

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 927 724**

51 Int. Cl.:

G01M 5/00 (2006.01)

B61K 9/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.02.2019** **PCT/EP2019/053371**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.09.2019** **WO19174834**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.02.2019** **E 19704617 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.08.2022** **EP 3765831**

54 Título: **Sistema para el registro de un esfuerzo mecánico de tracción/compresión de un raíl**

30 Prioridad:

12.03.2018 AT 672018

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

10.11.2022

73 Titular/es:

**PLASSER & THEURER EXPORT VON
BAHNBAUMASCHINEN GMBH (100.0%)
Johannesgasse 3
1010 Wien, AT**

72 Inventor/es:

**BÜRGER, MARTIN y
ZAUNER, GERALD**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 927 724 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

Sistema para el registro de un esfuerzo mecánico de tracción/compresión de un raíl

Campo de la tecnología

- 5 La invención se refiere a un sistema para el registro de un esfuerzo mecánico de tracción/compresión de un raíl de una vía, especialmente para la determinación de la temperatura neutra, que comprende un vehículo ferroviario, un detector de temperatura del raíl montado en él y un dispositivo de evaluación. La invención se refiere además a un procedimiento para el registro de un esfuerzo de tracción/compresión de un raíl de una vía mediante el sistema.

Estado de la técnica

- 10 Las fluctuaciones de temperatura, el arranque y el frenado de los vehículos ferroviarios, así como las deformaciones debidas a la carga, provocan forzamientos, en particular en los elementos de fijación de los raíles, debido al acoplamiento de la superestructura y la estructura de soporte y, por lo tanto, tensiones longitudinales adicionales en un raíl.

- 15 Hoy en día, las vías férreas están diseñadas de manera que las fuerzas térmicas que provocarían una expansión de los raíles, por ejemplo, en caso de calor, sean absorbidas por la superestructura, es decir, las traviesas y el lecho de la vía.

Especialmente al utilizar equipos de soldadura de raíles, es necesario determinar con precisión los esfuerzos de tracción/compresión de un raíl o, como consecuencia, determinar la temperatura neutra para garantizar un estado de baja tensión de la vía soldada.

- 20 Para realizar un análisis exacto y detectar con precisión el estado real de una vía, se conocen por el estado de la técnica varios procedimientos para la determinación de una temperatura neutra o de un esfuerzo de tracción/compresión de un raíl.

- 25 Un método conocido para medir la temperatura neutra es la medición por ultrasonido. Ésta se basa en el fenómeno de que la velocidad del sonido en un raíl está influida por el estado de tensión. La velocidad del sonido en el raíl se compara con la velocidad del sonido en un raíl sin tensiones térmicas. De la diferencia entre éstas, se pueden deducir los esfuerzos de tracción/compresión. Se trata de un método rápido, pero la necesidad de una medición de referencia provoca la inexactitud de los resultados. El método ultrasónico es un método indirecto que utiliza una base de datos que comprende las relaciones entre la velocidad del sonido y el material del raíl. Un método de este tipo se conoce, por ejemplo, por los documentos WO 2013/070455 A1 y WO 2014/124050 A1.

- 30 Otro método conocido, la medición magnética, se revela en el documento WO 96/35947 A1. En este procedimiento se emplean sondas magnéticas sin contacto para generar un campo magnético alterno en el raíl. Este campo alterno interactúa con las propiedades de la microestructura del raíl y genera un ruido magnético Barkhausen (efecto magnético de Barkhausen). El ruido Barkhausen se puede hacer visible a través de un osciloscopio. Una amplitud del ruido Barkhausen está relacionada con la tensión longitudinal en el raíl. Sin embargo, al igual que con los métodos ultrasónicos, las mediciones del raíl cargado deben compararse con las mediciones del material de referencia.

- 35 Por el documento US 2013/0070083 A1 se conoce un sistema que dispone de una cámara, un detector de temperatura y un sistema de control informático. Las imágenes de las juntas o anclajes de los raíles tomadas por la cámara y los datos recogidos por el detector de temperatura se utilizan para estimar, a través de un sistema de control automático, una tensión axial del raíl basada en las imágenes y la temperatura del raíl.

- 40 El documento WO 2005/093157 A1 describe un sistema en el que se calienta un raíl, registrándose por medio de un detector de infrarrojos una diferencia de temperatura para sacar conclusiones acerca de defectos o grietas en el raíl. En el documento DE 100 08 200 A1 se describe una instalación para la comprobación de la resistencia a la flexión de un mástil mediante un rayo láser y una cámara de medición.

Resumen de la invención

- 45 La invención se basa en los objetivos de proporcionar mejoras frente al estado de la técnica para un sistema y un procedimiento del tipo antes mencionado.

Según la invención, estas tareas se resuelven mediante las características de las reivindicaciones 1 y 11. Otras formas de realización ventajosamente perfeccionadas de la invención resultan de las reivindicaciones dependientes.

- 50 La invención prevé que el sistema comprenda una fuente de calor para el calentamiento selectivo de una zona de medición del raíl, que el detector de temperatura del raíl esté diseñado para la detección de la temperatura durante una fase de calentamiento y/o enfriamiento de la zona de medición, y que el dispositivo de evaluación esté configurado para la determinación de una conductividad térmica del material del raíl a partir de los datos de temperatura registrados y para la derivación del esfuerzo de tracción y compresión. Un desarrollo temporal de los datos de temperatura medidos por el detector de temperatura del raíl ofrece una posibilidad precisa de determinar una conductividad térmica de un material de raíl para derivar posteriormente el esfuerzo mecánico de tracción/compresión predominante en el raíl mediante el dispositivo de evaluación.

La fuente de calor se dispone ventajosamente de forma separada y se guía especialmente a lo largo del raíl a una velocidad continua. Mediante el calentamiento sin contacto del raíl se posibilita un registro de un esfuerzo mecánico de tracción/compresión de un raíl durante un avance del vehículo ferroviario.

5 En otra variante perfeccionada, el detector de temperatura de raíl se dispone en el vehículo ferroviario por medio de un dispositivo de guía. Para mantener siempre una distancia constante entre el detector de temperatura del raíl y el raíl durante el funcionamiento del vehículo ferroviario, el detector de temperatura del raíl se monta en el dispositivo de guía de forma que se pueda desplazar en una dirección transversal de la vía en relación con el bastidor de la máquina. De este modo se puede garantizar, por ejemplo, una distancia relativa constante y exacta en una curva y/o un peralte de la vía. Un desplazamiento en dirección longitudinal de la vía también resulta ventajoso para una medición continua.

10 En una variante de realización ventajosa de la invención, el detector de temperatura de raíl está diseñado como un detector infrarrojo de medición en forma de puntos. En el caso de una parada relativa entre el detector de temperatura del raíl y el raíl (por ejemplo, por medio de un dispositivo de guía) durante un proceso de medición, el uso de un detector infrarrojo de medición en forma de puntos se considera especialmente adecuado. Un detector de este tipo es económico barato y presenta un diseño robusto.

15 En otra forma de realización ventajosa de la invención, el detector de temperatura del raíl se ha diseñado como una cámara de infrarrojos. El uso de una cámara de infrarrojos permite además la evaluación simultánea en diferentes posiciones de medición locales en el raíl gracias a un mayor rango de detección.

Además, se considera beneficioso que la fuente de calor se configure como láser. Una gran ventaja es la precisión del láser. De este modo, se puede calentar una zona de medición en el raíl de forma selectiva, produciéndose, por ejemplo, un efecto puntiforme del láser. El calentamiento plano permite el uso de un láser de línea o de superficie.

20 En otra forma de realización ventajosa de la invención, la fuente de calor consiste en una bobina de inducción. La bobina de inducción ofrece una solución estructuralmente sencilla, pero al mismo tiempo fiable, para una fuente de calor.

Además, resulta ventajoso que la fuente de calor y el detector de temperatura del raíl se activen mediante un dispositivo de control común. Para garantizar un funcionamiento coordinado, el detector de temperatura del raíl, la fuente de calor y, en su caso, el dispositivo de guía, así como todos los accionamientos correspondientes, se controlan a través del dispositivo de control común.

Convenientemente, la fuente de calor y el detector de temperatura del raíl se orientan en la misma dirección para registrar las temperaturas de una superficie de raíl irradiada. De este modo, la fuente de calor y el detector de temperatura del raíl se pueden disponer de forma sencilla y en poco espacio por debajo de un vehículo ferroviario. Otra ventaja consiste en la posibilidad de equipar con facilidad los vehículos ferroviarios ya existentes.

En otra variante, la fuente de calor y el detector de temperatura de raíl se orientan en direcciones opuestas para registrar las temperaturas por la cara posterior de un alma de raíl irradiada por la cara anterior. Mediante la disposición por separado de la fuente de calor y el detector de temperatura del raíl en ambos lados, se consigue una medición aún más precisa. De este modo, se descartan interferencias mutuas entre la fuente de calor y el detector de temperatura del raíl.

En el procedimiento según la invención se prevé el calentamiento de una zona de medición de un raíl mediante la fuente de calor y que, como consecuencia, se produzca una excitación térmica de la zona de medición, que se registre un comportamiento de calentamiento y/o enfriamiento en la zona de medición en el raíl mediante el detector de temperatura del raíl y que éste se evalúe mediante el dispositivo de evaluación de forma que se determine una conductividad térmica del material del raíl y se derive de ella el esfuerzo de tracción/compresión del raíl. Un procedimiento de medición como éste para la determinación de los esfuerzos mecánicos de tracción/compresión en un raíl es preciso y no requiere ninguna medición de referencia en raíles sin tensiones.

Una variante más avanzada del procedimiento prevé que, durante un avance de la máquina, se registre un perfil temporal de temperatura de un rango de medición sintonizado con una velocidad de desplazamiento. De este modo, se consigue una medición del esfuerzo de tracción/compresión durante un avance de la máquina.

Para un análisis más preciso del estado de la vía, la zona de medición se excita térmicamente con una curva de energía modulada. Por ejemplo, un rayo láser puede ser modulado de forma sinusoidal. Una evaluación en la gama de frecuencias permite en este caso también especialmente una determinación de los valores de fase.

50 Se compara una señal de medición del detector de temperatura del raíl con una excitación de la fuente de calor. Esto tiene un efecto ventajoso sobre la resistencia del procedimiento o la independencia de la señal de medición de influencias externas como el estado de la superficie del raíl o la potencia del láser.

En este contexto, si considera ventajoso que se determine un desfase entre la curva de energía modulada y una curva de temperatura registrada. La determinación del desfase permite una comparación exacta de los datos de medición y una evaluación especialmente precisa.

Breve descripción de los dibujos

La invención se explica a continuación a modo de ejemplo con referencia a las figuras adjuntas. Se muestra respectivamente en una representación esquemática en la:

Figura 1 una vista lateral de un vehículo ferroviario;

Figura 2 una sección transversal de un vehículo ferroviario;

5 Figura 3 una zona de registro del detector de temperatura de raíl;

Figura 4 la disposición de un detector de temperatura de raíl y de una fuente de calor

Descripción de las formas de realización

La figura 1 muestra un sistema 1 para el registro de un esfuerzo mecánico de tracción/compresión de un raíl 2 de una vía 3, que comprende un vehículo ferroviario 6 desplazable sobre la vía 3 en una vista lateral. El vehículo ferroviario 6 presenta un bastidor de máquina 5 apoyado a través de los mecanismos de traslación de la vía 4. En el bastidor de máquina 5 se ha dispuesto una cabina de vehículo 7. Por debajo del bastidor de máquina 5, y entre los mecanismos de traslación de la vía 4, se colocan por cada raíl 2 una fuente de calor 8 y un detector de temperatura de raíl 9. A cada fuente de calor 8 y, en su caso también a cada detector de temperatura de raíl 9, se asigna un dispositivo de guía 10. Además, el vehículo ferroviario 6 dispone de un accionamiento propio 11 y de una fuente de alimentación 12. A través de un dispositivo de control 13 se controlan, de forma centralizada, las fuentes de calor 8, los detectores de temperatura del raíl 9, los dispositivos de desplazamiento 10 y los posibles accionamientos. Para evaluar los datos registrados por los detectores de temperatura del raíl 9, el sistema 1 comprende un dispositivo de evaluación 14.

En la figura 2, el vehículo ferroviario 6 se representa en un corte en una dirección transversal de la vía 15. Por debajo del bastidor de máquina 5 se han colocado, para el respectivo raíl 2, una fuente de calor 8 y un detector de temperatura de raíl 9. Convenientemente, cada fuente de calor 8 y cada detector de temperatura de raíl 9 se apoyan de forma desplazable en un propio dispositivo de guía propio 10. Para ampliar las posibilidades de ajuste, se asigna al respectivo detector de temperatura de raíl 9 adicionalmente un accionamiento giratorio 20.

En el ejemplo mostrado, la respectiva fuente de calor 9 se ha configurado como láser. Un rayo láser 16 separado del láser se orienta de forma centrada sobre una superficie de la cabeza del raíl 17. Un eje de visión 18 del detector de temperatura del raíl 9 correspondiente también se ha orientado hacia la superficie de la cabeza del raíl 17. En una curva y/o peralte de la vía, el seguimiento lateral de los láseres y, en su caso, de los detectores de temperatura del raíl 9 se lleva a cabo a través de la activación correspondiente de los dispositivos de guía 10 por medio del dispositivo de control común 13. De este modo, se calienta y registra una zona de medición previamente definida 19 del respectivo raíl 2.

En una forma de realización sencilla, el detector de temperatura de raíl 9 se ha diseñado a modo de detector de infrarrojos que mide en forma de puntos. Para un registro exacto de una curva de temperatura en la zona de medición 19, el detector de infrarrojos se mantiene en posición respecto al raíl asignado 2 a lo largo de la duración de un proceso de medición. Se evalúa, por lo tanto, la evolución temporal de una señal de temperatura registrada en un punto local, pudiéndose emplear para ello métodos de análisis de frecuencia.

En otra variante de realización, el detector de temperatura de raíl 9 está diseñado como una cámara infrarroja (detector de superficie). En comparación con un detector de infrarrojos en forma de puntos, una cámara de infrarrojos ofrece la ventaja de una zona de registro extensa 21. No se necesita ningún dispositivo de guía 10 si la zona de medición 19 no se sale de la zona de registro 21 de la cámara de infrarrojos, ni siquiera en las curvas o en caso de peraltes. La zona de medición 19 es la zona del raíl 2 en la que se detecta un cambio de temperatura provocado por la fuente de calor 8. El uso de una cámara de infrarrojos permite la evaluación simultánea en diferentes posiciones locales, por ejemplo, a lo largo de una línea de medición local 22 o distribuida por la superficie del raíl.

La figura 3 muestra la zona de registro 21 de una cámara de infrarrojos que avanza con el vehículo ferroviario 6 en el sentido de la marcha 23 sobre el raíl 2 (imagen del sensor de la cámara). La fuente de calor 8, que tiene forma de láser, se guía de manera centrada sobre la superficie del cabezal del raíl 17 y calienta la zona de medición 19. El calentamiento (excitación térmica) puede ser puntual, lineal o superficial. En el transcurso del tiempo puede resultar conveniente una excitación térmica en forma de pulso o sinusoidal.

En la zona de medición 19 se detecta, al menos en un punto de medición 24, una curva de temperatura. El punto de medición 24 se desplaza durante un proceso de medición a lo largo de una línea de medición local 22 mueve horizontalmente en la imagen del sensor de la cámara en sentido opuesto a la dirección de marcha 23. El registro de la curva temporal de la temperatura en el punto de medición 24 se lleva a cabo mediante la asignación correcta de los valores de señal correspondientes a lo largo de la línea de medición 22, adaptada a la velocidad de marcha. En una primera posición de medición 26 se registra, por ejemplo, un primer valor de medición para el punto de medición 24. A una distancia con respecto a la primera posición de medición 26 adaptada a la velocidad de marcha se registra, en una segunda posición de medición 27, un segundo valor de medición para el punto de medición 24. Otros registros de valores de medición adicionales se producen en otras posiciones de medición 28, 29 hasta que el punto de medición 24 sale de la zona de registro 21.

De este modo, durante un proceso de medición el detector de temperatura de raíl 9, que tiene la forma de una cámara de infrarrojos, registra curvas temporales de temperatura (comportamiento de calentamiento o enfriamiento en el

tiempo). Unos pocos valores de medición son suficientes para registrar curvas de temperatura significativas. Por lo tanto, el sistema 1 según la invención también permite la realización de mediciones a altas velocidades de marcha del vehículo ferroviario 8.

5 La conductividad térmica del material del raíl depende de las fuerzas de tracción/compresión en los raíles 2. La curva de temperatura medida o el desarrollo temporal de los valores de amplitud térmica medidos en los puntos de medición 24 permite determinar la conductividad térmica (o las magnitudes derivadas de ella, como la difusividad o efusividad térmica). A partir de las propiedades conocidas del material, se obtienen las fuerzas de tracción/compresión.

10 Una variante perfeccionada del procedimiento prevé un calentamiento modulado en el tiempo de la zona de medición 19 o del respectivo punto de medición 24. Por ejemplo, el láser se activa con una señal sinusoidal de modo que la energía de radiación emitida siga una curva sinusoidal. La curva de temperatura medida en el respectivo punto de medición 24 se evalúa en la gama de frecuencias. Esta evaluación se apoya en los correspondientes métodos de análisis de frecuencia.

15 Para una evaluación precisa, se determina un desfase entre el curso modulado de la energía introducida y el curso de temperatura registrado. Para poder determinar el desfase con precisión, la curva de temperatura registrada se descompone en varios espectros continuos mediante la transformación de Fourier. De este modo, se puede comparar una frecuencia del láser con una frecuencia de la curva de temperatura.

Las relaciones físicas entre un perfil de temperatura y un esfuerzo de tracción/compresión se describen en la publicación Huiting Huan et al, "Non-destructive and non-contacting stress-strain characterization of aerospace metallic alloys using photo-thermo-mechanical radiometry, NDT&E International 84 (2016), 47-53, Elsevier Ltd."

20 Además, basándose en las propiedades conocidas del material, se pueden identificar las composiciones de aleación del material del raíl mediante el calentamiento modulado en el tiempo y una evaluación de la curva de temperatura en el rango de frecuencias.

25 En la figura 4 se representa otra variante para una disposición de la fuente de calor 8 y del detector de temperatura 9. En este caso, la fuente de calor 8 actúa sobre un lado del raíl 2, mientras que el detector de temperatura del raíl 9 se dirige hacia un lado opuesto del raíl 2 en dirección transversal de la vía 15. Gracias a esta separación en el espacio de estos componentes del sistema 8, 9, se puede descartar una influencia de los componentes entre sí. Esto se traduce, en particular, en una mejora de la calidad de la señal.

30 En la figura 1, el respectivo detector de temperatura de raíl 9 se apoya adicionalmente de manera desplazable en una dirección longitudinal de raíl 25. Durante un avance de la máquina, el detector de temperatura del raíl 9 se mueve cíclicamente hacia adelante y hacia atrás. El movimiento de retroceso se coordina con el movimiento de avance del vehículo ferroviario 6 para mantener el detector de temperatura del raíl 9 durante el proceso de medición por encima de un punto de medición 24. En un punto de inversión, el detector de temperatura de raíl 9 vuelve a su posición inicial en la dirección de marcha 23 y el ciclo de medición vuelve a comenzar. Como consecuencia, se consigue una duración de medición más larga. Además, esta disposición es adecuada para el uso de un detector de infrarrojos de medición
35 puntual, por lo que no es necesario parar el vehículo ferroviario 6 durante un proceso de medición.

REIVINDICACIONES

1. Sistema (1) para el registro de un esfuerzo mecánico de tracción/compresión de un raíl (2) de una vía (3), en particular para la determinación de la temperatura neutra, que comprende un vehículo ferroviario (6), un detector de temperatura de raíl (9) dispuesto en el mismo y un dispositivo de evaluación (14), caracterizado por que el sistema (1) comprende una fuente de calor (8) para el calentamiento específico de una zona de medición (19) del raíl (2), por que el detector de temperatura del raíl (9) está diseñado para la detección de la temperatura durante una fase de calentamiento y/o enfriamiento de la zona de medición (19), y por que el dispositivo de evaluación (14) está configurado para determinar una conductividad térmica del material del raíl a la vista de los datos de temperatura registrados y para derivar de éstos el esfuerzo de tracción-compresión del raíl (2).
2. Sistema (1) según la reivindicación 1, caracterizado por que la fuente de calor (8) se guía a distancia y especialmente a una velocidad continua a lo largo del raíl (2).
3. Sistema (1) según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que el detector de temperatura de raíl (9) se dispone mediante un dispositivo de guía (10) en el vehículo ferroviario (6).
4. Sistema (1) según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el detector de temperatura de raíl (9) se diseña a modo de detector de infrarrojos de medición puntual.
5. Sistema (1) según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el detector de temperatura de raíl (9) se diseña como cámara de infrarrojos.
6. Sistema (1) según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que la fuente de calor (8) se diseña como láser.
7. Sistema (1) según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que la fuente de calor (8) se diseña como bobina de inducción.
8. Sistema (1) según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que la fuente de calor (8) y el detector de temperatura de raíl (9) se activan por medio de un dispositivo de control común (13).
9. Sistema (1) según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que la fuente de calor (8) y el detector de temperatura de raíl (9) se orientan en la misma dirección para registrar las temperaturas de una superficie de raíl irradiada.
10. Sistema (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que la fuente de calor (8) y el detector de temperatura de raíl (9) se orientan en direcciones opuestas para registrar las temperaturas en la cara posterior de un alma de raíl irradiada por la cara anterior.
11. Procedimiento para el registro de un esfuerzo de tracción/compresión de un raíl (2) de una vía (3), especialmente para la determinación de la temperatura neutra, mediante un sistema (1) según una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado por que la zona de medición (19) del raíl (2) se calienta por medio de una fuente de calor (8), con lo que se produce una excitación térmica de la zona de medición (19), por que se registra un comportamiento de calentamiento y/o enfriamiento que se produce en la zona de medición (19) del raíl (2) por medio del detector de temperatura del raíl (9), que se evalúa por medio del dispositivo de evaluación (14) de manera que se determine la conductividad térmica del material del raíl y se derive de ella el esfuerzo de tracción-compresión del raíl (2).
12. Procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado por que durante un avance de la máquina se registra una curva temporal de temperatura de una zona de medición (19) adaptada a una velocidad de marcha.
13. Procedimiento según la reivindicación 11 o 12, caracterizado por que la zona de medición (19) se excita térmicamente con una curva de energía modulada.
14. Procedimiento según la reivindicación 13, caracterizado por que se determina un desfase entre la curva de energía modulada y una curva de temperatura registrada.

Fig. 1

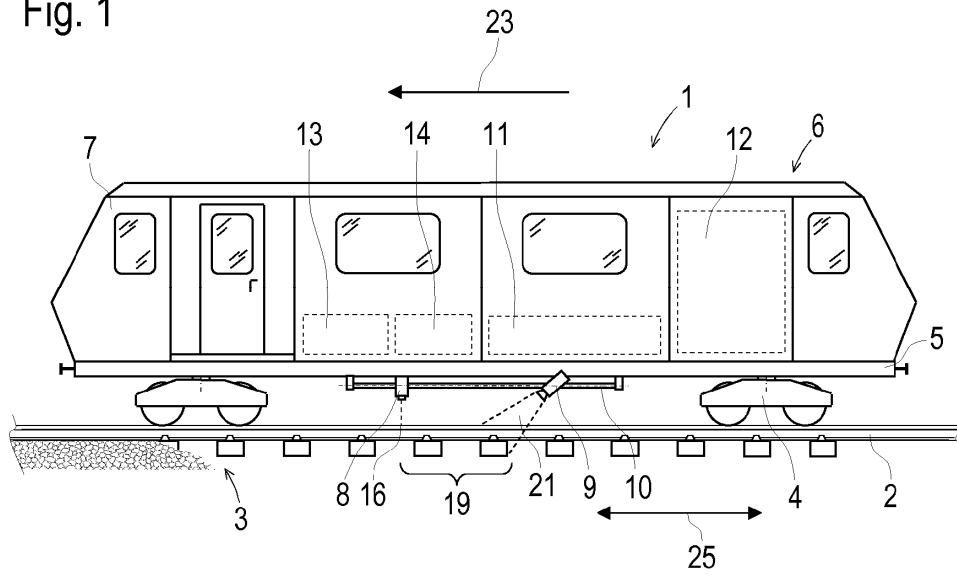


Fig. 2

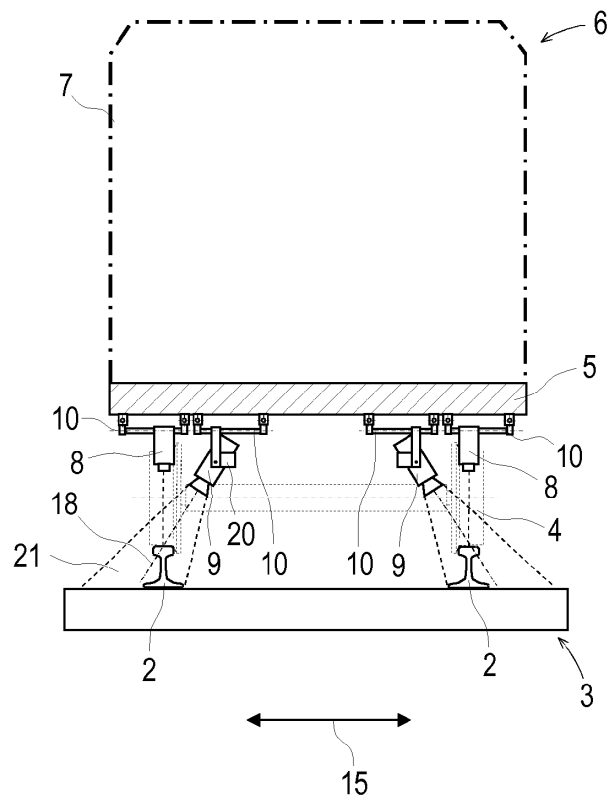


Fig. 3

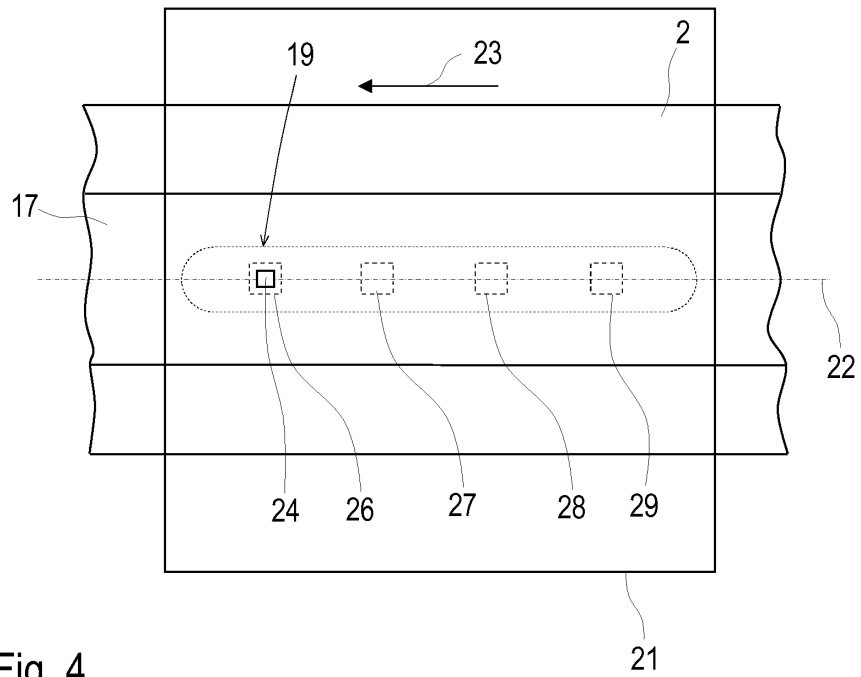


Fig. 4

