

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 574 763**

51 Int. Cl.:

G05B 19/418 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.09.2010 E 10754452 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.03.2016 EP 2476031**

54 Título: **Procedimiento para la monitorización de un rodillo en una instalación para el laminado de metal**

30 Prioridad:

11.09.2009 AT 14392009

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

21.06.2016

73 Titular/es:

**PRIMETALS TECHNOLOGIES AUSTRIA GMBH
(100.0%)
Turmstrasse 44
4031 Linz, AT**

72 Inventor/es:

EFENDIC, HAJRUDIN

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 574 763 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la monitorización de un rodillo en una instalación para el laminado de metal

La presente invención se relaciona con un procedimiento para la monitorización de un rodillo en una instalación para el laminado de metal.

5 La invención se relaciona concretamente con un procedimiento para la monitorización de un rodillo en una instalación para el laminado de metal, mostrando los pasos

- recepción de por lo menos dos canales de datos de medida teóricos en el estado de referencia del sistema;

- definición de un canal objetivo a partir de los canales de datos de medida teóricos;

10 - configuración basada en los datos de medición de un modelo para el canal objetivo a partir de los datos de medición teóricos;

- recepción de por lo menos dos canales de valores de medición reales en el estado de operación en curso del sistema, entre los que hay un valor de medición real para el canal objetivo y uno para al menos otro canal;

- cálculo de un valor teórico para el canal objetivo con ayuda del modelo y considerando el valor de medición real para al menos otro canal; y

15 - determinación de un valor residual por comparación del valor teórico con el valor de medición real para el canal objetivo.

El experto conoce procedimientos asistidos por ordenador para la monitorización de un sistema bajo los términos diagnóstico de fallos o detección de fallos (del inglés Fault Diagnosis o Fault Detection) (en lo sucesivo abreviado FD), véase por ejemplo la WO 02/086726 A1. Estos procedimientos para la detección de estados de fallo en instalaciones contienen los siguientes pasos procedimentales:

20

a) Adquisición de datos de medición de por lo menos dos canales de datos de medición teóricos en el estado de referencia de un sistema,

b) Definición de un canal objetivo a partir de los canales registrados de los datos de medición teóricos,

c) Configuración de un modelo basado en los datos de medición para el canal objetivo,

25 d) Empleo de valores de medición determinados realmente y del modelo configurado para calcular un valor teórico para el canal objetivo,

e) Detección de estados de fallo comparando entre el valor de medición real y el valor teórico del canal objetivo.

30 En la monitorización del estado (del inglés Condition monitoring) de un sistema, se registran varios sensores de medición mediante un sistema de registro de datos de medición y en una modificación – resultante, por ejemplo, de un desgaste de un componente – del comportamiento de la instalación se genera automáticamente una advertencia o mensaje de error. En primer lugar, un sistema de adquisición de datos recibe datos de medición para el estado de referencia del sistema (los llamados datos de medición teóricos), que proceden de uno o varios sensores por lo general en forma digital (paso a). Por canal de datos de medición se conoce la sucesión de valores de medición, que proceden de un sensor y asignados a una variable de estado; por canal objetivo se conoce un canal de los datos de medición recibidos, que contenga y/o pueda contener información relevante acerca del comportamiento del sistema. 35 En la forma más simple de la FD se configura, tras la definición de un canal objetivo (paso b), un modelo, basado en uno o varios (excluyendo el canal objetivo) canales de datos de medición teóricos del sistema, para el canal objetivo (paso c). Por medio de este modelo y en función de valores de medición reales se calcula un valor teórico para el canal objetivo mediante un ordenador de procesos (paso d) y se compara con el valor de medición real del canal objetivo, en donde se calcula un llamado valor residual, es decir la desviación del valor teórico del valor de medición real. Si el valor residual supera un valor umbral, se genera un mensaje de error (paso e). Las instrucciones específicas sobre cómo puede llevarse a cabo la monitorización del estado de un rodillo de laminación de metales, se puede extraer del estado actual de la técnica. 40

La WO2005 / 003874 describe un procedimiento para la monitorización de equipos rotativos.

Los sistemas modernos para láminas de metal, por ejemplo, una caja de laminación o un tren de laminación consistente en varias cajas de laminado acopladas, son sistemas de gran complejidad técnica.

Además muestra cada caja de laminado en función de la construcción (por ejemplo, Dúo, Trio, Cuarto, Quinto o Sexto, comp. capítulo 2.6 cajas de laminado en Werner Schwenzfeier: técnica de laminadores, Ed. Springer, 1979) por lo menos dos rodillos de trabajo y en cada caso varios rodillos intermedios y de soporte. En la caja de laminado se deforma un material a laminar (por ejemplo, de forma plana, redonda o un tipo de perfilado) de metal (por ejemplo, materiales de hierro, acero o aluminio) mediante el laminado (una deformación plástica del metal mediante la aplicación de una fuerza de laminación en una línea de laminado) en un estado caliente o frío, en donde el material a laminar se desplaza unidireccional o bidireccionalmente (es decir en operación reversible) a través de la caja de laminación. Aunque tanto la técnica como también la tecnología de laminado se ha desarrollado rápidamente en las últimas décadas, el rendimiento de un tren de laminación queda limitado por los rodillos (tanto de trabajo como intermedios y de soporte). Como cada rodillo del sistema para el laminado de metal se somete a un desgaste, es necesario restaurar el estado del rodillo a intervalos regulares (por ejemplo, mediante reemplazo del rodillo o mediante el llamado revestimiento de los rodillos).

15 Conforme al estado actual de la técnica se conocen las siguientes estrategias para el cambio de rodillos:

- Cambio de rodillo tras un determinado tiempo de laminación, en donde el tiempo de laminación indica el periodo, durante el cual el rodillo ha estado operativo;

- Cambio de rodillo tras un determinado recorrido de laminado, en donde el recorrido de laminado indica el recorrido que ha cubierto el rodillo durante la operación;

20 - Cambio de rodillo tras una inspección de daños en el rodillo o un empeoramiento de la calidad de producto del material laminado.

Resulta desfavorable en las dos primeras estrategias que el tiempo y/o recorrido de laminado se tiene que fijar de forma que incluso en el momento del cambio de rodillo no aparece ningún daño, o al menos con una alta probabilidad no hay ningún daño en el rodillo o se presenta un empeoramiento de la calidad de producto del material laminado. Por consiguiente, se tiene que cambiar el rodillo por anticipado (es decir antes de alcanzar la vida útil real), lo que afecta negativamente a la rentabilidad. Son desventajosas en la tercera estrategia los siguientes argumentos, que la evaluación del daño en el rodillo no puede realizarse durante la operación, que la evaluación del daño supone un alto conocimiento técnico del operador, que la vida útil del rodillo en el instante del cambio y/o restauración del rodillo ya ha sido sobrepasada y por consiguiente ya se ha fabricado un material laminado con peor calidad.

Es objeto de la invención especificar un procedimiento para la monitorización de un rodillo en un sistema para el laminado de metal, en donde puede determinarse un momento óptimo para el cambio y/o restauración del rodillo, de forma que, por un lado, se prolongue la vida útil de un rodillo con bajo desgaste y, por otro, pueda iniciarse una rápida sustitución de un rodillo con fuerte desgaste o daño.

35 Otro objeto de la invención consiste en permitir la monitorización de un rodillo también durante el funcionamiento, es decir, que la operación de laminación no necesita detenerse.

Otro objeto de la invención consiste en que la monitorización de un rodillo también puede llevarla a cabo un operador con menos experiencia.

Este objeto se resuelve mediante un procedimiento del tipo mencionado inicialmente, que comprende las etapas de:

40 - Recepción de por lo menos dos canales de datos de medida teóricos en el estado de referencia del sistema;

- Definición de un canal objetivo a partir de los canales de datos de medida teóricos;

- Configuración basada en los datos de medición de un modelo para el canal objetivo a partir de los datos de medición teóricos;

45 - Recepción de por lo menos dos canales de valores de medición reales en el estado de operación en curso del sistema, entre los que hay un valor de medición real para el canal objetivo y uno para al menos otro canal;

- Cálculo de un valor teórico para el canal objetivo con ayuda del modelo y considerando el valor de medición real para al menos otro canal; y

- Determinación de un valor residual por comparación del valor teórico con el valor de medición real para el canal objetivo.

- Decisión acerca de una restauración o un cambio del rodillo comparando el tamaño del valor residual con un valor límite.

5 Además, en una fase fuera de línea se reciben por lo menos dos canales de datos de medición teóricos en el estado de referencia (por ejemplo, tras una reparación de los rodillos) del sistema para el laminado de metal, o bien en tiempo real o con alta frecuencia de muestreo (por ejemplo 1 kHz). En la definición de un canal objetivo se selecciona de los canales admitidos un canal objetivo, que se basa en la monitorización. Los datos de medición teóricos se someten a continuación a un proceso previo, con el objetivo de reducir la cantidad de datos, es decir el número de canales y su alta frecuencia de muestreo, con no significativamente menor contenido de información. A partir de los datos de medición teóricos se genera un modelo basado en los datos de medición para el canal objetivo, que se basa en la fase en línea del cálculo de un valor teórico y un valor residual. La configuración del modelo basada en los datos de medición es conocida por el experto, particularmente cuando el modelo a configurar se trata de un modelo lineal, un modelo de PCR (Regresión en Componentes Principales del inglés Principal Component Regression), un modelo con redes neuronales o un modelo de KNN (algoritmo K vecinos más cercanos del inglés K nearest neighbor) (comp. H. Efendic et al.: "Iterative Multi-Step Diagnosis Process for Engine Systems", SAE world congress 2005, April 11-14, 2005. Detroit, USA. Paper number: 2005-01-1055). En principio es posible, que la fase fuera de línea y una siguiente fase en línea se realicen en diversos ordenadores, en diferentes momentos y en cada caso también en diferentes instalaciones. En este caso, a la fase en línea únicamente se le proporciona el modelo configurado en la fase fuera de línea.

En la fase en línea se reciben preferentemente de forma constante y en tiempo real, por lo menos dos valores de medición reales en la operación en curso del sistema, entre los cuales hay un valor de medición real para el canal objetivo y otro para al menos otro canal. Con ayuda del modelo y considerando el valor de medición real para el otro canal se calcula un valor teórico para el canal objetivo, que se emplea para el posterior cálculo de un valor residual. Si supera un valor residual un valor umbral, se toma una decisión sobre un cambio o una restauración del rodillo y se comunica al personal, por ejemplo, en forma de advertencia o de alarma. De lo contrario, se repite la fase en línea con nuevos valores de medición reales, de forma que el estado de los rodillos se supervise constantemente.

Mediante el procedimiento conforme a la invención se determina automáticamente un instante óptimo para la sustitución del rodillo y/o la restauración del mismo, de forma que la vida útil del rodillo se pueda aprovechar óptimamente y, por otra parte, pueda generarse un material laminado con una alta calidad constante. Otra ventaja consiste en que la monitorización del rodillo se lleva a cabo durante la operación del sistema (no es necesaria ninguna desconexión del sistema) y que no se requieren conocimientos especiales del personal de operación para la monitorización.

En un modo de operación favorable, tras la recepción de por lo menos dos canales se almacenan los datos de medición teóricos. De este modo es posible separar espacial y temporalmente la recepción de datos de medición de los pasos posteriores, de forma que, por ejemplo, la recepción de datos de medición del sistema de automatización del sistema para el laminado de metal y los pasos posteriores los termina un PC y/o una estación de trabajo en la fase fuera de línea.

En un modo de operación favorable se utiliza como canal objetivo la fuerza de laminación del rodillo o una variable asociada (por ejemplo, una presión de cámara y/o las presiones de cámara en un cilindro de ajuste que ejerce la fuerza de laminación, ejecutado como cilindro hidráulico. El empleo de la fuerza de laminación trae consigo ventajas, pues el desgaste del rodillo se puede ver claramente en base a esta magnitud.

En un modo de operación ventajoso alternativo se utiliza como canal objetivo la velocidad angular del rodillo o una variable asociada (por ejemplo, el número de revoluciones, la frecuencia, ...). El empleo de la velocidad angular conlleva ventajas, ya que el desgaste del rodillo se puede ver claramente en base a esta variable.

En otro modo de operación se someten los datos de medición teóricos a un análisis estructural antes de la configuración de un modelo basado en los datos de medición. Mediante el análisis estructural, por ejemplo, según un método de selección de variables "Step forward selection" lineal o selección hacia delante paso a paso (SFS, por sus siglas en inglés) lineal, "Backward selection" o selección hacia atrás combinada con SFS lineal (BSFS, por sus siglas en inglés), SFS con variables proyectadas ortogonales en cada paso o Step (LinOrth) o un método SFS con variables proyectadas ortogonales en cada paso o Step utilizando variables polinómicas independientes (PolyOrth), se posibilita la configuración de un modelo optimizado. Los detalles para el análisis estructural se conocen de la publicación A. Schrems et al: "análisis basado en datos multivariados; pseudo-correlación en la industria siderúrgica para la selección de variables optimizadas", en Actas del 17º Congreso Mundial de la Federación Internacional de Control Automático, Seúl, Corea, Julio 6-11, del año 2008.

En otro modo de operación favorable, los datos de medición teóricos se someten en el proceso previo de los datos de medición a los pasos

- Detección y eliminación de "canales cero";
- Detección y eliminación de valores atípicos;

5 - Filtrado;

- Downsampling (resampleado con disminución de resolución).

De este modo se reduce la cantidad de datos (el número de canales y su alta frecuencia de muestreo) de los datos de medición teóricos, pero el contenido de la información se mantiene casi constante. Mediante este paso se posibilita la configuración de un modelo compacto, que requiere una pequeña cantidad de cálculo en el cálculo de un valor teórico. Mediante el denominado "canal cero" se conoce un canal, en el que todos los valores medidos, es decir, en todos los puntos de muestreo son constantemente 0.

10

En otro modo de operación se somete a los datos de medición teóricos tras el downsampling a una detección y eliminación de zonas estacionarias. De este modo se eliminan los procesos transitorios de los datos de medición teóricos, lo que repercute de nuevo favorablemente sobre la cantidad de datos.

15 En otro modo de operación favorable se configuran por canal objetivo varios modelos basados en los datos de medición. De este modo es posible, basar la monitorización en varios modelos y elevar, por consiguiente, la calidad de la monitorización.

En otro modo de operación favorable se somete al valor residual, antes de la decisión sobre la restauración o sustitución del rodillo a un proceso posterior del valor residual con al menos uno de los pasos

20 - Filtrado;

- Detección y eliminación de valores atípicos;
- Cálculo de las características estadísticas del valor residual,

en donde la decisión sobre la restauración o sustitución del rodillo se basa en el valor residual procesado posteriormente. Mediante esta medida se eleva la fiabilidad de la monitorización del rodillo.

25 En un modo de operación se calcula como parámetro estadístico o bien la media, la mediana, la desviación estándar o la varianza. Naturalmente son posibles sin embargo también otros parámetros estadísticos, como por ejemplo un análisis más detallado de la desviación estándar (Análisis de la desviación estándar ANOVA –del inglés Analysis of standard deviation ANOVA-), una determinación de los intervalos de confianza y de los límites de confianza (del inglés Determination of confidence intervals and confidence limits) o métodos conocidos de análisis de periodos (como por ejemplo la Transformación de Fourier FT, la Transformación de Fourier rápida FFT o la Transformación de Fourier discreta DFT; el empleo de un análisis espectral en la monitorización de un estado se conoce también de la WO 2008 071552 A1).

30

En un modo de operación, el valor límite puede ser fijo o variable dinámicamente, en donde un valor límite dinámicamente variable presenta la ventaja frente a uno fijo, de que las características del modelo (por ejemplo, un parámetro de calidad o una medida de sensibilidad), los datos de medición reales y parámetros estadísticos del valor residual se pueden tener en cuenta en la determinación del valor límite.

35

Es posible una monitorización muy amplia del sistema, - cuando se definan varios canales objetivo a partir de los canales de los datos de medición teórico;

40 - Cuando por canal objetivo se lleve a cabo una configuración basada en la medición de un modelo para el canal objetivo a partir de los datos de medición teóricos procesados previamente;

- Cuando por canal objetivo se lleve a cabo un cálculo de un valor teórico para el canal objetivo con ayuda del modelo para el canal objetivo y considerando el valor de medición real para al menos otro canal;

- Cuando por canal objetivo se lleve a cabo una determinación de un valor residual comparando el valor teórico con el valor de medición real para el canal objetivo; y

- Cuando al menos con la comparación de un valor residual con un valor límite se base la decisión sobre una recuperación o un reemplazo del rodillo.

5 En otro modo de operación se ponderan los valores residuales antes de la decisión sobre una recuperación o un reemplazo del rodillo. Este paso es entonces favorable, cuando diversos criterios para el desgaste en base a los valores residuales presenten diferente prioridad.

Se ha encontrado ventajoso utilizar el procedimiento conforme a la invención para la monitorización de un rodillo de trabajo, intermedio o de soporte de un tren de laminación para la laminación en frío o en caliente de materiales de hierro, de acero o de aluminio.

10 Otras ventajas y características de la presente invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción de ejemplos de ejecución no limitantes, en los que se hace referencia a las siguientes figuras, que muestran:

Fig. 1 un diagrama de flujo con los pasos del proceso para la monitorización de un rodillo de una caja de laminación

Fig. 2 una. representación esquemática de una caja de laminación.

Fig. 3 una representación del transcurso de una fase en línea,

15 Fig. 4 un diagrama de flujo que muestra la relación entre una fase en línea y una fuera de línea,

Fig. 5 un diagrama de flujo que muestra los pasos procedimentales para la monitorización de un rodillo con dos canales objetivo

Fig. 6 una representación temporal de un valor residual con dos valores umbral diferentes

Fig. 7 una ilustración

20 En la Fig. 1 se representa un diagrama de flujo con pasos procedimentales para la monitorización de un rodillo de trabajo inferior en un sistema ejecutado como una caja cuarta de laminación para el laminado de acero, en donde se hace referencia a la construcción de la caja de laminado representada en la Fig. 2. Tras la restauración y/o reemplazo del rodillo y el comienzo del proceso de laminado de la banda 15 se inicia el procedimiento conforme a la invención (paso 1) y el sistema de recogida de datos de medición registra 8 canales de datos de medición teóricos

25 en la operación en curso de la caja de laminado 14 con un tiempo de muestreo de 1 ms a lo largo de una duración de 10 min (paso 2). Cada canal de datos de medición teóricos procede de un sensor en comunicación con una variable de estado de la caja de laminación 14, en donde en cada caso se integran dos sensores como sensores de presión en un cilindro de ajuste 18 superior y uno inferior, ejecutados como cilindro hidráulico, cada sensor de revoluciones conectado con un rodillo de soporte 16 superior y uno inferior y cada sensor de revoluciones con un

30 rodillo de trabajo 17 superior y uno inferior.

Los datos de medición teóricos tienen la siguiente estructura

$$MD_{Soil} = \begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & \dots & x_{1,7} & x_{1,8} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & \dots & x_{2,7} & x_{2,8} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ x_{4800000,1} & x_{4800000,2} & \dots & x_{4800000,7} & x_{4800000,8} \end{bmatrix},$$

en donde los canales corresponden a las siguientes columnas de la matriz:

ES 2 574 763 T3

columna 1	canal x1	presión de cámara 1 del cilindro de ajuste superior
columna 2	canal x2	presión de cámara 2 del cilindro de ajuste superior
columna 3	canal x3	presión de cámara 1 del cilindro de ajuste inferior
columna 4	canal x4	presión de cámara 2 del cilindro de ajuste inferior
columna 5	canal x5	velocidad angular del rodillo de soporte superior
columna 6	canal x6	velocidad angular del rodillo de soporte inferior
columna 7	canal x7	velocidad angular del rodillo de trabajo superior
columna 8	canal x8	velocidad angular del rodillo de trabajo inferior

A continuación se lleva a cabo la definición de un canal objetivo (paso 3) a partir de los ocho canales de datos de medición teóricos, en donde como canal objetivo se selecciona la velocidad angular del rodillo de trabajo inferior (es decir, el canal 8).

- 5 En el paso 4 los datos de medición teóricos (cantidad de datos 4,8 millones de valores individuales, es decir 8 canales por 1000 valores de medición por segundo por 600 segundos) se someten a un proceso previo automático, consistente en los pasos

- Detección y eliminación de "canales cero";
- Detección y eliminación de valores atípicos;

10 - Filtrado;

- Downsampling;

- Detección y eliminación de zonas estacionarias.

Respecto a los detalles del proceso previo se hace referencia a la solicitud no publicada PCT/EP2009/058406, cuyo contenido se incorpora aquí por referencia. Mediante el proceso previo de los datos de medición se redujo la cantidad de datos a 46400 valores individuales (8 canales por 10 valores de medición por segundo por 580 segundos). Por consiguiente, los datos de medición teóricos presentan tras el proceso previo MD^*_{Soll} la siguiente estructura

- 15

$$MD^*_{Soll} = \begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & \dots & x_{1,7} & x_{1,8} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & \dots & x_{2,7} & x_{2,8} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ x_{46400,1} & x_{46400,2} & \dots & x_{46400,7} & x_{46400,8} \end{bmatrix},$$

- 20 A continuación se genera en el paso 5 a partir de los datos de medición teóricos procesados previamente un modelo lineal M basado en los valores de medición para el canal objetivo, en donde concluye la fase fuera de línea 6.

En la siguiente fase en línea 12 se registran de manera continua y en tiempo real los valores de medición reales de 8 canales ($x_{1ist} \dots x_{8IST}$) durante la operación en curso de la caja de laminación (paso 7). En el paso 8, se calcula a partir de los 7 canales de valores medidos reales que no se corresponden con el canal objetivo (es decir, los canales 1 a 7), x_{8Soll} para el canal objetivo con la ayuda del modelo M. En el siguiente paso 9 se calcula el valor residual como $r = x_{8Soll} - x_{8IST}$. A partir del valor residual así calculado entonces en el curso del proceso posterior del valor residual (paso 10), se eliminan los valores atípicos y se calcula un valor medio en la forma de un promedio basado en ventanas (del inglés sliding average), por lo que se incrementa considerablemente la fiabilidad de la predicción de una recuperación y/o reemplazo del rodillo (etapa 11). Posteriormente, se compara el valor residual procesado posteriormente con un valor umbral S, en donde cuando es cierto $r > S$ se inicia la restauración o sustitución del rodillo, por ejemplo, mediante un mensaje apropiado en una pantalla diseñada como una interfaz hombre-máquina; de lo contrario, se continúa la fase en línea 12.

En la Fig. 2 se muestra la caja de laminado 14 para el laminado de una banda 15 de acero en una representación simbólica. La banda 15 se lleva en una dirección, simbolizada por una flecha, a través de la ranura de colada, formada por ambos rodillos de trabajo 17, en donde se aplica una fuerza de laminado que ejerce la deformación plástica de la banda 15 mediante los rodillos de trabajo 17. Los rodillos de trabajo 17 se apoyan por medio de los rodillos de soporte 16 contra la banda 15, en donde la fuerza de apoyo se produce mediante en cada caso un cilindro de ajuste 18, dispuesto sobre el lado superior e inferior de la banda 15.

En la Fig. 3 se representa el desarrollo de la fase en línea otra vez simbolizado. De la caja de laminado 14 se registran 8 canales de datos de medición reales 20 (x_{1ist} a x_{8IST}) en marcha, en donde los canales 1 a 7, es decir los datos de medición reales x_{1ist} a x_{7ist} se introducen en el modelo 19, que calcula el valor teórico simulado x_{8Soll} . El valor residual r, que se forma comparando x_{8Soll} con x_{8IST} , se emplea como base para la decisión 11 sobre un reemplazo y/o una restauración 13 del rodillo.

En la Fig. 4 se representa la relación entre la fase fuera de línea 6 y la fase en línea 12 en la monitorización de un rodillo. En la fase fuera de línea se registran por lo menos dos canales de datos de medición teóricos 21 para el estado de referencia del sistema. Tras una definición, no representada, de un canal objetivo, se realiza un proceso previo de los datos de medición teóricos 4. A continuación se configura, tras el análisis estructural 22, un modelo 19 basado en los datos de medición teóricos procesados previamente y el resultado del análisis estructural. En la fase en línea 12 se leen los valores de medición reales en marcha 20 del sistema, que tras un cálculo no representado de un valor teórico para el canal objetivo y una determinación de un valor residual, basan la decisión sobre la restauración o sustitución del rodillo 11. El resultado de la decisión se representa en un módulo de aviso 23.

En la Fig. 5 se representa simbólicamente un diagrama de flujos con pasos procedimentales para la monitorización de un rodillo con dos canales objetivo de datos de medición teóricos (la fuerza de laminado y la velocidad angular del rodillo de trabajo inferior). La diferencia con la Fig. 1. consiste en que en la fase fuera de línea 6 se verifican los pasos 3 (definición de un canal objetivo, o sea la fuerza de laminado y la velocidad angular del rodillo de trabajo inferior), 4 (proceso previo de los datos de medición por canal objetivo), y 5 (configuración de un modelo por canal objetivo) para ambos canales objetivo. Aparte de esto, en la fase en línea 12 se emprenden los pasos 8 (cálculo de un valor teórico), 9 (cálculo de un valor residual) y 10 (proceso posterior del respectivo valor residual) para ambos canales objetivo. Ambos valores residuales r_1 y r_2 se introducen en una lógica de decisión 24, que tras una ponderación de ambos valores residuales emprende una decisión sobre una restauración y/o un reemplazo del rodillo.

En la Fig. 6 se representa la evolución temporal de un valor residual r en la monitorización de un rodillo en un sistema para el laminado de acero. Tras un periodo t_1 el valor residual r alcanza el valor umbral S_1 , en donde además se genera una advertencia al personal. Mediante esta advertencia se le pide al personal emprender pronto un reemplazo y/o una restauración del rodillo. Como sólo existe una advertencia, puede por ejemplo el laminado de una bobina aún concluir, antes de que se verifique realmente el reemplazo y/o la restauración del rodillo. En comparación con el valor umbral S_1 , el valor umbral S_2 está vinculado con una alarma, de forma que en la operación continuada del sistema se tiene que arrancar de una calidad reducida del material laminado o de un daño grave del rodillo. La ventana temporal A da, por consiguiente, efectivamente un intervalo de tiempo para el cambio y/o restauración del rodillo.

En la Fig. 7 se muestra la determinación de un valor límite dinámicamente variable 27, en donde se tienen en cuenta una medida de la sensibilidad del modelo 19, los datos de medición reales 20 y parámetros estadísticos del valor residual 10 en un generador de valor límite 26 en el cálculo del valor límite 27.

Lista de símbolos de referencia

1 inicio

2 adquisición de datos de medición teóricos

	3	definición de un canal objetivo
	4	proceso previo de los datos de medición teóricos
	5	configuración de modelo basada en los datos de medición
	6	fase fuera de línea
5	7	adquisición de datos de medición reales
	8	cálculo de un valor teórico
	9	determinación de un valor residual
	10	proceso posterior del valor residual
	11	decisión restauración o reemplazo
10	12	fase en línea
	13	reemplazo y/o restauración del rodillo
	14	caja de laminado
	15	banda
	16	rodillo de soporte
15	17	rodillo de trabajo
	18	cilindro de ajuste
	19	modelo
	20	datos de medición reales
	21	datos de medición teóricos
20	22	análisis estructural
	23	módulo de advertencia
	24	lógica de decisión
	25	valor residual
	26	generador de valor límite
25	27	valor límite
	A	ventana temporal para reemplazo y/o restauración

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la monitorización de un rodillo en una instalación para el laminado de metal, ofreciendo los pasos:
- Recepción de por lo menos dos canales de datos de medida teóricos en el estado de referencia de la instalación;
- 5
- Definición de un canal objetivo a partir de los canales de los datos de medida teóricos;
 - Proceso previo de los datos de medida teóricos;
 - Formación basada en los datos de medida de un modelo para el canal objetivo a partir de los datos de medida teóricos procesados previamente;
- 10
- Recepción de por lo menos dos valores de medida reales en el estado de operación en curso de la instalación, entre los que hay un valor de medida real para el canal objetivo y un valor de medida real para al menos otro canal;
 - Cálculo de un valor teórico para el canal objetivo con ayuda del modelo y considerando el valor de medida real para al menos otro canal;
 - Determinación de un valor residual por comparación entre los valores de medida teórico y real para el canal objetivo;
- 15
- Decisión entre restaurar o reemplazar el rodillo comparando el tamaño del valor residual con un valor límite, en donde los datos de medida teóricos se someten durante el proceso previo de los datos de medida a los pasos
 - Detección y eliminación de "canales cero ";
 - Detección y eliminación de valores atípicos;
 - Filtrado;
- 20
- Downsampling (resampleado con disminución de resolución).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque, tras la recepción, los datos de medida teóricos se almacenan.
3. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 2, caracterizado porque como canal objetivo se usa la fuerza de laminado del rodillo o una variable asociada.
- 25
4. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 2, caracterizado porque, como canal objetivo se utiliza la velocidad angular del rodillo o una variable asociada.
5. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque los datos de medida teóricos se someten tras el downsampling a una detección y eliminación de las zonas estacionarias.
- 30
6. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque los datos de medida teóricos se someten antes de la formación de un modelo basado en los datos de medida a un análisis estructural.
7. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque, para el canal objetivo se lleva a cabo una formación de varios modelos basados en los datos de medida a partir de los datos de medida teóricos procesados previamente.
- 35
8. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque el valor residual, antes de la decisión entre restaurar o reemplazar el rodillo, se somete a un proceso posterior del valor residual con al menos uno de los pasos
- Filtrado;
 - Detección y eliminación de valores atípicos;

- Cálculo de valores característicos estadísticos del valor residual,

en donde la decisión entre restaurar o reemplazar el rodillo se basa en el valor residual procesado posteriormente.

9. Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado porque, como valores característicos estadísticos se calcula o bien el valor medio, la mediana o la desviación estándar o la varianza.

5 10. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque el valor límite es o bien fijo o dinámicamente variable.

11. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado porque,

- se definen varios canales objetivo a partir de los canales de los datos de medida teóricos;

10 - para cada canal objetivo se lleva a cabo una formación basada en los datos medidos de un modelo para el canal objetivo a partir de los datos medidos teóricos procesados previamente

- para cada canal objetivo se lleva a cabo un cálculo de un valor teórico para el canal objetivo usando el modelo para el canal objetivo y considerando el valor medido real para al menos otro canal;

- para cada canal objetivo se lleva a cabo una determinación de un valor residual comparando el valor teórico con el valor real para el canal objetivo;

15 - al menos en la comparación de un valor residual con un valor límite se basa en la decisión de restaurar o reemplazar el rodillo.

12. Procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado porque, los valores residuales se evalúan antes de la decisión de restaurar o reemplazar el rodillo.

20 13. Empleo del procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 12 para la monitorización de un rodillo de trabajo, intermedio o de apoyo de una caja de laminado para el laminado en frío o en caliente de materiales de hierro, acero o aluminio.

Fig. 1

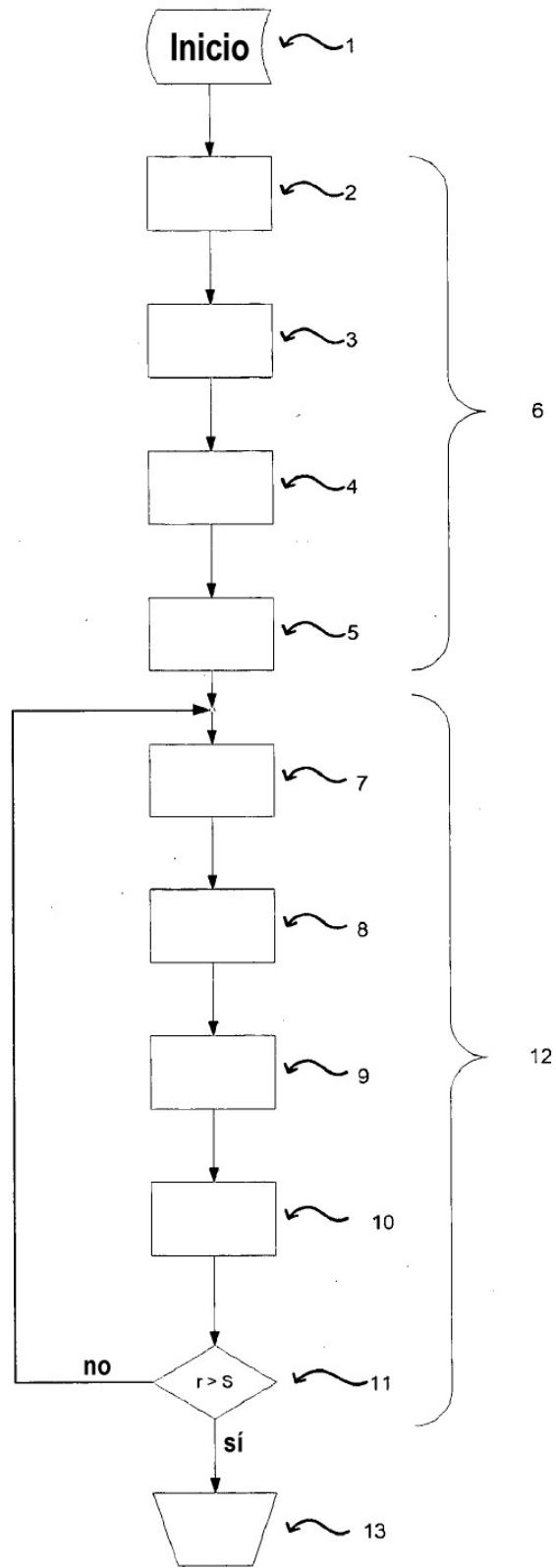


Fig. 2

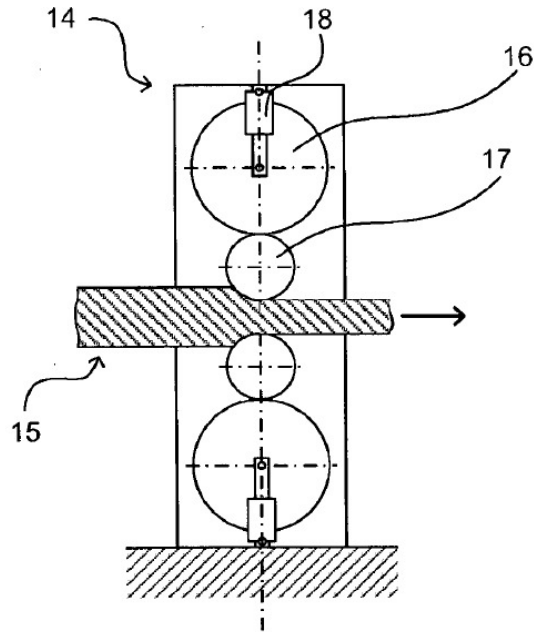


Fig. 3

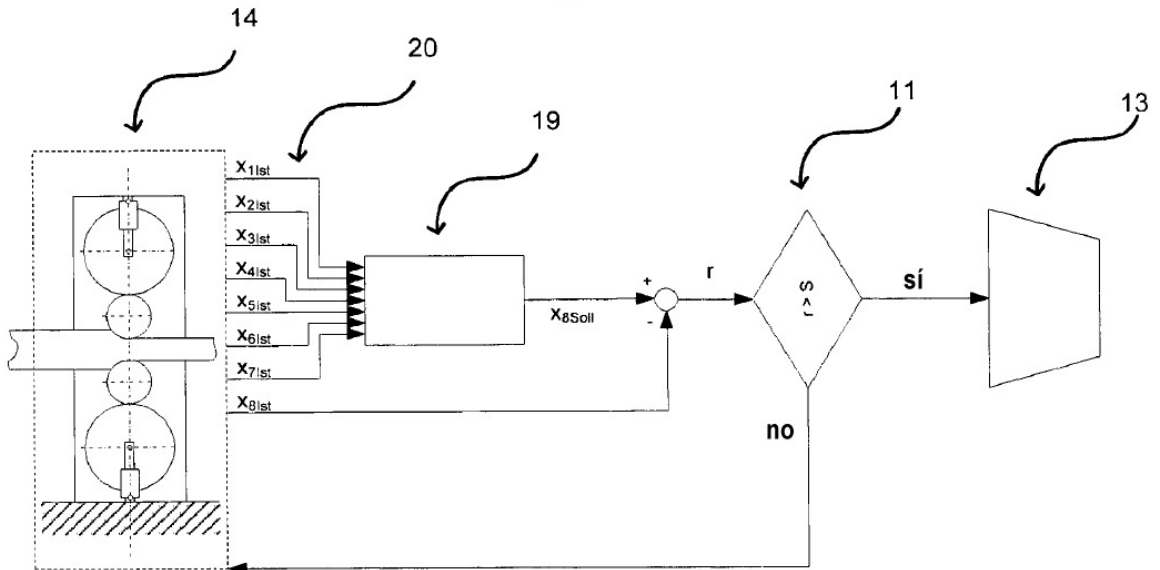


Fig. 4

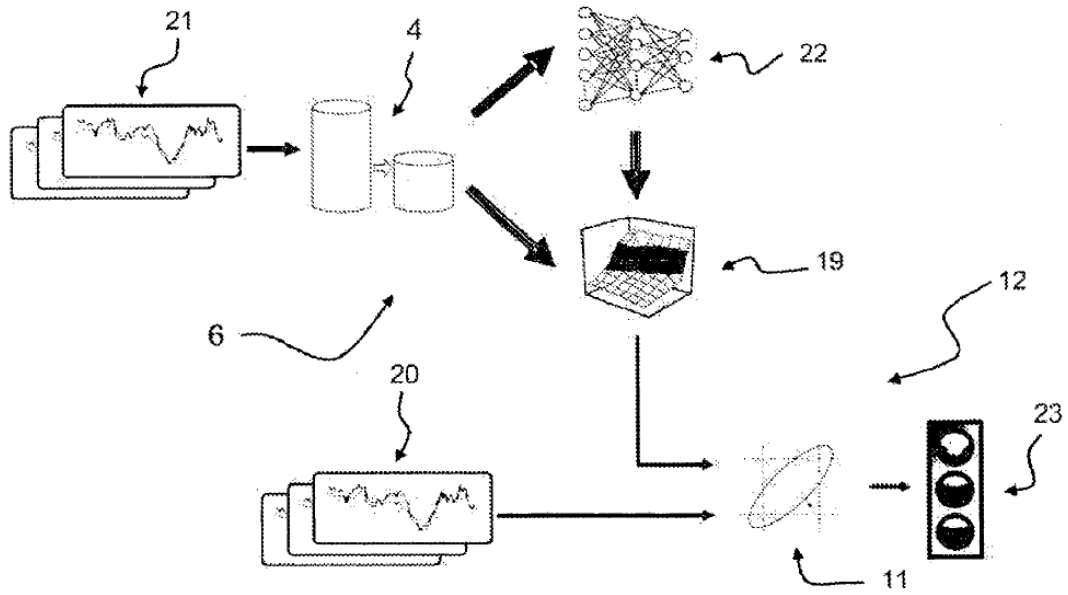


Fig. 6

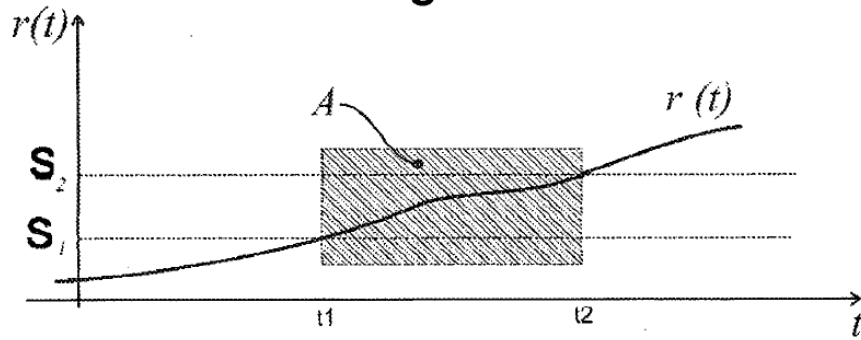


Fig. 7

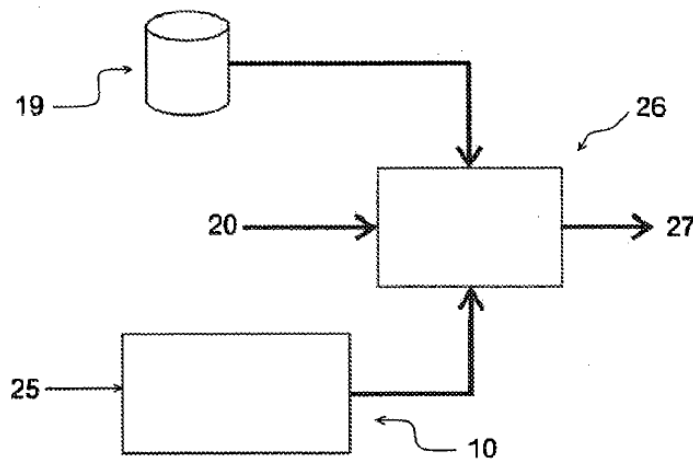


FIG. 5

