el otro lado.

Figura Única

