

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 925 177**

51 Int. Cl.:

G05B 23/02 (2006.01)

G01N 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.05.2018 PCT/EP2018/025135**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.11.2018 WO18215095**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.05.2018 E 18722398 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.07.2022 EP 3631592**

54 Título: **Método y sistema para determinar la vida útil restante de un dispositivo de proceso de flujo de fluidos**

30 Prioridad:

23.05.2017 EP 17020223

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

14.10.2022

73 Titular/es:

**LINDE GMBH (100.0%)
Dr.-Carl-von-Linde-Straße 6-14
82049 Pullach, DE**

72 Inventor/es:

**KRÖNER, ANDREAS;
POTTMANN, MARTIN y
SLABY, OLIVER**

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 925 177 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 determinar la vida útil restante de un dispositivo de proceso de flujo de fluidos

La invención se refiere a un método y a un sistema para determinar la vida útil restante de un dispositivo de proceso de flujo de fluidos diseñado como intercambiador de calor o como columna o como recipiente para la separación de fases, y a una disposición que comprende dicho dispositivo de proceso de flujo de fluidos y dicho sistema.

Estado de la técnica

Existe la necesidad de monitorizar una instalación o al menos sus componentes (lo que se conoce como *condition monitoring*), en particular, los dispositivos, mediante la adquisición y evaluación de variables adecuadas, como las vibraciones, con el fin de poder detectar preferentemente averías, fallos, defectos, etc. lo antes posible. Para ello, los componentes de la instalación que se van a monitorizar están equipados con sensores adecuados para medir las variables apropiadas y alimentarlas al proceso de evaluación. En particular, las vibraciones que se producen pueden relacionarse con el estado de la instalación, por ejemplo, para determinar una probabilidad de fallo o la vida útil restante de los componentes.

Sin embargo, la monitorización de componentes cuyo estado no puede estimarse a través de mediciones de sonido o vibración es problemática, por ejemplo, en dispositivos de proceso de flujo de fluidos, como intercambiadores de calor o columnas o recipientes para la separación de fases. Su material (metal) también está sujeto a la fatiga de los materiales, pero no debido a las vibraciones, sino a las fluctuaciones de tensión.

Aunque es posible calcular los niveles de tensión en el material mediante un método de elementos finitos, esto no puede hacerse en tiempo real debido a la complejidad y el tiempo que requiere el cálculo, sino solo fuera de línea. Estos métodos son poco adecuados para la monitorización regular y la determinación de la vida útil.

Por ejemplo, el documento WO 95/16890 A1 describe un sistema de monitorización para detectar directamente las pérdidas de rendimiento de un intercambiador de calor debidas a la suciedad, donde se mide una diferencia entre un primer y un segundo conjunto de valores de temperatura y, además, una diferencia entre un primer y un segundo conjunto de velocidades de un fluido refrigerante. Mediante un sistema de adquisición de datos, estas diferencias se evalúan y las pérdidas de rendimiento del intercambiador de calor se muestran en una pantalla.

El documento US 2015/0094988 A1 muestra una arquitectura de sensores para una planta de proceso con sensores para registrar valores medidos y una unidad lógica para evaluar los valores medidos por los sensores y para determinar variables que son imposibles, difíciles o muy costosas de medir directamente. Para ello, la unidad lógica evalúa los valores de los sensores mediante un modelo basado en datos empíricos.

El documento EP 2 887 168 A2 describe la monitorización y el control de máquinas con unidades de generación de energía, como turbinas de gas, vapor, viento o dispositivos similares para generar energía eléctrica. Para ello, se reciben datos de varios sensores. Además, se reciben datos externos relativos, por ejemplo, al historial de la máquina. Los datos del sensor y los datos externos se analizan y, por ejemplo, se determina una vida útil.

El documento DE 10 2009 042994 A1 describe un método para la monitorización de seguridad del funcionamiento de un intercambiador de calor para aumentar su vida útil.

Es deseable poder determinar, con la mayor precisión posible, los parámetros de dispositivos como los intercambiadores de calor, las columnas o los recipientes para la separación de fases que permitan extraer conclusiones sobre la vida útil.

Descripción de la invención

En este con texto, la presente invención propone un método para determinar la vida útil restante de un dispositivo de proceso de flujo de fluidos diseñado como intercambiador de calor o como columna o como recipiente para la separación de fases, y un sistema de sensores y unidades centrales para llevarlo a cabo, así como una disposición que comprende dicho sistema y un dispositivo de proceso que tiene las características de las reivindicaciones independientes. Las reivindicaciones dependientes, así como la siguiente descripción, tienen por objeto diversas realizaciones ventajosas.

El dispositivo puede estar diseñado como un componente de una planta de proceso y estar conectado a otros componentes de la instalación, por ejemplo, a otros intercambiadores de calor, columnas o recipientes para la separación de fases.

- 5 La invención hace uso de la medida de determinar las tensiones mecánicas como un parámetro no medible directamente de un dispositivo de proceso de flujo de fluidos, el cual está diseñado como un intercambiador de calor o como un separador de fase (contenedor con elementos internos) o como una columna (columna hueca y delgada con elementos internos), sobre la base de valores medidos de una temperatura que se originan en una pluralidad de sensores dispuestos en o sobre el dispositivo de proceso de flujo de fluidos. La vida útil restante se determina a partir de la tensión mecánica como otro parámetro que no se puede medir directamente. En este contexto, un parámetro no medible directamente debe entenderse, en particular, como un parámetro que caracteriza al dispositivo y que no puede medirse directamente mediante los sensores disponibles.
- 10 Según la invención, las tensiones mecánicas predominantes, en particular, en forma de niveles de tensión o curvas de tensión, se determinan a partir de los valores de temperatura medidos y, a partir de ello, se determina la vida útil restante como otro parámetro no medible directamente. Para ello, en una primera etapa, sobre la base de los valores de temperatura medidos, por ejemplo, mediante el uso de modelos sustitutos (*surrogate modelling*) o el aprendizaje automático (*machine learning*), se calculan las tensiones mecánicas que prevalecen en el material del dispositivo de proceso, en particular, en forma de niveles de tensión o curvas de tensión.
- 15 Se ha demostrado que la vida útil de un dispositivo de proceso de flujo de fluidos viene determinada en gran medida por el número de cambios de tensión de cierta magnitud. Estos cambios de tensión suelen producirse durante la puesta en marcha del dispositivo, al cambiar entre diferentes escenarios de funcionamiento o como resultado de las perturbaciones del proceso causadas, por ejemplo, por fallos de la máquina o de las válvulas. En general, la vida útil consumida depende en gran medida de la forma en que se opere el proceso, pero el personal operativo no suele tener una indicación clara de la influencia del funcionamiento en los niveles de tensión que se producen en el material del dispositivo y, por consiguiente, sobre la vida útil prevista.
- 20 La invención permite determinar en tiempo real las tensiones mecánicas en el material (generalmente metálico) de los dispositivos de proceso de flujo de fluidos y, a partir de ello, estimar la vida útil restante y, si se desea, otros parámetros no medibles directamente. Esto puede utilizarse preferentemente para la monitorización del estado (*condition monitoring*) y/o el mantenimiento predictivo (*predictive maintenance*) del dispositivo. Preferiblemente, esto también se puede utilizar para un control avanzado (*advanced control*) del dispositivo, por ejemplo, utilizando el dispositivo de tal manera que se mantenga una vida útil deseada. Si, por ejemplo, se detecta que la vida útil restante es demasiado baja (por ejemplo, si cae por debajo de un valor umbral), el dispositivo puede ser utilizado en el futuro de tal manera que se produzcan menos cambios de tensión y, por lo tanto, la vida útil restante no siga cayendo o incluso aumente de nuevo.
- 25 El dispositivo cuenta con una unidad central, que está acoplada a una unidad central remota (por ejemplo, un servidor o la llamada “nube”) para la transmisión de datos. Según la invención, la tensión mecánica se determina por medio de la unidad central, la tensión mecánica y/o los valores medidos de la temperatura se transmiten a la unidad central remota y allí se determina la vida útil restante. Alternativamente, según la invención, los valores medidos de la temperatura se transmiten a la unidad central remota y allí se determinan la tensión mecánica y la vida útil restante.
- 30 Así, en el ámbito de la presente invención, el parámetro determinado, es decir, la tensión mecánica determinada y/o los valores medidos de la temperatura, se transmiten a la unidad central remota y allí se determina la vida útil restante como al menos otro parámetro que no se puede medir directamente. En particular, esto permite determinar los parámetros a partir de los datos de varios dispositivos y/o parámetros cuya determinación supera la capacidad de cálculo y/o de almacenamiento de las unidades centrales locales utilizadas.
- 35 En este contexto, una unidad central remota debe entenderse, en particular, como una unidad central que no está unida al dispositivo y que puede estar situada a una distancia muy grande del dispositivo, y que no tiene que estar necesariamente ubicada en el mismo edificio. La unidad central montada en el dispositivo está convenientemente conectada a la unidad central remota a través de una red, en particular, a través de internet. En particular, la unidad central remota está diseñada como un servidor, convenientemente como parte de un sistema de unidad central remota y distribuida en el sentido de la computación en la nube. Mediante la computación en la nube, las infraestructuras informáticas, como el almacenamiento de datos, pueden adaptarse dinámicamente a la demanda y estar disponibles a través de una red. En particular, la unidad central montada en el dispositivo puede tener una construcción pequeña y las operaciones de computación más complejas pueden externalizarse a la unidad central remota, es decir, a la nube.
- 40 En particular, el dispositivo puede conectarse en red en el contexto de la conocida como Industria 4.0. Se trata de la conexión en red de los equipos de máquinas e instalaciones y, en particular, de su conexión a internet o al internet de las cosas (IoT, *Internet of Things*). Dichos dispositivos IoT en red pueden ser, por ejemplo, unidades de computación, unidades de control, sensores, actuadores u otros componentes de una máquina, que están conectados en red entre sí a través de una red, en particular, internet.
- 45 Así, preferiblemente, el dispositivo ya está equipado con sensores y la unidad central (como parte del sistema según la invención) y, por lo tanto, en cierto modo, con su propia “inteligencia” independiente del control de la instalación.

La tensión mecánica determinada, como parámetro no medible directamente, puede utilizarse o procesarse posteriormente, en particular, en la planta de proceso y/o de forma externa (por ejemplo, en una empresa de mantenimiento). Puede utilizarse, por ejemplo, para la monitorización del estado (*condition monitoring*) y/o el mantenimiento (*predictive maintenance*) y/o el control (*advanced control*).

Ventajosamente, la vida útil determinada y/u otros parámetros no medibles directamente determinados por la unidad central externa pueden ser transmitidos desde la unidad central externa a la unidad central. El parámetro o parámetros pueden almacenarse en la unidad central del dispositivo y utilizarse posteriormente, por ejemplo, para la monitorización del estado o el mantenimiento predictivo u otros fines, por ejemplo, para el funcionamiento o el control de la planta.

Preferiblemente, la tensión mecánica se determina como un parámetro (esencialmente) en tiempo real, de modo que está disponible *ad hoc* para otros fines, en particular, para determinar la vida útil. En particular, para ello pueden utilizarse modelos sustitutos físicos o basados en datos o modelos sustitutos entrenados mediante algoritmos de aprendizaje automático. Así, en cierto sentido, la invención actúa como un “sensor inteligente” que “mide” el parámetro en cuestión. También es útil para determinar otros parámetros, como la vida útil consumida, la suciedad interna (fouling) y la mala distribución de un flujo o flujos de proceso (por ejemplo, una distribución desigual de un flujo de proceso sobre los pasos individuales de un intercambiador de calor de placas que da lugar a una reducción de la capacidad de transferencia de calor, o la distribución desigual del flujo de gas y líquido sobre la sección transversal en una columna que da lugar a una capacidad reducida de transferencia de masa).

Para determinar los parámetros en tiempo real es necesario disponer de un número suficiente de valores medidos, idealmente de diferentes puntos. Sin embargo, tradicionalmente los dispositivos de proceso no están equipados con sensores, o al menos no en la medida necesaria. Por lo tanto, es preferible que el dispositivo de proceso se planifique en consecuencia durante la fase de diseño y se equipe con un número suficiente de sensores durante la fabricación para permitir la posterior determinación de los parámetros en tiempo real. Estos sensores son parte integral de una realización preferida de un dispositivo de proceso según la invención y se colocan en la superficie o dentro del material del dispositivo de proceso.

Además de la presencia de sensores adecuados, la medición y el tratamiento de las señales es otro aspecto importante en la determinación de los parámetros. Para ello pueden utilizarse una o varias unidades centrales adecuadas, en particular, los denominados ordenadores monoplaca (*single-board Computer* o SBC), como un Raspberry Pi o un Arduino. Un ordenador monoplaca es un sistema informático donde todos los componentes electrónicos necesarios para su funcionamiento están combinados en una única placa de circuito impreso. Gracias a la potencia de cálculo y al sistema operativo existente, tienen la posibilidad de registrar y procesar de forma flexible los datos de los sensores (si es necesario, utilizando métodos de procesamiento de señales, como la determinación de valores atípicos, el suavizado y el filtrado). Son robustos, fiables y se construyen a pequeña escala. Por tanto, cumplen sobradamente los requisitos importantes para su uso en el ámbito industrial. Además, los ordenadores monoplaca suelen ser muy baratos. Asimismo, cuentan con un número suficiente de conexiones, especialmente las llamadas conexiones de entrada/salida de propósito general (*general purpose input/output* o GPIO). Gracias a la disponibilidad de WiFi, LAN, Bluetooth y otras tecnologías del ámbito de las telecomunicaciones, como, por ejemplo, LTE, los datos pueden transmitirse a la unidad central remota (un servidor o la llamada “nube”) con especial facilidad. Si no se dispone de una conexión de red para la transmisión o si los datos solo deben enviarse a petición, se utiliza la memoria de la placa para almacenar temporalmente los datos.

La conexión de la(s) unidad(es) central(es) con el sistema de control de procesos (*Distributed Control System/DCS* o *Process Control System/PCS*), que se utiliza para controlar la planta de proceso, no es absolutamente necesaria, ya que las unidades centrales o la unidad central remota se utilizan para determinar los parámetros o la vida útil restante, lo cual normalmente no tiene nada que ver con el funcionamiento real de la planta. Por lo tanto, una posible separación de la red supone un beneficio para los aspectos de seguridad. Sin embargo, se puede prever ventajosamente incluir los valores no medidos por los sensores (también denominados valores externos), en particular, las temperaturas de entrada y salida y/o los valores ambientales (temperatura ambiente, presión del aire, humedad del aire, etc.), en la determinación del parámetro además de los valores medidos. En particular, los valores ambientales también pueden provenir de terceros, como los servicios meteorológicos, etc.

Preferiblemente, los valores virtuales medidos de una variable objetivo también se determinan en la unidad central y/o en la unidad central remota a partir de los valores medidos (medidos y/o externos). En particular, en el caso de que los valores medidos de los sensores especialmente previstos para este fin y los valores medidos externos mencionados no sean suficientes para una determinación cualitativamente suficiente del parámetro, la unidad central proporciona preferentemente los llamados sensores virtuales. Estos se basan en una dependencia de la variable objetivo respecto a las variables medidas sustitutivas. Así, la variable objetivo no se mide directamente, sino que se calcula a partir de variables medidas correlacionadas con ella y de un modelo de correlación o dependencia. La determinación de la dependencia puede llevarse a cabo de diferentes maneras, por ejemplo, con la ayuda de modelos, redes neuronales artificiales o métodos multivariantes. Preferiblemente, los sensores virtuales se basan en modelos *ab initio*, modelos empíricos o modelos basados en datos del dispositivo y/o de los componentes adyacentes de la planta.

En general, el sistema de sensores y al menos una unidad central montada en el dispositivo y una unidad central remota acoplada a esta para transmitir datos pueden utilizarse ventajosamente para registrar datos de los sensores, para filtrar estos datos según sea necesario, para calcular otras salidas según sea necesario, como los valores medidos que faltan o que no están directamente disponibles (temperaturas internas, estados de fase), y para determinar parámetros. Preferiblemente, los datos resultantes se almacenan en la unidad central remota y/o se transmiten desde la unidad central remota a la unidad central. En particular, el uso de ordenadores monoplaca con tecnología de nube es una solución muy flexible y rentable para la adquisición de datos de los sensores y para proporcionar datos de sensores virtuales.

Preferentemente, el intercambiador de calor está diseñado como un intercambiador de calor de placas o en espiral o bobinado, en particular, como un intercambiador de calor de dos flujos o de varios flujos. La columna es preferentemente una columna de platos o una columna empaquetada o una columna rellena para la rectificación, la absorción o el lavado físico.

Los intercambiadores de calor son conocidos en numerosas realizaciones. Básicamente, los intercambiadores de calor están diseñados para permitir el intercambio de calor entre los fluidos (gases o líquidos) que fluyen a través de ellos. Los fluidos permanecen separados espacialmente de modo que no se mezclan. Por lo tanto, las cantidades de calor intercambiadas por los fluidos fluyen a través de las estructuras del intercambiador de calor que separan los fluidos. Un intercambiador de calor de placas tiene una pluralidad de cámaras o pasos formados por placas a través de los cuales pueden fluir los fluidos. Un paso puede tener perfiles de intercambio de calor, llamados aletas, a través de las cuales o a lo largo de las cuales fluye el fluido respectivo. Los intercambiadores de calor de placas, en particular, están sometidos a una fuerte fatiga del material inducida por la tensión debido a su configuración especial con muchas cámaras por las que fluye el fluido a diferentes temperaturas, por lo que la invención es especialmente adecuada para este fin.

Gracias a la flexibilidad de los ordenadores monoplaca y a los sistemas operativos disponibles, a la conectividad en la nube y a las conexiones GPIO disponibles, se puede utilizar un sistema compuesto por sensor(es) y ordenador monoplaca para todo tipo de componentes de la planta en los que se instalen sensores y para todo tipo de valores medidos. Especialmente en entornos en los que el fabricante/responsable de mantenimiento de la planta no tiene acceso directo a los valores medidos de la planta del operador, este proceso puede utilizarse para generar y recopilar los datos necesarios para un análisis posterior deseable.

Un método que puede llevarse a cabo con este planteamiento es, por ejemplo, la monitorización del rendimiento de los intercambiadores de calor en espiral o bobinados. Para este tipo de intercambiadores de calor, se puede obtener una distribución tridimensional de la temperatura mediante mediciones de fibra óptica. La recopilación de datos puede realizarse entonces mediante los métodos aquí descritos, donde el análisis de los datos se dirige preferentemente hacia los gradientes térmicos observados en las diferentes secciones y las posibles malas distribuciones de un flujo o flujos de proceso. Además de los sensores de temperatura, presión y caudal, los sensores acústicos también son útiles para controlar las vibraciones en el intercambiador de calor en espiral. De toda esta información se pueden derivar indicaciones sobre la integridad de las conducciones y sus soportes.

Otra aplicación ventajosa de estos sistemas es el control de depósitos, en los que se deben generar órdenes automáticas cuando el nivel de llenado cae por debajo de un determinado umbral. En este caso, el nivel de llenado se puede monitorizar continuamente mediante los sensores correspondientes y, en particular, en la evaluación se pueden utilizar modelos de predicción para poder estimar de la mejor manera posible el momento ideal para realizar un nuevo pedido y/o la cantidad del nuevo pedido.

Otra aplicación ventajosa de estos sistemas es la monitorización de la calidad de la separación de las fases gaseosa y líquida en un separador de fases o en una columna. Además de las temperaturas de la superficie y del flujo interno, también se pueden obtener preferentemente los caudales y las pérdidas de presión como valores medidos. A partir de estos valores medidos, además de las tensiones mecánicas y el tiempo de vida útil restante, se puede determinar preferentemente un grado de separación de las fases gaseosa y líquida como parámetro no medible directamente. Mediante la medición de las propiedades ópticas de la fase gaseosa, se puede útilmente determinar la cantidad residual de líquido en la fase gaseosa. Sobre la base de la fracción de líquido determinada de este modo, los equipos posteriores sensibles al líquido, como los compresores, pueden protegerse del líquido mediante un control adecuado del proceso.

Otra aplicación ventajosa de estos sistemas es el mantenimiento predictivo de grandes plantas, como los craqueadores de vapor o los reformadores. Utilizando una pluralidad de los sistemas mencionados, se pueden recopilar y evaluar numerosos datos de sensores reales y virtuales en un centro de datos o en la nube. A partir de la evaluación se puede estimar la necesidad de mantenimiento (por ejemplo, descoque, reparación, sustitución). Al mismo tiempo, la recopilación y evaluación de datos puede permitir la identificación de los puntos débiles y la mejora de las futuras instalaciones.

En el marco de la invención, se presenta un método flexible para implementar sensores en dispositivos de proceso y para acceder a los datos de los sensores a fin de determinar los parámetros de la vida útil restante en tiempo real (en línea). Además, la invención propone los denominados sensores virtuales en ordenadores monoplaca, que, sobre la base de las variables de proceso mediante simulaciones *ab initio* u optimizaciones, generan estimaciones para parámetros de sensores que no son directamente accesibles.

También es ventajoso implementar el método en forma de programa informático, con lo que se consiguen unos costes particularmente bajos, especialmente si se sigue utilizando una unidad de control de ejecución para otras tareas y, por lo tanto, está disponible de todos modos. Los soportes de datos adecuados para proporcionar el programa informático son, en particular, las memorias magnéticas, ópticas y eléctricas, como los discos duros, las memorias flash, las EEPROM, los DVD y otros. También es posible descargar un programa a través de las redes informáticas (internet, intranet, etc.).

Otras ventajas y configuraciones de la invención resultan de la descripción y las figuras adjuntas.

La invención se ha representado por medio de realizaciones ilustrativas en las figuras de manera esquemática y se describe a continuación con referencia a las figuras.

Breve descripción de las figuras

La Figura 1 muestra de forma esquemática y en perspectiva un intercambiador de calor de placas desde el exterior con algunos componentes adicionales.

La Figura 2 muestra un diagrama de flujo esquemático de un método según una realización de la invención.

La Figura 3 muestra un diagrama de bloques esquemático de un método según una realización de la invención.

Descripción detallada de las figuras

La Figura 1 muestra una vista exterior de un dispositivo de proceso en forma de intercambiador 1 de calor de placas. El intercambiador de calor de placas tiene un cuerpo central 8 cuboide con una longitud de, por ejemplo, varios metros y una anchura o altura de, por ejemplo, uno o varios metros. En la parte superior del cuerpo central 8, en sus laterales y debajo del cuerpo central 8, se pueden ver los complementos 6 y 6a. Los complementos 6 y 6a situados debajo del cuerpo central 8 y en el lado opuesto al mostrado están parcialmente ocultos.

A través de las boquillas 7 se puede suministrar o extraer un flujo de fluido o de proceso del intercambiador de calor de placas. Los complementos 6 y 6a sirven para distribuir el fluido introducido a través de las boquillas 7 y para recoger y concentrar el fluido a extraer del intercambiador de calor de placas, respectivamente. Dentro del intercambiador de calor de placas, los diferentes flujos de fluidos intercambian entonces energía térmica.

El intercambiador de calor de placas que se muestra en la Figura 1 está diseñado para hacer pasar flujos de fluido en pasos independientes para el intercambio de calor. Una parte de los flujos puede pasar en direcciones opuestas, otra parte en dirección transversal o en la misma dirección.

Esencialmente, el cuerpo central 8 es una disposición de placas divisorias, perfiles de intercambio de calor (conocidos como aletas) y perfiles distribuidores. Las placas divisorias y las capas que contienen los perfiles se alternan. Una capa que tiene un perfil de intercambio de calor y perfiles distribuidores se denomina paso.

El cuerpo central 8 tiene, por tanto, pasos y placas divisorias dispuestos de forma alterna y en paralelo a las direcciones de flujo. Tanto las placas divisorias como los pasos son principalmente de aluminio. A sus lados, los pasos se cierran con vigas de aluminio, de modo que la construcción apilada con las placas divisorias forma una pared lateral. Los pasos externos del cuerpo central están ocultos por una cubierta de aluminio situada en paralelo a los pasos y a las placas divisorias.

Dicho cuerpo central 8 puede fabricarse, por ejemplo, aplicando una soldadura a las superficies de las placas divisorias y, a continuación, apilando alternativamente las placas divisorias y los pasos unos sobre otros. Las cubiertas cubren el cuerpo central 8 hacia arriba o hacia abajo. Posteriormente, el cuerpo central se ha soldado calentándolo en un horno.

En los laterales del intercambiador de calor de placas, los perfiles distribuidores tienen accesos de perfil distribuidor. A través de ellos, el fluido puede ser introducido desde el exterior en los pasos asociados a través de los complementos 6 y 6a y las boquillas 7, y también puede ser extraído de nuevo. Los accesos de perfil distribuidor están ocultos por los complementos 6 o 6a.

A partir del documento EP 1 798 508 A1 es conocido que se puede determinar la distribución de tensiones en el intercambiador de calor de placas mediante la simulación de la distribución de temperatura basada en los flujos de

calor. A partir de estas distribuciones de tensión simuladas, se pueden estimar los riesgos de fallo. Para determinar la distribución de tensiones en un intercambiador de calor de placas, se determina primero la distribución espacial de la temperatura en este mediante un modelo de capas y, a partir de él, la distribución de tensiones.

5 En el marco de una realización de la invención, se propone equipar el intercambiador de calor de placas con un número suficiente de sensores, aquí diseñados como sensores 10 de temperatura y, sobre la base de los datos de los sensores, determinar en una primera etapa la distribución de la tensión como parámetro de interés no medible directamente. Los sensores 10 de temperatura están acoplados y transmiten datos a una unidad central 20, que preferentemente también está dispuesta junto al intercambiador de calor de placas. Aunque en la figura los sensores 10 de temperatura tienen distancias relativamente grandes entre ellos, en la práctica estos están ventajosamente distribuidos de forma cercana para poder medir la distribución de la temperatura con suficiente resolución.

15 Según la realización preferida de la invención aquí mostrada, la unidad central 20 está diseñada como un ordenador monoplaca y está configurada para llevar a cabo un método según la invención, como se muestra esquemáticamente en la Figura 2.

En una etapa 201, mediante los sensores 10 de temperatura se registran una serie de mediciones de temperatura como valores medidos y se alimentan a la unidad central 20.

20 En una etapa 202, los valores medidos de temperatura se evalúan, en particular, mediante modelos, para determinar (203) las tensiones existentes en el material. Estas tensiones se determinan, en particular, con resolución espacial y temporal, de modo que se pueden determinar, en particular, curvas de tensión dependientes del espacio y del tiempo. Las tensiones o curvas de tensión representan un parámetro no medible directamente.

25 Estas se introducen en una estimación 204 de la vida útil, de manera que se determina (205) una vida útil restante como otro parámetro no medible directamente. Esta determinación utiliza, en particular, la medición de las fluctuaciones de tensión y su comparación con uno o varios valores umbral predefinidos. Cuanto más fluctúa la tensión localmente, más se estresa el material y más corta es la vida útil restante. Una gran fluctuación incluye tanto un gran cambio absoluto como un rápido cambio relativo, es decir, con un gran gradiente.

30 En particular, las etapas individuales tienen lugar de forma (casi) continua para permitir la monitorización continua del dispositivo 1.

35 La Figura 3 muestra un diagrama de bloques esquemático de un sistema 100 según una realización preferida de la invención. Como se ha explicado, el sistema 100 comprende una pluralidad de sensores 10, en particular, en forma de sensores de temperatura, una unidad central 20, preferentemente en forma de ordenador monoplaca, que está acoplada a los sensores 10 de forma que transmite datos, y una unidad central remota 30 ("nube") que está acoplada y transmite datos a la unidad central 20.

40 La unidad central 20 se alimenta preferentemente de otros datos 15, como los datos del sistema de control de procesos y/o datos históricos y/o datos del entorno. Estos pueden entenderse como valores medidos externos.

45 En conjunto, en la unidad central 20 están disponibles (21) numerosos valores medidos (internos y externos), tanto del proceso como del entorno. Además de los valores medidos de temperatura, estos valores pueden ser, en particular, valores medidos de flujo, de presión y otros valores medidos de temperatura, como las temperaturas de entrada y salida, la composición y la fracción de líquido o gas del fluido (en 7) o las temperaturas ambiente.

50 Según una realización preferida de la invención, en la unidad central 20 pueden implementarse también uno o varios de los denominados sensores virtuales 22, que, a partir de los valores de medición disponibles 21, calculan uno o varios valores de medición virtuales de variables objetivo que no son fácilmente accesibles para una medición.

55 Los valores medidos 21 reales (internos y/o externos) y los valores medidos 22 virtuales se introducen en una evaluación 23 que, en un primer paso, determina, en particular, las curvas de temperatura que prevalecen en el dispositivo 1 monitorizado.

Alternativa o adicionalmente, los valores medidos de temperatura y/o las curvas de temperatura pueden ser transmitidos a la unidad central remota 30.

60 Según una realización preferida de la invención, en una etapa 24, en la unidad central 20 se determinan las curvas de tensión a partir de las curvas de temperatura como parámetros no medibles directamente, de manera que el cálculo puede basarse, en particular, en modelos, tales como metamodelos basados en datos, junto con un algoritmo de estimación (filtro u observador). En una etapa 25, las curvas de tensión o los valores de tensión se transmiten a la unidad central remota 30 para su almacenamiento y/o procesamiento posterior.

65 Alternativamente, las curvas de tensión también pueden determinarse a partir de las curvas de temperatura en la unidad central remota 30.

5 En la unidad central remota 30, se estima una vida útil restante del dispositivo 1 a partir de las curvas de tensión como un parámetro no medible directamente. El resultado puede ser almacenado y/o procesado en la unidad central remota 30. Alternativa o adicionalmente, el resultado también puede ser transmitido desde la unidad central remota 30 a la unidad central 20 para su almacenamiento y/o procesamiento posterior.

También es concebible que la vida útil restante del dispositivo 1 se estime en la unidad central 20 a partir de los valores de tensión o de las curvas de tensión como un parámetro no medible directamente.

10 La vida útil restante y/o cualquier otro parámetro no medible directamente puede utilizarse o procesarse posteriormente, en particular, en la planta de proceso y/o externamente (por ejemplo, en una empresa de mantenimiento). Pueden utilizarse, por ejemplo, para la monitorización de estado (*condition monitoring*) y/o el mantenimiento predictivo (*predictive maintenance*) y/o el control avanzado (*advanced control*) del dispositivo o de toda la planta, respectivamente.

15

donde la unidad central montada y la unidad central remota tienen medios respectivos para llevar a cabo un método según una de las reivindicaciones anteriores.

- 5 14. Disposición que comprende un dispositivo (1) de proceso de flujo de fluidos en forma de intercambiador de calor o columna o recipiente para la separación de fases y un sistema según la reivindicación 13.

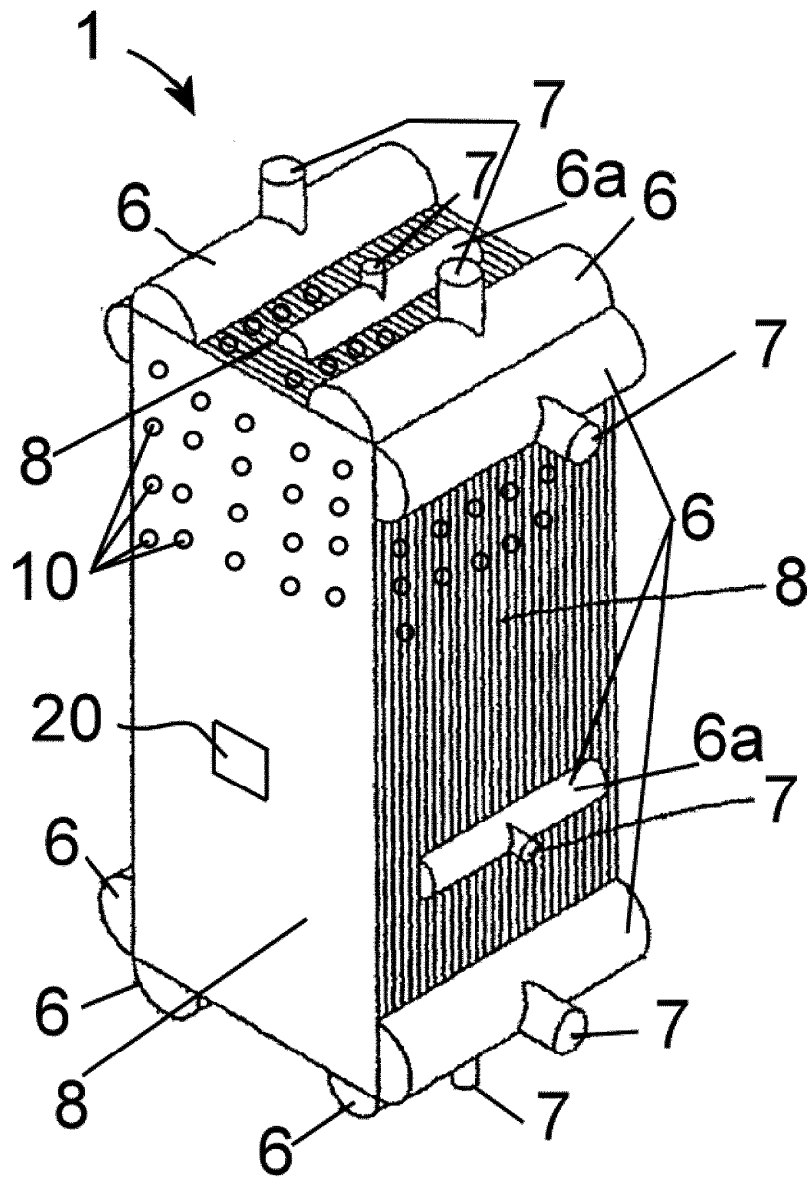


Fig. 1

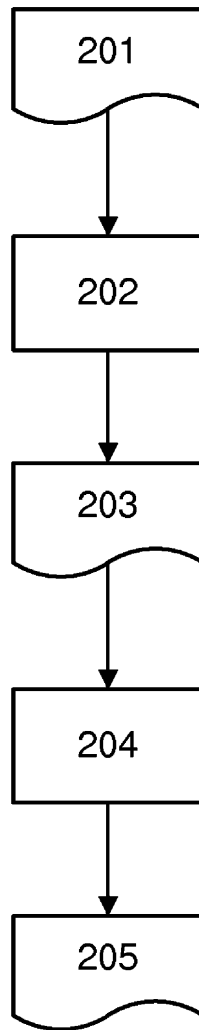


Fig. 2

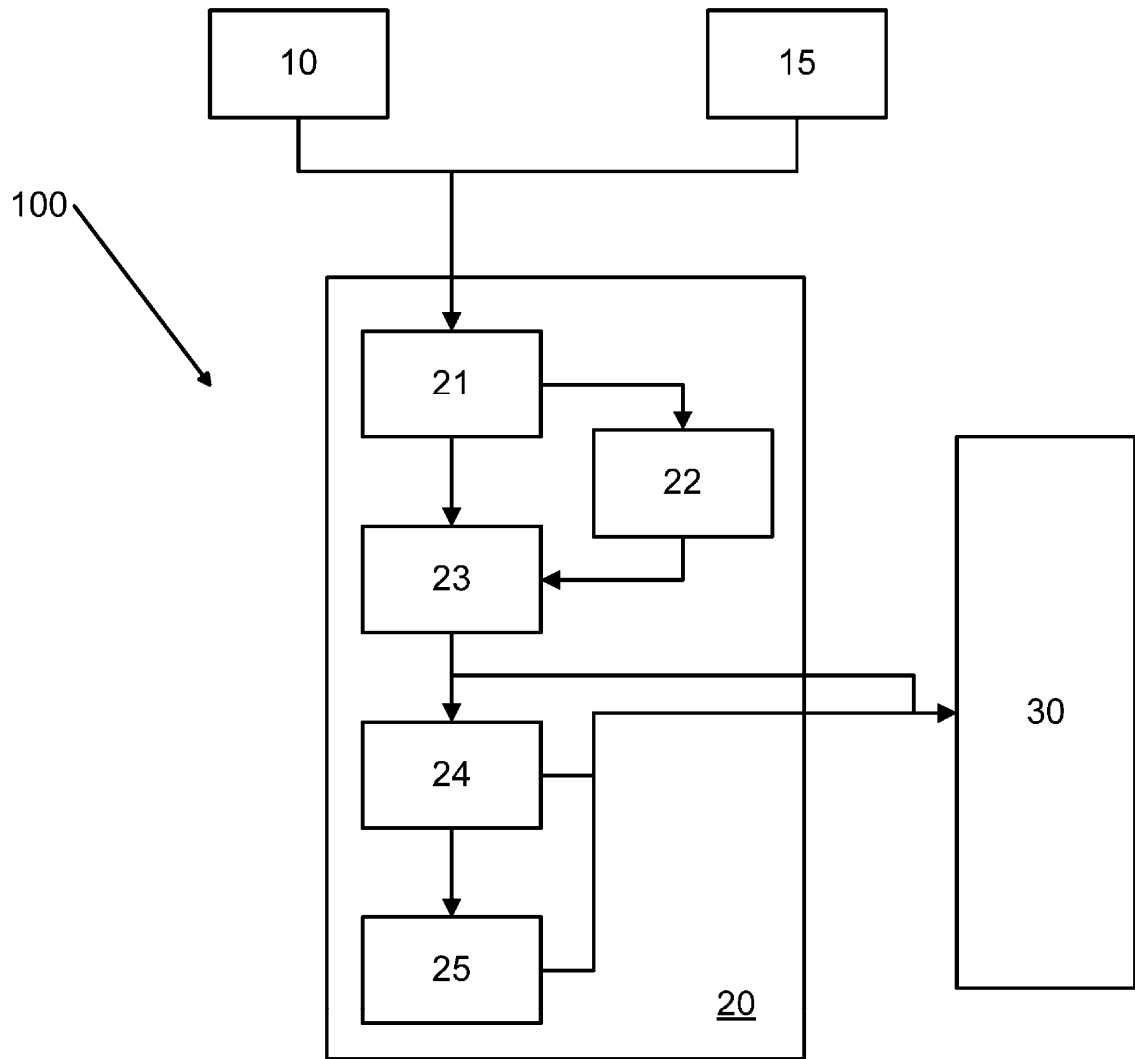


Fig. 3