

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 671 154**

51 Int. Cl.:

B60T 17/22 (2006.01)

G01D 1/00 (2006.01)

G01D 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.07.2015 PCT/EP2015/067655**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.02.2016 WO16020281**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.07.2015 E 15745195 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.02.2018 EP 3142909**

54 Título: **Control de la tensión mecánica durante el funcionamiento de una pieza**

30 Prioridad:

06.08.2014 DE 102014215575

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

05.06.2018

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**ALEXEJENKO, ALEXANDER;
ROGGE, STEFFEN y
WERMKE, KAI MARKKO**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 671 154 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

Control de la tensión mecánica durante el funcionamiento de una pieza

La invención se relaciona con un procedimiento para determinar la tensión mecánica de funcionamiento de una pieza durante el funcionamiento de la pieza y con un vehículo ferroviario para ejecutar el procedimiento.

5 Para muchas piezas, particularmente para piezas de un vehículo, no es posible una detección directa de la tensión mecánica de funcionamiento. Una estimación indirecta de la tensión mecánica de funcionamiento se complica además por factores de influencia complejos, a menudo no lineales. Para tales piezas, las tensiones mecánicas de funcionamiento se detectan en las inspecciones periódicas.

10 Así, por ejemplo, la detección de la tensión mecánica de funcionamiento de los discos de freno y zapatas o pastillas de freno de un vehículo ferroviario tiene lugar durante los trabajos de mantenimiento a intervalos de mantenimiento periódicos prescritos. Otras detecciones se pueden realizar desde una velocidad alta tras ocurrir un evento específico que lo requiriera, como por ejemplo una parada de emergencia, y de ese modo podría hacerse necesaria una ulterior inspección visual para la verificación de grietas o deformación del freno. Por otro lado, en un freno de pocos requerimientos podría prescindirse de una inspección regular del freno o se podría ajustar consecuentemente el intervalo de mantenimiento.

15 La publicación US 2003/0056995 A1 revela un procedimiento para determinar la tensión mecánica de funcionamiento de una pieza durante el funcionamiento de la pieza conforme al término genérico de la reivindicación independiente 1.

20 La invención se basa en el objeto de proponer un procedimiento para detectar tensiones mecánicas de funcionamiento de una pieza durante el funcionamiento de la pieza.

El objeto se resuelve con los objetos de las reivindicaciones independientes. En las características de las reivindicaciones dependientes pueden encontrarse perfeccionamientos y ordenaciones adicionales de la invención.

25 Un procedimiento conforme a la invención para determinar la tensión mecánica de funcionamiento de una pieza, particularmente de una pieza de un vehículo, durante el funcionamiento de la pieza comprende los siguientes pasos procedimentales:

a. Detección de los valores de medición para las variables de medición predeterminadas durante el funcionamiento de la pieza para al menos n modos de funcionamiento predeterminados diferentes, donde es válido: $n \geq 2$, donde las variables de medición predeterminadas no son iguales a la tensión mecánica de funcionamiento a determinar de la pieza;

30 b. Determinación de m operandos de efecto W_1 a W_m en función predeterminada de los valores de medición para cada uno de los n modos de funcionamiento predeterminados, donde es válido: $2 \leq m \leq n$;

c. Detección de, en cada caso, un valor de medición de la tensión mecánica de funcionamiento tras el funcionamiento de la pieza para cada uno de los n modos de funcionamiento predeterminados, donde es válido: $n \geq 2$;

35 d. Establecimiento y resolución de un sistema de ecuaciones con n ecuaciones de tal manera, que se obtengan m factores de ponderación a_1 a a_m , con los que se ponderen los n operandos de efecto W_1 a W_m , donde una suma de los operandos de efecto ponderados para cada uno de los n modos de funcionamiento es igual al valor de medición de la tensión mecánica de funcionamiento detectado para el correspondiente modo de funcionamiento, donde es válido: $n \geq m \geq 2$;

40 e. Provisión de una regla de cálculo para determinar la tensión mecánica de funcionamiento durante el funcionamiento de la pieza con los factores de ponderación obtenidos;

m y n son números naturales.

45 El paso procedimental se lleva a cabo particularmente durante una fase de ajuste, mientras que, en cambio, la regla de cálculo conforme al paso procedimental e para determinar la tensión mecánica de funcionamiento de la pieza se proporciona durante el funcionamiento de la pieza durante una fase de funcionamiento. Esto significa que los valores de medición para las variables de medición predeterminadas se detectan durante el funcionamiento de la pieza durante una fase de ajuste para los al menos n modos de funcionamiento diferentes. la regla de cálculo se

proporciona, para, durante una siguiente fase de funcionamiento, determinar la tensión mecánica de funcionamiento, sin detectarlo directa ni inmediatamente, particularmente midiéndolo.

5 La pieza es particularmente una pieza de un vehículo, particularmente de un vehículo ferroviario. Los vehículos sirven para el transporte de personas y/o mercancías. Además de los vehículos terrestres, también se incluyen las embarcaciones, aeronaves y naves espaciales, así como sus formas mixtas.

10 La tensión mecánica de funcionamiento de la pieza comprende un desgaste de la pieza. Si como tensión mecánica de funcionamiento se determinara un desgaste, la pieza podría denominarse también pieza de desgaste. Se califica de desgaste una pérdida progresiva de masa de un cuerpo, particularmente en su superficie, producida generalmente por causas mecánicas. El desgaste se denomina ocasionalmente deterioro. El desgaste es una de las principales causas de los daños y fallos asociados a ellos de las máquinas y aparatos. Las piezas de desgaste son piezas reemplazables, que están sujetas a desgaste en condiciones normales de uso.

La tensión mecánica de funcionamiento de una pieza es básicamente mensurable. A menudo, sin embargo, no durante el funcionamiento del componente. Por lo tanto, la tensión mecánica de funcionamiento debe indicarse mediante una variable de medición.

15 En el paso procedimental a se detectan los valores de medición para las variables de medición, que tengan influencia directa o indirecta sobre las tensiones mecánicas de funcionamiento. Las variables de medición sirven para ilustrar los factores de influencia o de desgaste. Estos factores de influencia afectan directa o indirectamente a la tensión mecánica de funcionamiento, pero no son iguales a la tensión mecánica de funcionamiento. Para determinar, particularmente para estimar indirectamente, la tensión mecánica de funcionamiento por medio de los valores de medición para los factores de influencia, que se indican mediante las variables de medición, sin embargo, pueden ser necesarias varias operaciones matemáticas.

25 En primer lugar, se predeterminan operandos de efecto individuales para caracterizar la tensión mecánica de funcionamiento. Los operandos de efecto no tienen que ser directamente objeto de una medición, no son necesariamente variables medidas. También se pueden determinar mediante relaciones físicas conocidas o matemáticas fijas de variables de medición que sean mediciones directas. Un operando de efecto se determina según una regla de cálculo predeterminada a partir de al menos un factor de influencia. Los operandos de efecto dependen, por consiguiente, de los valores medidos mencionados y se determinan a través de una regla de cálculo o fórmula matemática predeterminadas.

30 Los operandos de efecto se determinan, por consiguiente, por medio de funciones predeterminadas y, conforme a un perfeccionamiento de la invención, por medio de operaciones matemáticas predeterminadas, donde como operandos de las operaciones matemáticas se utilizan los valores de medición detectados en el paso procedimental a para las variables de medición predeterminadas. Otros operandos pueden adquirir opcionalmente valores constantes, que se predeterminan, particularmente en función del correspondiente modo de funcionamiento. De forma más desarrollada, solo las constantes y los valores medidos detectados en el paso procedimental a sirven como operandos para determinar los operandos de efecto.

40 Si la pieza fuera, por ejemplo, un disco de freno, una zapata de freno o una pastilla de freno de un freno, particularmente de un freno hidráulico o neumático, de un vehículo ferroviario, se medirían, por ejemplo, el tiempo de frenado y/o la distancia de frenado y/o la presión de frenado en un cilindro de freno del freno del vehículo ferroviario y/o la velocidad instantánea del vehículo ferroviario, de manera continua o discreta, con una frecuencia de medición predeterminada, y, por consiguiente, se detectarían valores de medición para estas variables de medición por medio de sensores de medición correspondientemente adecuados. Un primer operando de efecto puede determinarse entonces, por ejemplo, formando una integral a lo largo de la distancia de frenado del cuadrado de los valores de medición de la presión de frenado. Para un segundo operando de efecto puede integrarse un producto de la presión de frenado y la velocidad instantánea del vehículo ferroviario a lo largo de la distancia de frenado. Un tercer operando podría resultar de la integración de la presión de frenado a lo largo de la distancia de frenado. Para $m = 3$ operandos de efectos, tienen que predeterminarse al menos $n = 3$ modos de funcionamiento diferentes, para lo cual se detectan los valores medidos para las variables medidas predeterminadas y para los cuales se detectan las tensiones mecánicas de funcionamiento. Un primer modo de funcionamiento comprende entonces, por ejemplo, frenadas normales a partir de velocidades predeterminadas al acceder a una parada. En cambio, un segundo modo de funcionamiento puede incluir frenadas de emergencia o rápidas desde altas velocidades. Un tercer modo de funcionamiento comprende entonces, por ejemplo, frenadas de emergencia o rápidas desde bajas velocidades, como las que pueden ocurrir si se suben personas a las vías en las paradas justo antes de que el vehículo se detenga.

55 Los modos de funcionamiento pueden diferenciarse, sin embargo, también solo marginalmente. Así podrían determinarse los valores medidos de un primer modo de funcionamiento durante un período de tiempo predeterminado o una distancia predeterminada, por ejemplo, desde una ubicación B a otra C, durante el funcionamiento normal de la pieza con varias desaceleraciones moderadas y unas pocas frenadas rápidas. La

trayectoria inversa desde la ubicación C a la ubicación B durante el funcionamiento normal de la pieza podría servir como segundo modo de funcionamiento, incluso en condiciones de funcionamiento muy similares. Es importante que la pieza opere en modos de funcionamiento separados y diferentes y que los valores medidos se detecten y posteriormente se evalúen. Los modos de funcionamiento también pueden diferenciarse entre sí solo por diferentes condiciones ambientales, siempre que las condiciones ambientales también se registren en valores medidos y se usen para determinar los operandos de efecto. Así podría, por ejemplo, tenerse en cuenta la influencia de las condiciones climáticas. Como valores de medición se detectarían entonces, por ejemplo, la temperatura o la humedad del aire. La determinación de los operandos de efecto se lleva a cabo como anteriormente en función predeterminada, particularmente fija, de los valores de medición detectados durante el tiempo predeterminado, por ejemplo, durante el funcionamiento normal de la pieza en el modo de funcionamiento correspondiente. Conforme a un ejemplo de ordenación, la determinación de los operandos de efecto se lleva a cabo exclusivamente por medio de los valores de medición detectados y las constantes y operaciones matemáticas.

Para establecer el sistema de ecuaciones del paso procedimental d, a continuación, se ponderan los operandos de efecto con factores de ponderación, donde cada operando de efecto se multiplica por un factor de ponderación. Por lo tanto, el número de factores de ponderación es igual al número de operandos de efecto. Esto ocurre por separado para cada modo de funcionamiento. La suma de los operandos de efectos ponderados se equipara, para cada modo de funcionamiento, con el valor de medición para la tensión mecánica de funcionamiento detectado para el modo de funcionamiento correspondiente. Con n modos de funcionamiento, se obtienen n ecuaciones.

Si la tensión mecánica de funcionamiento detectado directamente para cada modo de funcionamiento se denota por z, el sistema de ecuaciones se puede representar de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 a_1 * W_{11} + a_2 * W_{12} + \dots + a_n * W_{1m} &= z_1 \\
 a_1 * W_{21} + a_2 * W_{22} + \dots + a_n * W_{2m} &= z_2 \\
 &\dots \\
 a_1 * W_{n1} + a_2 * W_{n2} + \dots + a_n * W_{nm} &= z_n
 \end{aligned}$$

Posteriormente, se resuelve el sistema de ecuaciones y se obtienen los valores de los factores de ponderación a_1 a a_m . Al resolver el sistema de ecuaciones, puede ocurrir que un factor de ponderación sea cero. Por lo general, los factores de ponderación a_1 a a_m toman valores del conjunto de números reales, por ejemplo, de los números racionales positivos.

Se resuelve el sistema de ecuaciones del paso procedimental d formado por medio de transformaciones de equivalencia. Estas deben considerarse como conocidas en gran medida.

Tanto la regla de cálculo para determinar la tensión mecánica de funcionamiento, como también la regla de cálculo para los operandos de efecto, así como los valores determinados para los factores de ponderación se almacenan en una memoria para proporcionarlos para una evaluación posterior durante la fase de funcionamiento.

Conforme a otro perfeccionamiento de la invención, al paso procedimental e le siguen los siguientes pasos procedimentales:

f. Detección de los valores de medición para las variables de medición predeterminadas durante el funcionamiento de la pieza, variables de medición que no son iguales a la tensión mecánica de funcionamiento a determinar de la pieza;

g. Determinación de los operandos de efecto W_1 a W_m en función predeterminada de los valores de medición;

h. Determinación de la tensión mecánica de funcionamiento de la pieza durante el funcionamiento de la pieza por medio de la regla de cálculo proporcionada con los factores de ponderación obtenidos.

El paso procedimental f se lleva a cabo durante la fase de funcionamiento, que sigue a la fase de ajuste. Las variables medidas predeterminadas de los pasos procedimentales a y f son idénticas.

La fase de ajuste se puede realizar con una o varias piezas idénticas, mientras que en la fase de funcionamiento se utilizan otras piezas idénticas a las de la fase de ajuste. La regla de cálculo determinada incluyendo los factores de ponderación no solo se aplica, por tanto, para una pieza individual, sino para todas las piezas de un grupo de piezas idénticas. Por lo tanto, antes del paso procedimental f, puede sustituirse la pieza por una pieza de un grupo común

de piezas idénticas. En el ejemplo anterior, los pasos procedimentales a a e se realizan en la fase de ajuste, por ejemplo, con una primera pastilla de freno. A continuación, la primera pastilla de freno se sustituye por una segunda pastilla de freno diferente de la primera, pero tomada de un grupo común de pastillas de freno de idéntica configuración, con la que se ejecutan los pasos procedimentales f a h.

5 Conforme al perfeccionamiento, la tensión mecánica de funcionamiento de la pieza determinado en el paso procedimental h durante el funcionamiento de la pieza puede mostrarse. Por ejemplo, puede visualizarse a un conductor del vehículo o transmitirse a una estación central de control y visualizarse allí para sus posteriores procesamiento y evaluación. La visualización de la tensión mecánica de funcionamiento determinado también puede tener lugar en función de la tensión mecánica de funcionamiento determinado. Si excediera un valor umbral predeterminado, se mostraría y/u opcionalmente se emitiría una señal de alarma. Por debajo del valor umbral, no se produce ninguna visualización de la tensión mecánica de funcionamiento determinado y/o posiblemente de una señal de alarma. La tensión mecánica de funcionamiento puede determinarse discretamente de forma continua o a intervalos de tiempo predeterminados durante el funcionamiento de la pieza durante la fase de funcionamiento. También puede hacerse una determinación en función de eventos predeterminados, por ejemplo, frenadas de emergencia desde altas velocidades.

Conforme a un modo de funcionamiento de la invención, en el paso procedimental a pueden detectarse valores de medición para k variables de medición predeterminadas durante el funcionamiento de la pieza, donde k es un número natural mayor que o igual a m y, por lo tanto, $k \geq m$. Alternativamente, podría formarse también un mayor número de operandos de efecto a partir de un pequeño número de variables medidas. Entonces se aplicaría $k \leq m$.

20 Un vehículo ferroviario conforme a la invención para la ejecución del procedimiento conforme a la invención comprende al menos un sensor de medida para la detección de los valores medidos para las variables de medición predeterminadas, al menos una memoria para recibir y mostrar los factores de ponderación y al menos una unidad de evaluación, particularmente un microcontrolador, para determinar la tensión mecánica de funcionamiento de la pieza durante el funcionamiento de la pieza por medio de la regla de cálculo proporcionada. El al menos un sensor de medida es adecuado para detectar valores medidos para las variables medidas predeterminadas y está diseñado en consecuencia.

Además, la invención prevé un producto de programa informático para ejecutar el procedimiento conforme a la invención. El producto de programa informático comprende un código de software que está diseñado adecuadamente para ejecutar el procedimiento conforme a la invención cuando se ejecute en un sistema de procesamiento de datos adecuado, comprendido en particular por el vehículo de ferrocarril conforme a la invención. Además, el objeto que sirve de base a la invención se resuelve con un soporte de datos legible por ordenador, en el que se almacena el producto de programa informático conforme a la invención. El soporte de datos legible por ordenador también puede estar comprendido por el vehículo ferroviario, en particular por la memoria para recibir y mostrar los factores de ponderación del vehículo.

35 La invención permite numerosos modos de funcionamiento. Debería describirse más a fondo en base al siguiente ejemplo, pero no debería, sin embargo, limitarse a este.

Un fabricante de vehículos ferroviarios fabrica el primero de los vehículos ferroviarios idénticos de una flota. Le incluye un sistema de freno neumático. Después de su finalización, se somete a varios viajes de prueba en un circuito de pruebas.

40 Además, se opera en diferentes modos de funcionamiento. En una fase de ajuste, para determinar la tensión mecánica de funcionamiento de una pastilla de freno, primero se detectan para cada modo de funcionamiento los valores de medición para las variables de medición predeterminadas. Las variables de medición no son además iguales a la tensión mecánica de funcionamiento a determinar de la pastilla de freno. Como tensión mecánica de funcionamiento de la pastilla de freno se detecta aquí la disminución del grosor de la pastilla de freno después de cada funcionamiento del vehículo ferroviario en los modos de funcionamiento predeterminados. Otros ejemplos de tensiones mecánicas de funcionamiento pueden ser: el desgaste o la profundidad de estriamiento de un disco de freno, pero también la temperatura instantánea de funcionamiento del disco de freno. Por el contrario, como variables medidas durante el funcionamiento, por ejemplo, se predeterminan la velocidad instantánea del vehículo, la distancia o el tiempo de frenado, así como la presión instantánea en un cilindro de freno.

50 Primero, se opera el vehículo durante la fase de ajuste, por consiguiente, en un primer modo de funcionamiento predeterminado; durante el funcionamiento se detectan los valores medidos para los factores de influencia predeterminados y, después del funcionamiento, se mide la tensión mecánica de funcionamiento. Posteriormente, durante la fase de ajuste, el vehículo se opera en otro segundo modo de funcionamiento, diferente del primero; durante el funcionamiento se detectan los valores medidos para los factores de influencia predeterminados y, después del funcionamiento, se mide la tensión mecánica de funcionamiento.

ES 2 671 154 T3

Después de operar el vehículo en tres modos de funcionamiento diferentes, se cuenta ahora con tres valores de medición de la disminución del grosor de la pastilla de freno, así como varios valores medidos de velocidad instantánea del vehículo v y presión instantánea p del cilindro de freno para cada modo de funcionamiento. La velocidad instantánea del vehículo v y la presión p instantánea del cilindro de freno son además funciones de la distancia de frenado s ($v = v(s)$ y $p = p(s)$), o del tiempo t ($v = v(t)$ y $p = p(t)$).

También en este caso, se determinan como máximo tres operandos de efecto en función predeterminada de los valores medidos para la velocidad v instantánea del vehículo y la presión p instantánea del cilindro de freno para cada uno de los tres modos de funcionamiento. Aquí resultan los operandos de funcionamiento en:

$$W_1 = \int_0^s p^2 ds; \quad W_2 = \int_0^s (v \cdot p) ds; \quad W_3 = \int_0^s p ds.$$

Ahora, se puede establecer una ecuación para calcular la tensión mecánica de funcionamiento para cada modo de funcionamiento. Para este propósito, se ponderan los respectivos operandos de efecto W_1 a W_3 con los factores de ponderación a_1 a a_3 para cada uno de los tres modos de funcionamiento, de tal manera que la disminución detectada en cada caso directamente por cada modo de funcionamiento del grosor de la pastilla de freno sea igual a una suma de los operandos de efecto ponderados. La disminución del grosor de la pastilla de freno se denominará en lo sucesivo z . En general, por lo tanto, debería aplicarse a cada modo de funcionamiento:

$$z = a_1 * W_1 + a_2 * W_2 + a_3 * W_3.$$

Como ya se indicó anteriormente, con n modos de funcionamiento se origina un sistema de ecuaciones general:

$$a_1 * W_{11} + a_2 * W_{12} + \dots + a_n * W_{1n} = z_1$$

$$a_1 * W_{21} + a_2 * W_{22} + \dots + a_n * W_{2n} = z_2$$

...

$$a_1 * W_{n1} + a_2 * W_{n2} + \dots + a_n * W_{nn} = z_n$$

y en este caso:

$$z_1 = a_1 \cdot \int_0^{s_1} p_1^2 ds_1 + a_2 \cdot \int_0^{s_1} (v_1 \cdot p_1) ds_1 + a_3 \cdot \int_0^{s_1} p_1 ds_1$$

$$z_2 = a_1 \cdot \int_0^{s_2} p_2^2 ds_2 + a_2 \cdot \int_0^{s_2} (v_2 \cdot p_2) ds_2 + a_3 \cdot \int_0^{s_2} p_2 ds_2$$

$$z_3 = a_1 \cdot \int_0^{s_3} p_3^2 ds_3 + a_2 \cdot \int_0^{s_3} (v_3 \cdot p_3) ds_3 + a_3 \cdot \int_0^{s_3} p_3 ds_3.$$

En el caso de los índices, se tuvieron también en cuenta aquí los tres modos de funcionamiento diferentes. El primer modo de funcionamiento prevé aquí una frenada con una pequeña sacudida predeterminada y una deceleración promedio predeterminada desde una velocidad media predeterminada hasta la parada. La frenada requirió la distancia de frenado s_1 . Conllevó una disminución del grosor del disco de freno de z_1 . El segundo modo de funcionamiento prevé aquí una frenada con una gran sacudida predeterminada y una gran desaceleración predeterminada desde una alta velocidad predeterminada hasta parar. La frenada precisó la distancia de frenado s_2 y conllevó una disminución del grosor del disco de freno de z_2 . El tercer modo de funcionamiento previó aquí, sin embargo, una frenada con un gran tirón predeterminado y una gran deceleración predeterminada desde una baja velocidad predeterminada hasta parar, lo que necesitó una distancia de frenado s_3 y provocó una disminución del grosor del disco de freno de z_3 . La velocidad instantánea durante la frenada del primer modo de funcionamiento se

designó v_1 . La presión instantánea en el cilindro del freno durante la frenada del primer modo de funcionamiento se designó p_1 . Análogamente, las velocidades instantáneas y las presiones de frenado instantáneas durante la frenada del segundo y tercer modos de funcionamiento se denominan $v_2, v_3, p_2, y p_3$, respectivamente.

5 Sin embargo, un modo de funcionamiento puede incluir también varias frenadas idénticas. El vehículo se acelera entonces varias veces a la velocidad predeterminada y se frena de una manera predeterminada. Solo entonces se mide la tensión mecánica de funcionamiento, aquí la disminución del grosor de la pastilla de freno. La ventaja sería una mayor pertinencia. Si x fuera el número de frenadas sucesivas por modo de funcionamiento, donde x fuera un número natural mayor que uno, las ecuaciones del sistema de ecuaciones se verían así, sin otra adaptación de los índices:

$$Z_{1n} = a_n \cdot \sum_{i=1}^x \int_0^{s_n} p_n^2 ds_n + a_n \cdot \sum_{i=1}^x \int_0^{s_n} (v_n \cdot p_n) ds_n + a_n \cdot \sum_{i=1}^x \int_0^{s_n} p_n ds_n$$

10 Para determinar los factores de ponderación, se resuelve el sistema de ecuaciones establecido anteriormente, de manera que se obtengan los valores de los factores de ponderación a_1 a a_3 .

15 Posteriormente se almacenan los valores de los factores de ponderación y las reglas de cálculo mencionadas en un soporte de datos legible por ordenador de cada vehículo ferroviario de la flota de vehículos ferroviarios idénticos del fabricante. Después de la entrega de los vehículos ferroviarios al cliente, estos se ponen en funcionamiento. La fase operativa de un vehículo ferroviario incluye los viajes posteriores en el funcionamiento normal del cliente, incluida el funcionamiento normal de los frenos.

20 Los vehículos ferroviarios están equipados en cada caso con frenos mutuamente diferentes, pero idénticos. Sin embargo, la tensión mecánica de funcionamiento puede determinarse con los datos almacenados y con los valores medidos registrados durante el funcionamiento en la fase de funcionamiento para las variables de medición predefinidas. También una sustitución de las pastillas de freno por pastillas de freno idénticas es irrelevante.

25 En la fase de funcionamiento posterior a la fase de ajuste de uno de los vehículos, primero se detectan los valores de medición para las variables medidas predeterminadas durante el funcionamiento de la pieza, variables de medición que no son iguales a la tensión mecánica de funcionamiento a determinar de la pieza. A continuación, se determinan los operandos de efecto W_1 a W_m en función predefinida de los valores de medición y la tensión mecánica de funcionamiento de la pieza durante el funcionamiento de la pieza por medio de la norma de cálculo proporcionada con los factores de ponderación obtenidos. Para este propósito, se leen las reglas de cálculo y los factores de ponderación de la memoria o el soporte de datos legible por ordenador para su procesamiento ulterior y se procesan en la unidad de evaluación.

30 Las ventajas de la invención son, en particular, que, mediante el procedimiento conforme a la invención, se puede estimar la tensión mecánica de funcionamiento de la pieza durante el funcionamiento de la pieza, indirectamente en una fase de funcionamiento, sin detectarlo directamente, justo cuando no sea posible medir la tensión mecánica de funcionamiento durante el funcionamiento, o sea, la tensión mecánica de funcionamiento no pueda detectarse directamente. Las mediciones de los factores de desgaste o factores de influencia como variables medidas predeterminadas durante el funcionamiento del componente son suficientes para ello. Un modelo de la tensión mecánica de funcionamiento sirve de base. Durante el funcionamiento de la pieza en la fase de funcionamiento, el procedimiento conforme a la invención estará, por lo tanto, libre de una detección directa de la tensión mecánica de funcionamiento. El modelo representa la influencia de los operandos de efecto individuales sobre la tensión mecánica de funcionamiento en los diversos modos de funcionamiento. Para determinar los parámetros han de pasarse meramente al menos dos modos de funcionamiento diferentes en una fase de ajuste y caracterizar los valores medidos para las variables de medición predeterminadas y evaluar el modelo correspondientemente. El modelo se describe matemáticamente mediante la regla de cálculo predefinida. Esto es posible gracias a la separación de la fase de ajuste respecto de la fase de funcionamiento. En la fase de ajuste, se crea y almacena el modelo, en la fase de funcionamiento se utiliza entonces este modelo.

45 Puede mostrarse una señal, por ejemplo, una alarma, cuando se supere un valor límite predeterminado para la tensión mecánica de funcionamiento y avisarse al conductor con tiempo suficiente antes de un posible fallo de la pieza. En lugar de mostrarse una señal, la tensión mecánica de funcionamiento determinado también puede procesarse ulteriormente, por ejemplo, para planificar inspecciones o incluso para adaptar los intervalos de inspección. Además, es posible una estimación de la vida útil esperada de la pieza y un control de la tensión mecánica casi continuo durante la duración de la pieza.

5 Mediante la determinación empírica de los factores de ponderación de la regla de cálculo, se puede tener en cuenta la influencia de las condiciones ambientales como, por ejemplo, el clima. Como la pieza puede operarse de acuerdo con el propósito previsto en diferentes condiciones ambientales, pueden determinarse también los valores medidos para condiciones externas como, por ejemplo, a la temperatura o humedad del aire del entorno de la pieza, y los operandos de efecto se pueden determinar consecuentemente también en función de los valores medidos detectados para las condiciones ambientales.

10 La regla de cálculo determinada es válida para piezas de un grupo de piezas idénticas en vehículos idénticos y puede extenderse a los vehículos genéricos. Por lo tanto, solo se necesita una fase de ajuste. Esto es especialmente ventajoso para tensiones mecánicas de funcionamiento, que sean muy complejos de detectar. Además, el funcionamiento de la pieza en diferentes modos de funcionamiento durante la propia fase de ajuste no tiene que realizarse con la misma pieza, sino sólo con una pieza de un grupo de piezas idénticas, de la que procederá entonces también la pieza de la fase de funcionamiento.

15 Con el procedimiento conforme a la invención se pueden determinar también los modos de funcionamiento óptimos para la pieza. Para este fin, el procedimiento comprende un correspondiente paso procedimental que siga al paso procedimental e.

También se puede determinar así fácilmente la diferente tensión mecánica de funcionamiento de las piezas de diferentes fabricantes.

20 Por el hecho de que los modos de funcionamiento puedan diferenciarse también sólo marginalmente, por ejemplo, en distancia, duración o condiciones ambientales, no tienen que simularse durante la fase de ajuste ningunas condiciones de funcionamiento particulares, particularmente se llevan a cabo programas especiales de circulación. Basta con monitorizar los valores medidos correspondientes durante los viajes de reparación convencionales.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para determinar la tensión mecánica de funcionamiento de una pieza durante el funcionamiento de la pieza, **caracterizado por** los siguientes pasos procedimentales:
- 5 a. Detección de los valores de medición para las variables de medición predefinidas durante el funcionamiento de la pieza en una fase de ajuste para al menos n , con $n \geq 2$, modos de funcionamiento predefinidos diferentes, variables de medición que son diferentes de la tensión mecánica de funcionamiento a determinar de la pieza;
- b. Determinación de m operandos de efecto W_1 a W_m , con $m \geq 2$ y $m \leq n$, en función predefinida de los valores de medición para cada uno de los n modos de funcionamiento;
- 10 c. Detección de un valor de medición de la tensión mecánica de funcionamiento tras el funcionamiento de la pieza para cada uno de los n modos de funcionamiento;
- d. Establecimiento y resolución de un sistema de ecuaciones con n ecuaciones de tal manera, que se obtengan m coeficientes de ponderación a_1 a a_m , con los que se ponderen los m operandos de efecto W_1 a W_m , donde una suma de los operandos de efecto ponderados para cada modo de funcionamiento sea igual al valor de medición de la tensión mecánica de funcionamiento detectado para el correspondiente modo de funcionamiento;
- 15 e. Provisión de una norma de cálculo para determinar la tensión mecánica de funcionamiento durante el funcionamiento de la pieza en una fase de funcionamiento con los factores de ponderación obtenidos.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por** los siguientes pasos procedimentales posteriores al paso procedimental e:
- 20 f. Detección de los valores de medición para las variables de medición predefinidas durante el funcionamiento en la fase de funcionamiento de la pieza, variables de medición que son diferentes de la tensión mecánica de funcionamiento a determinar de la pieza;
- g. Determinación de los operandos de efecto W_1 a W_m , en función predefinida de los valores de medición;
- 25 h. Determinación de la tensión mecánica de funcionamiento de la pieza durante el funcionamiento de la pieza por medio de la norma de cálculo proporcionada con los factores de ponderación obtenidos.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado porque**, antes del paso procedimental f, la pieza se sustituye por otra pieza de un grupo común de piezas iguales.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** el sistema de ecuaciones del paso procedimental d se resuelve por medio de transformaciones de equivalencia.
- 30 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 2 a 4, **caracterizado porque** se muestra la tensión mecánica de funcionamiento de la pieza determinado en el paso procedimental h durante el funcionamiento de la pieza.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** la pieza es una pastilla de freno de un vehículo ferroviario.
- 35 7. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado porque** las variables de medición predefinidas son el tiempo de frenado y/o la distancia de frenado y la presión en un cilindro de freno de un freno neumático del vehículo ferroviario.
8. Procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado porque** se determinan tres operandos de efecto, donde un primer operando de efecto se obtiene de una integral del cuadrado de la presión en el cilindro del freno de un freno neumático del vehículo ferroviario a lo largo de la distancia de frenado del vehículo ferroviario y donde un segundo operando de efecto se obtiene de una integral de una multiplicación de la velocidad del vehículo ferroviario y de la presión en el cilindro del freno de un freno neumático del vehículo ferroviario a lo largo de la distancia de frenado del vehículo ferroviario y donde un tercer operando de efecto se obtiene de una integral de la presión en el cilindro del freno de un freno neumático del vehículo ferroviario a lo largo de la distancia de frenado del vehículo ferroviario.
- 40
- 45

9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** los operandos de efecto se determinan como operandos por medio de operaciones matemáticas solamente con los valores de medición detectados para las variables de medición y constantes predefinidas.

5 10. Vehículo ferroviario con al menos un soporte de datos legible por ordenador, comprendiendo un producto de programa informático que, cuando lo lee un ordenador, hace que este vehículo ferroviario ejecute el procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9.