

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 029 957**

51 Int. Cl.:

**E01B 27/17** (2006.01)

**E01B 35/00** (2006.01)

**E01B 29/04** (2006.01)

**E01B 35/08** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.06.2022** **PCT/EP2022/066110**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.12.2022** **WO22268566**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.06.2022** **E 22733082 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.03.2025** **EP 4359609**

54 Título: **Método y sistema para corregir los errores en la posición vertical de una vía**

30 Prioridad:

**21.06.2021 AT 505022021**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**26.06.2025**

73 Titular/es:

**PLASSER & THEURER EXPORT VON  
BAHNBAUMASCHINEN GESELLSCHAFT M.B.H.  
(100.00%)  
Johannesgasse 3  
1010 Wien, AT**

72 Inventor/es:

**DAXBERGER, HARALD;  
PRÖLL, MARKUS y  
AUER, FLORIAN**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 3 029 957 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

Método y sistema para corregir los errores en la posición vertical de una vía

### 5 Campo técnico

La invención se refiere a un método para corregir los errores en la posición vertical de una vía después de un proceso de levante y bateo, mediante un proceso de estabilización realizado por un estabilizador dinámico de vía, durante el cual un grupo de estabilización actúa sobre la vía en un punto de trabajo que va avanzado en la dirección de trabajo, en el que, antes del proceso de levante y bateo, se registran los datos de posición de la vía sin tratar y en el que, después del proceso de levante y bateo, se registran los datos de posición de la vía bateada en un punto de medición situado delante del grupo de estabilización en dirección de trabajo. La invención se refiere, asimismo, a un sistema para ejecutar el método.

### 15 Estado de la técnica

El documento WO 2006/056215 A1 describe un método para corregir los errores en la posición vertical (errores de nivelación longitudinal) de una vía sobre balasto, en el que esta se levanta hasta una posición teórica provisional, se batea y después se asienta de forma controlada en el marco de un proceso de estabilización de vía hasta una posición teórica definitiva mediante la aplicación de una carga vertical estática combinada con vibraciones horizontales.

Para el levante y el bateo se predefine un sobrelevante específico de la vía en función de los errores de nivelación, para así poder compactar más los tramos de vía con mayores errores de nivelación mediante la subsiguiente estabilización de la vía. Con esto se busca prevenir el rápido retroceso de la vía a la antigua posición errónea a causa de las cargas de tráfico.

En este método bien conocido, denominado habitualmente "*Design Overlift*", el valor de sobrelevante correspondiente se predefine en base a datos empíricos. Esto permite corregir errores aislados de forma duradera. No obstante, en algunas zonas de trabajo este procedimiento produce un sobrelevante innecesariamente elevado, con la consiguiente necesidad de un mayor volumen de balasto.

En la patente AT 519317 A1 se describe un método modificado en el que, antes de un proceso de levante y bateo, se crea una trayectoria de la posición real suavizada a partir de la trayectoria de la posición real de la vía sin tratar. El valor de sobrelevante correspondiente se predefine posteriormente en función de esta trayectoria de la posición real de la vía con respecto a la trayectoria de la posición real casi suavizada. Con este método solo se tratan con un valor de sobrelevante los errores en la posición de vía de onda corta. Los asentamientos de onda larga se omiten a la hora de definir el valor de sobrelevante.

Otro método para la corrección de la posición de vía mediante un estabilizador dinámico de vía se describe en el documento EP 0 952 254 A1. Aquí, el estabilizador dinámico de vía es operado con una carga vertical estática modificable para eliminar los errores en la posición de vía de onda larga después de un proceso de levante y bateo. Partiendo de una medición realizada en la vía ya bateada, se calcula una nueva posición teórica de la vía, y los valores de corrección derivados de esta nueva posición determinan la modificación de la carga vertical estática.

Un método parecido se conoce por el documento WO 2020/177967 A1, que permite alcanzar, por medio de la retirada del balasto en los extremos de las traviesas con el dispositivo lateral de excavación correspondiente, un mayor asentamiento de la vía al utilizar un estabilizador dinámico de vía.

### Descripción de la invención

La invención tiene por objeto mejorar un método del tipo anteriormente mencionado con respecto al estado de la técnica en el sentido de que, después del proceso de estabilización, se obtenga una posición de vía óptima con independencia del tipo y magnitud de los errores existentes en la vía. Asimismo, también es objeto de la invención indicar un sistema correspondiente.

Según la invención, estos objetivos se alcanzan mediante las características de las reivindicaciones independientes 1 y 8. Los desarrollos ventajosos ulteriores de la invención se derivan de las reivindicaciones dependientes.

En este caso, se registran datos adicionales de la posición de la vía ya estabilizada y asentada en un punto de medición posterior, situado después del grupo de estabilización en dirección de trabajo y fuera del área de influencia del grupo de estabilización, pilotándose el estabilizador dinámico de vía durante el proceso de estabilización en función de los datos de posición de la vía sin tratar y de la vía bateada en el punto de trabajo, así como de los datos de posición de la vía estabilizada y asentada en el punto de medición posterior. Junto con las mediciones realizadas antes y después del proceso de levante y bateo, la medición posterior adicional de la posición de la vía después del proceso de estabilización permite una regulación exacta del estabilizador dinámico de vía. En concreto, para el pilotaje regulado del estabilizador dinámico de vía se toma como base la posición de la vía medida tanto antes como después del proceso de levante y bateo, así como la posición de la vía medida después del proceso de estabilización. De este

modo, tras una fase inicial de estabilización, los errores residuales restantes tienden a cero, dando como resultado una posición de vía óptima. Con el pilotaje regulado del estabilizador dinámico de vía se eliminan, en particular, los errores residuales registrados después del proceso de levante y bateo.

En un desarrollo ulterior del método se predefinen los datos para una posición teórica definitiva de la vía, pilotándose adicionalmente el estabilizador dinámico de vía durante el proceso de estabilización en función de los datos de corrección derivados de los datos de posición teórica y de los datos de posición de la vía sin tratar para cada punto de trabajo. Así, los datos de medición de los errores aislados y de otros errores pronunciados en la posición de la vía sin tratar se transmiten directamente al pilotaje del estabilizador dinámico de vía, con lo que se minimizan proactivamente los desfases en la regulación. Con esta ampliación del método se produce, en particular, una compensación activa de los sobrelevantes irregulares que resultan del proceso previo de levante y bateo con *Design-Overlift*.

Ventajosamente, para registrar los datos de posición de vía en el punto de medición correspondiente, se miden, respectivamente, una inclinación longitudinal o nivelación longitudinal y una inclinación transversal o peralte de la vía. En una curva, se registra preferentemente la inclinación longitudinal o nivelación longitudinal del carril interior. De forma relativa, la inclinación transversal o peralte indica la posición del carril exterior. De este modo, se registran como datos de posición de vía las posiciones verticales (posiciones de altura) de ambos carriles en diferentes estados de tratamiento.

En una realización ventajosa del método, durante el proceso de estabilización se modifica al menos uno de los siguientes parámetros operativos del estabilizador dinámico de vía en función de los datos de posición de vía registrados: una frecuencia de vibración del grupo de estabilización, una velocidad de marcha del estabilizador dinámico de vía, una carga vertical del grupo de estabilización que actúa sobre un carril izquierdo de la vía, una carga vertical del grupo de estabilización que actúa sobre un carril derecho de la vía y una carga vertical total aplicada por el grupo de estabilización sobre la vía.

El proceso de estabilización se inicia oportunamente con un valor inicial predefinido para el correspondiente parámetro operativo, calculándose durante el proceso de estabilización continuamente un valor adaptado para dicho parámetro operativo mediante un algoritmo instalado en una unidad de cálculo. El recálculo continuo del correspondiente parámetro operativo modificable provoca una adaptación inmediata del proceso de estabilización a las diversas influencias inherentes al sistema o externas.

Preferiblemente, el algoritmo incorpora factores de ponderación para el correspondiente parámetro operativo, que se adaptan continuamente mediante una regulación. Por ejemplo, se implementa una fórmula con factores de ponderación propios para cada parámetro operativo modificable en la unidad de cálculo. Así, el pilotaje regulado del estabilizador dinámico de vía se produce únicamente a través de una adaptación continua de los factores de ponderación. Un algoritmo de este tipo ofrece una regulación de alta calidad, ya que la característica de la trayectoria de regulación en cuestión y la dinámica de la regulación se predefinen por separado. En cada fórmula de parámetro operativo se describen la interacción concreta entre el parámetro operativo correspondiente y los datos de posición de vía registrados. Una lógica de adaptación de los factores de ponderación almacenada determina la dinámica de regulación.

Según la invención, el estabilizador dinámico de vía cuenta con un sistema de medición de posición de vía que comprende varios dispositivos de medición, registrándose la posición de vía correspondiente para cada punto de medición mediante los dispositivos de medición asignados y con respecto a un sistema de referencia común. De este modo, los datos de la posición de la vía, que va cambiando durante el tratamiento, se recopilan durante el avance del estabilizador dinámico de vía. Un punto de la vía observado se encuentra inicialmente delante del grupo de estabilización, donde se registra la posición de vía después del proceso de levante y bateo. Debido al movimiento de avance del estabilizador dinámico de vía, durante el asentamiento regulado de la vía por medio del grupo de estabilización, este mismo punto de la vía pasa a ser el punto de trabajo actual, con un punto de medición situado inmediatamente detrás. En el caso de un grupo doble, este punto de medición preferentemente se encuentra entre dos unidades de grupo de estabilización. En el punto de medición posterior, ya fuera del área de influencia del grupo de estabilización, se registran los datos de posición de la vía asentada. Por tanto, cada punto de medición corresponde a un punto de la vía observado en la secuencia temporal de un avance de trabajo.

En un desarrollo ulterior de esta mejora, el sistema de referencia está formado por una cámara fijada en uno de los dispositivos de medición y una marca de referencia, fijada en otro dispositivo de medición y posicionada en el área de captura de la cámara, captándose mediante la cámara las marcas de medición fijadas en los demás dispositivos de medición, para así registrar los datos de posición de vía. Un sistema de medición óptica de este tipo proporciona resultados de medición precisos para varios puntos de medición, y el sistema de referencia común simplifica el procesamiento posterior de los datos de posición de vía obtenidos. En un desarrollo ulterior oportuno hay fijada una marca de referencia directamente en el grupo de estabilización. El punto de medición correspondiente coincide, por tanto, con el punto de trabajo. Así, la cámara también capta las amplitudes de vibración del grupo de estabilización. Esta magnitud de medición adicional se puede utilizar como un parámetro más para regular el proceso de estabilización.

El sistema según la invención para llevar a cabo uno de los métodos descritos comprende un sistema de medición de posición de vía y un estabilizador dinámico de vía con un grupo de estabilización para corregir errores en la posición vertical de una vía en un punto de trabajo que va avanzando, estando el sistema de medición de posición de vía configurado para registrar la posición de vía en un punto de medición situado delante del estabilizador dinámico de vía en dirección de trabajo y en un punto de medición posterior situado detrás del estabilizador dinámico de vía en dirección de trabajo y fuera del área de influencia del grupo de estabilización, donde el estabilizador dinámico de vía comprende un dispositivo de control al que se transmiten los datos de posición de vía registrados mediante el sistema de medición de posición de vía, y donde el dispositivo de control está configurado para pilotar el estabilizador dinámico de vía en función de los datos de posición de vía asignados al punto de trabajo y de los datos de posición de la vía estabilizada y asentada asignados al punto de medición posterior fuera del área de influencia del grupo de estabilización.

Ventajosamente, el dispositivo de control comprende una unidad de cálculo en la que está implementado un algoritmo para recalcular al menos un parámetro operativo del estabilizador dinámico de vía sobre la base de los datos de posición de vía actualizados continuamente. De este modo, los errores registrados en la posición de la vía conducen a una adaptación casi en tiempo real del pilotaje del estabilizador dinámico de vía. El corto tiempo de reacción se traduce en una mejora adicional de la calidad de la posición de la vía corregida.

Ventajosamente, existe una distancia entre el punto de trabajo y el punto de medición posterior de entre 3m y 10m, y preferiblemente, de entre 5m y 8m. Esto garantiza que, después del proceso de estabilización, la posición real de la vía se pueda determinar sin interferencias en el punto de medición posterior. De este modo, la medición posterior proporciona datos especialmente precisos para un circuito de regulación que pilota el estabilizador dinámico de vía. Asimismo, el punto de medición posterior sigue al punto de trabajo a una distancia lo suficientemente corta, como para que, en caso necesario, se puedan realizar adaptaciones rápidas en la regulación.

En un desarrollo ulterior del sistema, el grupo de estabilización comprende un generador de vibraciones y unas tenazas formadas por rodillos de apriete que se pueden fijar a los carriles de la vía, y el grupo de estabilización se apoya con accionamientos de carga vertical controlables por separado contra el bastidor de la máquina. Con esta mejora se pueden aplicar diferentes cargas verticales sobre un carril izquierdo y un carril derecho de la vía. Esto permite una armonización precisa de los asentamientos obtenidos mediante el grupo de estabilización, y alcanzar así con exactitud la inclinación transversal o el peralte de la vía predefinidos.

Una ampliación ventajosa del sistema se refiere a una composición de máquinas, en la que se coloca una máquina bateadora directamente delante del estabilizador dinámico de vía en dirección de trabajo y en la que el sistema de medición de posición de vía comprende al menos un dispositivo de medición asignado a la máquina bateadora. En el caso de una máquina bateadora de trabajo continuo, existe la posibilidad de acoplarla permanentemente al estabilizador dinámico de vía. Una máquina bateadora de trabajo cíclico y un estabilizador dinámico de vía que circula detrás se operan sin acoplamiento mecánico. En ambas variantes, este sistema de medición de posición de vía ampliado se extiende también a puntos de medición de la máquina bateadora, con lo que se dispone directamente de datos de posición de vía adicionales para pilotar el estabilizador dinámico de vía.

Ventajosamente, el sistema de medición de posición de vía comprende un primer dispositivo de medición en el que está fijada una cámara, un segundo dispositivo de medición en el que está fijada una marca de referencia, y donde entre el primer y el segundo dispositivo de medición está fijado al menos otro dispositivo de medición con una marca de medición. Una configuración de medición óptica de este tipo ofrece resultados de medición exactos también a grandes distancias, al tiempo que permite filtrar de forma selectiva las interferencias producidas por las vibraciones.

Una mejora ulterior de este sistema de medición de posición de vía comprende un flash, que se puede activar junto con la cámara. De esta forma, es posible sincronizar la iluminación de las marcas de referencia y de las marcas de medición con un tiempo de exposición de la cámara y suprimir así las interferencias producidas por la luz solar u otras fuentes de luz.

Breve descripción de los dibujos

A continuación, la invención se explica a modo de ejemplo con referencia a las figuras adjuntas. Se muestran representaciones esquemáticas de:

- Fig. 1 Estabilizador dinámico de vía detrás de una máquina bateadora
- Fig. 2 Sistema de medición de posición de vía con cinco dispositivos de medición en una vista en planta
- Fig. 3 Grupo de estabilización con un bastidor de máquina y una vía en una vista de sección
- Fig. 4 Configuración de medición óptica con marcas pasivas
- Fig. 5 Configuración de medición óptica con marcas activas
- Fig. 6 Configuración de medición óptica con marcas redundantes

Descripción de las realizaciones

Un estabilizador dinámico de vía (DGS) 1, como el mostrado en la Fig. 1, es una máquina de construcción de vía autónoma con un bastidor de máquina 2, que se apoya sobre trenes de rodadura para vía 3 y puede desplazarse sobre una vía 4. En el ejemplo descrito, este estabilizador dinámico de vía 1 es operado junto con una máquina bateadora 5. No obstante, la invención también se refiere a un método en el que el estabilizador dinámico de vía 1 se utiliza de forma independiente en el tiempo de una máquina bateadora 5.

En una variante no mostrada aquí, la máquina bateadora 5 y el estabilizador dinámico de vía 1 forman una máquina de construcción de vía combinada. En este caso, el movimiento de avance cíclico de un grupo de bateo 6 está adaptado al movimiento de avance continuo del estabilizador dinámico de vía 1 mediante, por ejemplo, un bastidor auxiliar desplazable longitudinalmente (satélite).

La máquina bateadora 5 de trabajo cíclico mostrada en la Fig. 1 está situada delante del estabilizador dinámico de vía 1 con respecto a una dirección de trabajo 7. La representación exagerada de la trayectoria de la posición de la vía que va cambiando durante el proceso de trabajo sirve para una mejor visualización. Un tren de rodadura para vía 3 delantero de la máquina bateadora 1 se desplaza sobre la vía 4 sin tratar. Delante de este tren de rodadura se encuentra un dispositivo de medición 8 para el registro de una posición real de este tramo de vía sin tratar. Este dispositivo de medición 8 es un elemento de un sistema de medición de posición de vía 9 para registrar los datos de posición de vía en diferentes puntos de medición 10. De forma complementaria o en una realización alternativa del método, los datos de posición de la vía 4 sin tratar se registran mediante un vehículo de auscultación de vía independiente.

En el ejemplo de la Fig. 1, la máquina bateadora 1 tiene asignado como sistema de referencia un sistema de medición 9 con cuerdas de medición. El estabilizador dinámico de vía 1 comprende otro sistema de medición 9 con cuerdas de medición propias. En las máquinas operadas en composición 1, 5, estos dos sistemas de medición 9 se combinan en un sistema de medición de posición de vía 9 común. Ventajosamente, todos los datos de posición de vía registrados se procesan mediante un dispositivo de evaluación 11 común. En su caso, los datos se transmiten entre la máquina bateadora 5 y el estabilizador dinámico de vía 1 a través de una interfaz aérea.

Posteriormente, los datos de posición de vía se transmiten a un dispositivo de control 12 para pilotar de forma adaptativa el estabilizador dinámico de vía 1. Los datos de posición de la vía sin tratar o de la vía 4 ya bateada registrados, en su caso, por un vehículo de auscultación independiente, se transfieren al dispositivo de control 12 con antelación o se transmiten a través de una conexión por radio.

Durante un proceso de levante y bateo se levanta un emparrillado de vía, formado por traviesas 13 y carriles 14 fijados a ellas, de un lecho de balasto 15. Para este fin, la máquina bateadora 5 comprende un grupo de levante 16, situado delante del grupo de bateo 6. Entre medias se encuentra otro dispositivo de medición 8 para registrar el levante realizado 17. Con la vía en posición levantada, los bates del grupo de bateo 6 penetran en el lecho de balasto 15. Bajo la aplicación de una vibración, se produce un movimiento de cierre de bates, durante el cual el balasto es empujado por debajo de las traviesas levantadas 13 y compactado. De este modo, la vía 4 queda fijada provisionalmente en una posición sobrelevantada.

En la variante mostrada, todos los dispositivos de medición 8 están diseñados como dispositivos guiados por los carriles. Cada dispositivo 8 comprende rodillos de pestaña que se aprietan contra los flancos interiores de los carriles 14 mediante un eje expansible. Una variante sin contacto del dispositivo de medición 8 correspondiente comprende una viga portadora, en la que están dispuestos unos sensores de medición (p.ej. escáner láser) enfocados hacia los carriles 14. Mediante estos sensores se registra la posición del dispositivo de medición 8 con respecto a los carriles 14.

En el último punto de medición 10 visto en dirección de trabajo 7 del sistema de medición de posición de vía 9 de la máquina bateadora 1 se encuentra, por ejemplo, un dispositivo de medición 8 con una unidad de medición inercial (IMU) 18. Esta está montada sobre un bastidor de medición 19 que se desplaza sobre los carriles 14 guiado por cuatro rodillos de pestaña. Con este dispositivo de medición 8 se registran según el método conocido los datos de posición de la vía bateada 4. Al mismo tiempo, el dispositivo de medición 8 sirve como unidad de referencia trasera de un sistema de medición por cuerdas instalado en la máquina bateadora 5.

La posición sobrelevantada de la vía se asienta en un proceso de estabilización posterior hasta la posición teórica definitiva de la vía 20. Aquí es donde interviene el estabilizador dinámico de vía 1. El pilotaje del estabilizador dinámico de vía 1 se realiza en función de los datos de medición registrados en varios puntos de medición 10, incluido un punto de medición posterior 21. En concreto, mediante el estabilizador dinámico de vía 1 se produce un asentamiento regulado de la vía 4 en un punto de trabajo 22 que va avanzando junto con la máquina 1 en dirección de trabajo 7.

En este punto de trabajo 22 hay fijado a los carriles 14 un grupo de estabilización 23 mediante tenazas formadas por rodillos de apriete 24 (Fig. 3). Un generador de vibraciones 25, dispuesto sobre el grupo de estabilización 23, somete el emparrillado de vía a vibraciones horizontales en el área del punto de trabajo 22 a una frecuencia predefinida. El grupo de estabilización 23 se apoya contra el bastidor de la máquina 2 con accionamientos de carga vertical 26, cada uno de los cuales está asignado al carril 14 que tiene debajo. Estos accionamientos de carga vertical 26 están

diseñados, por ejemplo, como cilindros hidráulicos controlables por separado. Cambiando la presión aplicada, se puede modificar la carga vertical estática que actúa sobre el carril 14 asignado a través de los rodillos de pestaña 27 del grupo de estabilización 23. Inmediatamente detrás del punto de trabajo 22 hay dispuesto un dispositivo de medición 8 para registrar el asentamiento de la vía realizado.

En un sistema de medición de posición de vía diseñado como un sistema de medición de cuerdas 9, este dispositivo de medición 8 sirve, por un lado, para la regulación del asentamiento de la vía 4 y, por otro lado, para la medición posterior de la posición real 28 de la vía sin interferencias después de la estabilización. En el ejemplo mostrado, sobre el estabilizador dinámico de vía 1 hay dispuestos un total de cuatro dispositivos de medición 8. Visto desde delante, el primer dispositivo de medición 8 se desplaza sobre un tramo de vía con una posición de vía sobrelevantada. El segundo dispositivo de medición 8 se encuentra directamente detrás del grupo de estabilización 23. Más atrás están dispuestos el tercer y el cuarto dispositivo de medición 8, separados entre sí por distancias definidas.

Los cuatro dispositivos de medición 8 forman, junto con las cuerdas de medición correspondientes, dos sistemas de medición de tres puntos. Para la regulación del asentamiento hay tensada una cuerda sobre cada carril 14 entre el primer y el tercer dispositivo de medición 8. El sistema de referencia para la medición posterior de la vía 4 sin interferencias está formado por cuerdas de medición tensadas entre el segundo y el cuarto dispositivo de medición 8. En el dispositivo de medición 8 correspondiente, posicionado entre éstos, se mide la distancia (flecha) con respecto a la cuerda de medición asignada, de la que se deriva la posición de la vía con el conocido principio de medición de cuerdas móviles. Aquí, la posición del tercer dispositivo de medición 8 la define el punto de medición posterior 21. Para registrar con precisión la posición de la vía 4 sin interferencias, la distancia  $a$  entre el punto de medición posterior 21 y el punto de trabajo 22 es de, por ejemplo, 6m. Alternativamente, el tercer dispositivo de medición 8 está diseñado como carro de medición provisto de una unidad de medición inercial 18 dispuesta sobre un bastidor de medición 19. En este caso, la medición posterior se realiza únicamente con este dispositivo de medición 8 adaptado.

El grupo de estabilización 23 está diseñado o como grupo simple o como grupo doble. Un grupo doble comprende dos unidades de grupo con prácticamente la misma estructura, que se desplazan sobre la vía 4 una detrás de la otra. En la Fig. 1 se muestra una segunda unidad de grupo de este tipo con líneas de puntos. Con un grupo doble se pueden aplicar simultáneamente vibraciones de diferente orientación a la vía 4, lo que da lugar a más parámetros operativos modificables que con un grupo simple.

Según la invención, durante un proceso de estabilización se modifica al menos un parámetro operativo del estabilizador dinámico de vía 1 en función de los datos de posición de vía registrados. Aquí es fundamental que se registren los datos de posición de vía en varios puntos de medición 10, 21, concretamente, en los puntos de medición 10, situados delante del grupo de estabilización 23, y en un punto de medición posterior 21, situado detrás del grupo de estabilización 23. En el ejemplo de la Fig. 1, las mediciones correspondientes se llevan a cabo mediante los sistemas de medición de tres puntos descritos y la unidad de medición inercial 18.

En una variante mejorada, la medición de la posición de la vía que va cambiando durante el proceso de trabajo se realiza con un sistema de medición óptica 9, tal y como se muestra en la Fig. 2. La ventaja de esta variante es un sistema de referencia común para todas las mediciones realizadas. Visto en la dirección de trabajo 7, un dispositivo de medición 8 trasero comprende una cámara 29 enfocada a todos los dispositivos de medición 8 situados delante. Sobre cada uno de estos dispositivos de medición 8 situados delante hay fijada una marca de medición 30, de las cuales una está definida como marca de referencia 30. Entre la marca de referencia 30 y la cámara 29 se tensa una cuerda óptica virtual 31, que sirve de base de referencia para la posición de las demás marcas de medición 30. Todas las marcas 30 del sistema de medición 9 se encuentran dentro del área de captura 32 de la cámara 29. La marca de medición o de referencia 30 correspondiente comprende, por ejemplo, una retícula sobre una superficie reflectante.

En la unidad de evaluación 11 del sistema de medición de posición de vía 9 se evalúan continuamente las imágenes captadas por la cámara 29. A este respecto, se conocen las distancias entre los dispositivos de medición 8 y la escala de representación de la cámara 29. En base a estas proporciones conocidas, la unidad de evaluación 11 calcula, a partir del desplazamiento de una marca de medición 30 representada en un sensor de imágenes, un cambio de posición real de la marca de medición 30 con respecto a la cuerda óptica 31. En un sistema de coordenadas predefinido  $x, y, z$  se obtienen los valores de desplazamiento correspondientes  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  (Fig. 4). Estos valores de desplazamiento  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  calculados corresponden a valores de flecha que se registran con un sistema de medición de cuerdas convencional.

Ventajosamente, la cámara 29 está configurada para captar imágenes monocromáticas, con el fin de optimizar la evaluación. La resolución del sensor de imágenes es de, por ejemplo, 5 megapíxeles. Esto permite detectar desplazamientos milimétricos de las marcas de medición 30. Una frecuencia de grabación de aprox. 200 Hz garantiza la identificación inmediata de los cambios de posición. Esto supone que se realizan aprox. 200 mediciones por segundo.

En un desarrollo ulterior ventajoso, la cámara 29 está acoplada a un flash 33. A modo de ejemplo, alrededor de un objetivo de la cámara 29 hay dispuestos varios LEDs de alta potencia para emitir destellos sincronizados con el disparo de la cámara 29 en dirección a las marcas de medición 30. En esta realización, las marcas de medición 30 son

elementos pasivos del sistema de medición de posición de vía 9 (Fig. 4). La marca de medición 30 correspondiente puede consistir, por ejemplo, en una lámina retrorreflectante pegada a una superficie adecuada del dispositivo de medición 8 asignado.

5 En la Fig. 5 se representan marcas de medición 30 activas. Estas se activan junto con la cámara 29 y lucen en dirección a la cámara 29.

Preferiblemente, también aquí se utilizan LEDs de alta potencia, que emiten destellos sincronizados con el disparo de la cámara 29. La marca de medición 30 correspondiente comprende una lámina transparente retroiluminada con luz difusa por un flash LED 33. En comparación con una marca de medición pasiva, esto permite alcanzar una mayor intensidad de luz, lográndose mejores resultados, sobre todo, en entornos polvorientos y con meteorología adversa.

Otra mejora del sistema de medición de posición de vía 9 utilizado en la presente invención se muestra en la Fig. 6. Aquí se toma en consideración que, en casos excepcionales, puede haber obstáculos 34 entre la cámara 29 y las marcas de medición 30. Por ejemplo, en caso de grandes desviaciones en curvas, algún componente del grupo puede llegar a bloquear temporalmente el eje de visión correspondiente. Por ello, se han asignado varias marcas de medición 30 redundantes a un dispositivo de medición 8, de modo que la posición del dispositivo de medición 8 pueda registrarse de forma fiable, incluso cuando una de las marcas de medición 30 no aparezca en la captura de la cámara 29.

20 Partiendo de los datos de posición de vía registrados, se adaptan continuamente, por ejemplo, los siguientes parámetros operativos del estabilizador dinámico de vía 1:

$f_{dgs}$	Frecuencia de vibración del generador de vibraciones 25
$a_{ldgs}$	Carga vertical del grupo de estabilización 23 sobre el carril izquierdo 14
$a_{rdgs}$	Carga vertical del grupo de estabilización 23 sobre el carril derecho 14
$a_{gdgs}$	Carga vertical total
$v_{dgs}$	Velocidad de paso (velocidad de avance) del grupo de estabilización 23

Los datos de posición de vía registrados delante del grupo de estabilización 23 en dirección de trabajo 7 son asignados al punto de trabajo 22 actual. Esto significa que, antes del proceso de estabilización, se registran todos los datos de posición de vía con una localización asignada con respecto a la vía 4. Los datos de posición de vía se completan, por ejemplo, con datos de posición de un sistema de navegación por satélite (datos GNSS). Conocidas las distancias entre los puntos de medición 10 y el punto de trabajo 22, se puede establecer una referencia simple en base al recorrido registrado.

35 En concreto, se registran con antelación los siguientes datos de medición, con el fin de utilizarlos después para adaptar los parámetros operativos cuando el punto de medición 10 correspondiente equivalga al punto de trabajo 22 actual:

$h_{ivs}$	Nivelación longitudinal real de la vía 4 sin tratar
$q_{ivs}$	Inclinación transversal real (peralte real) de la vía 4 sin tratar
$h_{ind}$	Nivelación longitudinal real de la vía 4 bateada
$q_{ins}$	Inclinación transversal real (peralte real) de la vía 4 bateada

Adicionalmente, se utilizan valores predefinidos para una posición teórica definitiva de la vía a efectos de adaptar los parámetros operativos:

$h_s$	Nivelación longitudinal teórica de la vía 4 tratada y terminada
$q_s$	Inclinación transversal teórica (peralte teórico) de la vía 4 tratada y terminada

50 Unas fórmulas de ejemplo para la adaptación continua de los parámetros operativos utilizan los factores de ponderación siguientes:

$g_{f1}$	1er factor de ponderación para la frecuencia de vibración
$g_{f2}$	2º factor de ponderación para la frecuencia de vibración
$g_{a1}$	1er factor de ponderación para la carga vertical
$g_{a2}$	2º factor de ponderación para la carga vertical
$g_{a3}$	3er factor de ponderación para la carga vertical
$g_{a4}$	4º factor de ponderación para la carga vertical
$g_{v1}$	1er factor de ponderación para la velocidad de paso
$g_{v2}$	2º factor de ponderación para la velocidad de paso

Al inicio de una obra, para los parámetros operativos se utilizan los valores iniciales siguientes:

$f_0$	Valor inicial para la frecuencia de vibración
$a_0$	Valor inicial para la carga vertical derecha e izquierda
$v_0$	Valor inicial para la velocidad de paso

Las fórmulas siguientes están almacenadas en el dispositivo de control 12 para adaptar los parámetros operativos del estabilizador dinámico de vía 1 al punto de trabajo actual 22 durante un proceso de estabilización:

$$\begin{aligned} f_{dgs} &:= f_0 + g_{f1} \cdot (h_s - h_{ivs}) + g_{f2} \cdot (h_{ins} - h_s) \\ a_{dgs} &:= a_0 + g_{a1} \cdot (q_s - q_{ivs}) + g_{a2} \cdot (q_{ins} - q_s) + g_{a3} \cdot (h_s - h_{ivs}) + g_{a4} \cdot (h_{ins} - h_s) \\ a_{rdgs} &:= a_0 - g_{a1} \cdot (q_s - q_{ivs}) - g_{a2} \cdot (q_{ins} - q_s) + g_{a3} \cdot (h_s - h_{ivs}) + g_{a4} \cdot (h_{ins} - h_s) \\ v_{dgs} &:= v_0 + g_{v1} \cdot (h_s - h_{ivs}) + g_{v2} \cdot (h_{ins} - h_s) \\ a_{gdgs} &:= a_{dgs} + a_{rdgs} \end{aligned}$$

Gracias a los efectos del estabilizador dinámico 1, a su paso se produce un asentamiento de la vía 4 y una modificación de la nivelación longitudinal y/o del peralte. Estas modificaciones son registradas por la medición posterior de la posición de vía. Para la adaptación de la corrección de la posición de vía y de los parámetros operativos se utilizan, por tanto, los siguientes datos de posición de vía:

$h_{ind}$  Nivelación longitudinal real de la vía 4 estabilizada  
 $q_{ind}$  Inclinación transversal real (peralte real) de la vía 4 estabilizada

A modo de ejemplo, se llevó a cabo una adaptación iterativa de los parámetros operativos mediante las siguientes fórmulas almacenadas en el dispositivo de control 12:

$$\begin{aligned} \Delta h &:= (h_s - h_{ind}) \\ \Delta q &:= (q_s - q_{ind}) \\ g_{f1}(n+1) &:= g_{f1}(n) + k_{gf1} \cdot \Delta h \\ g_{f2}(n+1) &:= g_{f2}(n) + k_{gf2} \cdot \Delta h \\ g_{a1}(n+1) &:= g_{a1}(n) + k_{ga1} \cdot \Delta q \\ g_{a2}(n+1) &:= g_{a2}(n) + k_{ga2} \cdot \Delta q \\ g_{a3}(n+1) &:= g_{a3}(n) + k_{ga3} \cdot \Delta h \\ g_{a4}(n+1) &:= g_{a4}(n) + k_{ga4} \cdot \Delta h \\ g_{v1}(n+1) &:= g_{v1}(n) + k_{gv1} \cdot \Delta h \\ g_{v2}(n+1) &:= g_{v1}(n) + k_{gv2} \cdot \Delta h \end{aligned}$$

Con la adaptación iterativa, los valores originales de los factores de ponderación se reemplazan por valores nuevos. Si después del proceso de estabilización tanto la inclinación transversal como la nivelación longitudinal coinciden con el valor teórico correspondiente, el estabilizador dinámico de vía 1 está ajustado a la perfección y no se produce una adaptación de los factores de ponderación.

Los factores  $k_{gf1}$ ,  $k_{gf2}$ ,  $k_{ga1}$ ,  $k_{ga2}$ ,  $k_{ga3}$ ,  $k_{ga4}$ ,  $k_{gv1}$ ,  $k_{gv2}$  utilizados determinan una amplificación de la regulación y se definen, por ejemplo, en ensayos o simulaciones. Lo mismo es válido para los valores iniciales de los parámetros operativos  $f_0$ ,  $a_0$ ,  $v_0$  y para los valores iniciales de los factores de ponderación  $g_{f1}(0)$ ,  $g_{f2}(0)$ ,  $g_{a1}(0)$ ,  $g_{a2}(0)$ ,  $g_{a3}(0)$ ,  $g_{a4}(0)$ ,  $g_{v1}(0)$ ,  $g_{v2}(0)$ . Al ejecutar el método con frecuencia, se obtienen valores empíricos, por lo que al inicio de una obra se encuentran disponibles los valores adecuados.

En el método ampliado con la máquina bateadora 5, a ésta se le especifican los siguientes valores de sobrelevante (valores de corrección):

$$\begin{aligned} h_{ks} &:= (h_s - h_{ivs}) \cdot F_h \\ q_{ks} &:= (q_s - q_{ivs}) \cdot F_q \end{aligned}$$

En una realización simple se predefine un factor inalterable  $F_h$ ,  $F_q$  respectivamente para determinar los valores de sobrelevante. No obstante, también se pueden utilizar métodos conocidos para la adaptación continua de los sobrelevantes a condiciones de vía cambiantes.



## REIVINDICACIONES

1. Método para corregir los errores en la posición vertical de una vía (4) después de un proceso de levante y bateo, mediante un proceso de estabilización realizado por un estabilizador dinámico de vía (1), durante el cual un grupo de estabilización (23) actúa sobre la vía (4) en un punto de trabajo (22) que va avanzando en dirección de trabajo (7), en el que, antes del proceso de levante y bateo, se registran los datos de posición de la vía (4) sin tratar y en el que, después del proceso de levante y bateo, se registran los datos de posición de la vía (4) bateada en un punto de medición (10) situado delante del grupo de estabilización (23) en dirección de trabajo (7), **caracterizado por** que se registran datos adicionales de la posición de la vía (4) ya estabilizada y asentada en un punto de medición posterior (21), situado después del grupo de estabilización (23) en dirección de trabajo (7) y fuera del área de influencia del grupo de estabilización (23), por que el estabilizador dinámico de vía (1) es pilotado durante el proceso de estabilización en función tanto los datos de posición de la vía (4) sin tratar como de la vía bateada en el punto de trabajo (22), así como de los datos de posición de la vía (4) estabilizada y asentada en el punto de medición posterior (21), y por que el estabilizador dinámico de vía (1) cuenta con un sistema de medición de posición de vía (9) que comprende varios dispositivos de medición (8), y por que se registra la posición de vía correspondiente para cada punto de medición (10, 21) mediante los dispositivos de medición (8) asignados y con respecto a un sistema de referencia común.
2. Método conforme a la reivindicación 1, **caracterizado por** que se predefinen los datos para una posición teórica (20) de la vía (4), y por que se pilota adicionalmente el estabilizador dinámico de vía (1) durante el proceso de estabilización en función tanto de los datos de corrección derivados de los datos de posición teórica (20) como de los datos de posición de la vía (4) sin tratar para cada punto de trabajo (22).
3. Método conforme a una de las reivindicaciones 1 a 2, **caracterizado por** que para registrar los datos de posición de vía en el punto de medición (10, 21) correspondiente se miden, respectivamente, una inclinación longitudinal o nivelación longitudinal y una inclinación transversal o peralte de la vía (4).
4. Método conforme a una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por** que durante el proceso de estabilización se modifica al menos uno de los siguientes parámetros operativos del estabilizador dinámico de vía (1) en función de los datos de posición de vía registrados:
  - una frecuencia de vibración,
  - una velocidad de marcha ( $v_{dgs}$ ),
  - una carga vertical que actúa sobre el carril izquierdo ( $a_{ldgs}$ ),
  - una carga vertical que actúa sobre el carril derecho ( $a_{rdgs}$ ),
  - una carga vertical total.
5. Método conforme a la reivindicación 4, **caracterizado por** que el proceso de estabilización comienza con un valor inicial para el correspondiente parámetro operativo, calculándose durante el proceso de estabilización continuamente un valor adaptado para dicho parámetro operativo mediante un algoritmo instalado en una unidad de cálculo.
6. Método conforme a la reivindicación 5, **caracterizado por** que el algoritmo incorpora factores de ponderación para el correspondiente parámetro operativo y por que los factores de ponderación se adaptan continuamente mediante una regulación.
7. Método conforme a una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por** que el sistema de referencia está formado por una cámara (29) fijada en uno de los dispositivos de medición (8) y una marca de referencia (30), fijada en otro dispositivo de medición (8) y posicionada en el área de captura (32) de la cámara (29), y por que mediante la cámara (29) se capturan las marcas de medición (30) fijadas en los demás dispositivos de medición (8), para así registrar los datos de posición de vía.
8. Sistema para ejecutar un método conforme a una de las reivindicaciones 1 a 7, con un sistema de medición de posición de vía (9) y con un estabilizador dinámico de vía (1), que comprende un grupo de estabilización (23) para corregir los errores en la posición vertical de una vía (4) en un punto de trabajo (22) que va avanzando, **caracterizado por** que el sistema de medición de posición de vía (9) está configurado para registrar la posición de la vía en un punto de medición (10) situado delante del estabilizador dinámico de vía (1) en dirección de trabajo (7), así como en un punto de medición posterior (21), situado detrás del estabilizador dinámico de vía (1) en dirección de trabajo (7) y fuera del área de influencia del grupo de estabilización (23), por que el estabilizador dinámico de vía (1) comprende un dispositivo de control (12) al que se transmiten los datos de posición de vía registrados mediante el sistema de medición de posición de vía (9), y por que el dispositivo de control (12) está configurado para pilotar el estabilizador dinámico de vía (1) en función de los datos de posición de vía asignados al punto de trabajo (22) y de los datos de posición de la vía estabilizada y asentada asignados al punto de medición posterior (21) fuera del área de influencia del grupo de estabilización (23).

9. Sistema conforme a la reivindicación 8, **caracterizado por** que existe una distancia (a) entre el punto de trabajo (22) y el punto de medición posterior (21), de entre 3m y 10m, y preferiblemente, de entre 5m y 8m.
- 5 10. Sistema conforme a la reivindicación 8 o 9, **caracterizado por** que el dispositivo de control (12) comprende una unidad de cálculo en la que está implementado un algoritmo para recalcular al menos un parámetro operativo del estabilizador dinámico de vía (1) sobre la base de los datos de posición de vía actualizados continuamente.
- 10 11. Sistema conforme a una de las reivindicaciones 8 a 10, **caracterizado por** que el grupo de estabilización (23) comprende un generador de vibraciones (25) y unas tenazas formadas por rodillos de apriete (24) que se pueden fijar a los carriles (14) de la vía (4) y se apoya con accionamientos de carga vertical (26) controlables por separado contra el bastidor de la máquina (2).
- 15 12. Sistema conforme a una de las reivindicaciones 8 a 11, **caracterizado por** que se coloca una máquina bateadora (5) directamente delante del estabilizador dinámico de vía (1) en dirección de trabajo (7) y por que el sistema de medición de posición de vía (9) comprende al menos un dispositivo de medición (8) asignado a la máquina bateadora (5).
- 20 13. Sistema conforme a una de las reivindicaciones 8 a 12, **caracterizado por** que en un primer dispositivo de medición (8) está fijada una cámara (29), por que en un segundo dispositivo de medición (8) está fijada una marca de referencia (30) y por que entre el primer y el segundo dispositivo de medición (8) está fijado al menos otro dispositivo de medición (8) con una marca de medición (30).
- 25 14. Sistema conforme a la reivindicación 13, **caracterizado por** que el sistema de medición de la posición de la vía (29) comprende un flash (33), que se puede activar junto con la cámara (29).

Fig. 1

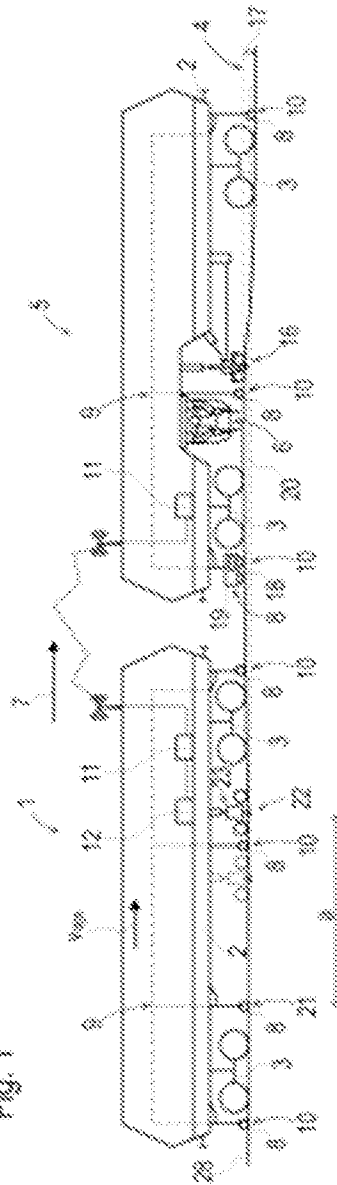


Fig. 2

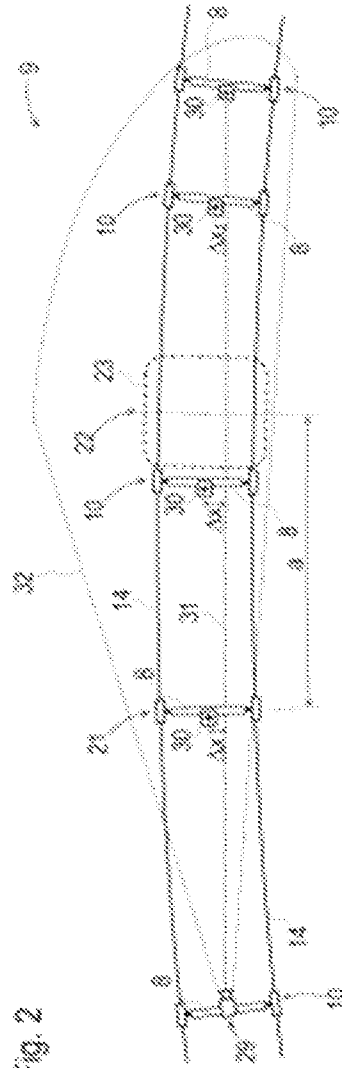


Fig. 3

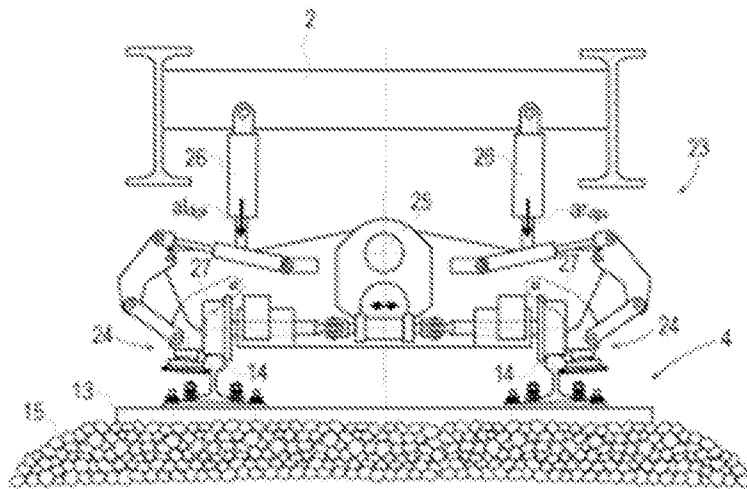


Fig. 4

