

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 689 960**

51 Int. Cl.:

B29C 35/02 (2006.01)

B29C 70/54 (2006.01)

B29C 70/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.09.2012 E 12186092 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.08.2018 EP 2572853**

54 Título: **Control de un proceso de fabricación en autoclave**

30 Prioridad:

26.09.2011 DE 102011053921

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

16.11.2018

73 Titular/es:

**DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND
RAUMFAHRT E.V. (100.0%)**

**Linder Höhe
51147 Köln, DE**

72 Inventor/es:

**UCAN, HAKAN;
LIEBERS, NICO;
KÜHN, MICHAEL;
BÖLKE, JENS y
MEYER, MATTHIAS**

74 Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

ES 2 689 960 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).

CONTROL DE UN PROCESO DE FABRICACIÓN EN AUTOCLAVE

DESCRIPCIÓN

5 La invención se refiere a un procedimiento para controlar un proceso de fabricación en autoclave para fabricar una pieza compuesta de fibras en un autoclave, con introducción de una pieza en un autoclave y comienzo del proceso de fabricación en autoclave con valores de control predeterminados de parámetros de control del autoclave. La invención también se refiere a una instalación de fabricación para este fin con un autoclave.

10 Las piezas compuestas de fibras generalmente están fabricadas de un material de fibras como material formador de estructura y un sistema matricial, como por ejemplo una resina. Cuando se une el material de fibras con la resina matricial, resultan piezas extremadamente estables, que tienen un peso considerablemente menor que los materiales comparables.

15 Un modo de fabricación de tales piezas es al respecto el proceso de fabricación en autoclave. Un autoclave es un horno estanco a la presión, que puede ser sometido a altas temperaturas y presiones. La napa de fibras impregnada o no impregnada se introduce en un tal autoclave, formándose al someterla a continuación a la temperatura y a la presión, que en función de resina matricial puede encontrarse entre 20 100° y 300 °C y entre 3 y 20 bar, la pieza ya terminada mediante polimerización y/o endurecimiento de la resina matricial. No pocas veces se encuentra una tal napa de fibras sin impregnar en una estructura de herramienta hermética al vacío, de modo que debido a la diferencia de presiones, primeramente la napa de fibras se infiltra mediante la resina matricial y a continuación se realiza el proceso de endurecimiento propiamente dicho con el autoclave.

25 El proceso de endurecimiento y/o polimerización propiamente dicho en el autoclave se lleva a cabo entonces en base a una curva predeterminada de temperatura-presión a lo largo del tiempo. Debido al hecho de que la fabricación de tales piezas compuestas de fibras, en particular en la fabricación en serie, está sometida a grandes fluctuaciones al influir una pluralidad de factores, el proceso de fabricación suele estar sujeto a factores de seguridad muy elevados, en detrimento de la productividad. Esto ciertamente reduce el riesgo de defectos y de que disminuya la calidad de la pieza, pero así el proceso de fabricación es también más costoso en sí mismo, lo cual dificulta que se difundan tales piezas.

30 Otra desventaja en tales procesos de fabricación en autoclave es que la calidad real de las piezas sólo puede juzgarse después de todo el proceso de fabricación. Así no es raro que al quedar sin impregnar una gran zona de las fibras presente la pieza ya al inicio del proceso de fabricación una calidad tan baja que tenga que retirarse posteriormente. Sin embargo, como faltan los mecanismos adecuados para detectar esta circunstancia a tiempo, recorre la pieza el proceso completo de fabricación en el autoclave, hasta que a continuación tenga que detectarse que la pieza debe retirarse. Esto ocupa una elevada capacidad, lo cual repercute igualmente de forma muy negativa sobre la estructura de costos de tales procesos de fabricación.

35 Por el documento EP 0 542 508 A1 se conoce un procedimiento para fabricar una pieza compuesta de fibras en el que se captan los parámetros de proceso correspondientes mediante sensores y a continuación se comparan con la correspondiente signatura de proceso, para poder detectar desviaciones.

40 Por el documento US 4,515,545 se conoce también un procedimiento para fabricar piezas compuestas de fibras en el que se miden solamente parámetros de proceso correspondientes al proceso de fabricación y a continuación se comparan con un patrón correspondiente, tal que una curva de temperatura-presión discorra dentro de un corredor predefinido. Por lo tanto, es objetivo de la presente invención indicar un procedimiento mejorado y una instalación de fabricación mejorada con la que aumente la calidad de piezas compuestas de fibras y al mismo tiempo se puedan optimizar los factores de productividad, en particular en la fabricación en serie. Además, es en particular un objetivo de la presente invención asegurar en la fabricación en serie que las piezas a fabricar cumplan con una calidad repetible y asegurada.

55 El objetivo se logra con el procedimiento de la clase mencionada al principio de acuerdo con la invención mediante las etapas de:

60 b1) captación de datos relativos a una pluralidad de parámetros de proceso y / o de la pieza del proceso de fabricación y de la pieza introducida en el autoclave mediante un sistema de sensores,
b2) determinación de datos relativos a al menos un parámetro de proceso y/o de la pieza no captado correspondiente a la pieza introducida en el autoclave mediante una simulación numérica

65 del autoclave, que recibe como magnitudes numéricas de entrada datos captados a través del

sistema de sensores de al menos una parte de los parámetros del proceso y/o de la pieza, mediante una unidad de simulación (6),

c) determinación de un estado de la pieza correspondiente a la pieza que se encuentra en el autoclave en función de una correlación de los datos mediante una unidad de control que comunica con el sistema de sensores y

d) control del proceso de fabricación en autoclave en función del estado de la pieza determinado mediante la unidad de control.

Se indicará de acuerdo con la invención un procedimiento para el control de un proceso de fabricación en autoclave para fabricar una pieza compuesta de fibras en un autoclave, en el que se captan permanentemente datos relativos a parámetros del proceso y/o de la pieza. Tales parámetros pueden ser por ejemplo el flujo de aire, el transporte de calor, el grado de polimerización, la temperatura de la pieza, la presión, así como mediciones del vacío y su estanqueidad. Para ello pueden utilizarse por ejemplo sensores del sistema de sensores que son adecuados para captar tales parámetros, tales como termoelemento, cámaras térmicas, sensores ultrasónicos, sensores dieléctricos o similares.

Estos datos captados se suministran luego a una unidad de control, que determina, basándose en estos datos, un estado actual de la pieza correspondiente a la pieza compuesta de fibras que se encuentra en el autoclave en función de una correlación de los datos. Esto es así porque mediante la correlación de los datos, por ejemplo basada en los correspondientes valores empíricos, puede determinarse continuamente el estado de la pieza que se encuentra en el autoclave, con lo que un deterioro de la calidad de la pieza queda patente durante el proceso de fabricación y no más tarde.

Como ejemplo de dicha correlación mencionemos que ciertas combinaciones de datos conducen con una cierta probabilidad a que la pieza se deba retirar debido a la calidad. Por ejemplo si no excede la temperatura de la pieza durante el proceso de fabricación, al menos durante un cierto período de tiempo, de un cierto valor de umbral, entonces se puede predecir con una probabilidad suficiente que la reacción polimérica no se ha completado, de modo que la pieza no se terminó de endurecer. Pero por otro lado se puede determinar que la pieza tiene la calidad deseada cuando la temperatura de la pieza excede durante un cierto período de tiempo al menos el valor de umbral establecido, con lo que la resina matricial está completamente endurecida, por lo que puede renunciarse a utilizar grandes factores de seguridad, lo que origina un aumento de la productividad.

La unidad de control está equipada por lo tanto de tal manera que la misma controla correspondientemente el proceso de fabricación en autoclave en función del estado determinado para la pieza, para por ejemplo evitar correspondientemente una calidad negativa de la pieza o bien para acortar correspondientemente el proceso de fabricación cuando la calidad de la pieza es correspondientemente positiva. La unidad de control puede ser entonces una unidad de cálculo de orden superior con funcionalidades de control y puede estar conectada por ejemplo con el PLC (control programable en memoria) del autoclave para realizar el control.

Se indica así un control de autoclave dinámico, que en definitiva controla el proceso en función del estado averiguado para la pieza tal que la calidad de la pieza cumple con un valor predeterminado y a la vez se optimiza el proceso en cuanto a la productividad. Si se detecta durante el proceso de fabricación en autoclave que el estado de la pieza es tan malo que con una cierta probabilidad la calidad de la pieza no cumpla posteriormente las exigencias, entonces puede también finalizar el proceso del autoclave prematuramente. La pieza no tiene que recorrer así todo el proceso de fabricación para posteriormente ser retirada por falta de calidad. Esto incrementa los ciclos de productividad.

Ventajosamente se realiza el control del proceso de fabricación en autoclave adaptando los valores del control correspondientes a los parámetros de control del autoclave en función del estado averiguado de la pieza. Los parámetros de control del autoclave pueden ser por ejemplo la temperatura, la presión y la duración del proceso o del ciclo. Pero también puede pensarse en que los parámetros de control del autoclave sean las correspondientes evoluciones de parámetros como por ejemplo la evolución de la temperatura-presión con el tiempo. Adaptando estos valores de control durante el proceso de fabricación, puede influirse directamente sobre la calidad de la pieza.

Entonces se determinan datos adicionales de al menos un parámetro de la pieza no captado correspondiente a la pieza alojada en el autoclave a partir de una simulación numérica del autoclave. Como magnitudes de entrada numéricas recibe la simulación del autoclave datos captados de al menos una parte de los parámetros del proceso y/o de la pieza. Con ayuda de un tal modelo virtual del autoclave, que puede reproducir el proceso completo del autoclave en un modelo próximo a la realidad y susceptible de funcionar en tiempo real y con ello en base a los datos captados puede predecir, al menos parcialmente, la secuencia del proceso, pueden determinarse datos de parámetros del proceso y/o de la pieza, que no pueden medirse directamente con ayuda del sistema de sensores. De esta manera puede

ampliarse el banco de datos existente con tales parámetros que no pueden medirse, con lo que puede determinarse el estado de la pieza con bastante más precisión. Tales parámetros que pueden determinarse a partir de una simulación numérica del autoclave pueden ser por ejemplo el grado de dureza, la tensión interna, así como la contracción, etc.

5

Ventajosamente se archivan los datos captados y/o determinados en una memoria de datos, en particular todos los datos captados y/o determinados, para que los mismos puedan proporcionarse por ejemplo para utilizarlos posteriormente. Con ayuda de la memoria de datos pueden entonces deducirse por ejemplo valores experimentales u otras correlaciones, que a continuación pueden utilizarse como base para el control dinámico del proceso del autoclave.

10

Así es por ejemplo especialmente ventajoso que al detectarse una desviación durante el proceso de fabricación se busquen primeramente en el banco de datos o bien en la memoria de datos escenarios desviación-reacción iguales o similares. Así pueden incluirse los valores de control archivados en la memoria de datos (por ejemplo temperatura, presión, duración del ciclo) en un escenario de desviaciones similar de los datos determinados y/o captados y/o del estado determinado para la pieza para el control del autoclave en un escenario de desviación es similar de los datos determinados y/o captados. La ventaja reside entonces en la duración más corta entre la detección de la desviación y la reacción iniciada.

15

20

El objetivo se logra por lo demás también con una instalación de fabricación para fabricar una pieza compuesta de fibras en un proceso de fabricación en autoclave de la clase citada al principio mediante

25

b1) un sistema de sensores, que está configurado para captar mediante sensores datos relativos a una pluralidad de datos de proceso y/o de la pieza correspondientes al proceso de fabricación y a la pieza introducida en el autoclave y

30

b2) una unidad de simulación (6), equipada para determinar datos relativos a al menos un parámetro de proceso y/o de la pieza no captado correspondiente a la pieza que se encuentra en el autoclave a partir de una simulación numérica del autoclave, que recibe como magnitudes numéricas de entrada datos captados mediante el sistema de sensores de al menos una parte de los parámetros del proceso y/o de la pieza y

35

c) una unidad de control conectada con el sistema de sensores tal que comunica con el mismo, equipada para determinar un estado de la pieza correspondiente a la pieza que se encuentra en el autoclave en función de una correlación de los datos y para controlar el proceso de fabricación en autoclave en función del estado determinado para la pieza.

Ventajosas variantes de configuración de esta instalación de fabricación se encuentran en las correspondientes reivindicaciones secundarias.

40

La invención se describirá más en detalle a modo de ejemplo en base a la figura adjunta. Se muestra en:

figura 1 representación esquemática de la instalación de fabricación de acuerdo con la invención.

45

La figura 1 muestra esquemáticamente la instalación de fabricación 1 de acuerdo con la invención con un autoclave 2, en el que puede introducirse una pieza compuesta de fibras para la fabricación. El autoclave 2 puede cerrarse de manera estanca a la presión y someterse a las correspondientes temperaturas y presiones.

50

Con ayuda de un sistema de sensores 3, que puede estar formado por varios sensores 4a, 4b de distintas clases, se determinan continuamente los parámetros de proceso y/o de la pieza, como por ejemplo el flujo de aire, el transporte de calor, la reacción polimérica, temperaturas, presión, temperatura de la pieza, así como estanqueidad del vacío. La cantidad así como la disposición de los sensores 4a, 4b se representa en la figura 1 sólo esquemáticamente y para fines de visualización.

55

Los datos de los distintos parámetros captados por el sistema de sensores 3 se conducen a continuación a una unidad de control 5, que realiza la correlación de los datos y puede determinar así el estado de la pieza. En función del estado de la pieza averiguado puede intervenir la unidad de control 5 en el proceso de fabricación en autoclave 2, adaptando correspondientemente por ejemplo los parámetros de control del autoclave 2, como por ejemplo temperatura, presión y evolución en el tiempo.

60

Para aumentar la cantidad de datos tomados como base para la correlación, en particular aquéllos que no pueden captarse directamente mediante un sistema de sensores, se realiza con ayuda de una unidad de simulación 6 una simulación numérica del autoclave, cuyas magnitudes de entrada son los datos captados por el sistema de sensores 3. Con ayuda de un tal modelo de autoclave puede reproducirse el proceso del autoclave de forma muy próxima a la realidad mediante un modelo tal que otros parámetros,

65

como por ejemplo contracción, tensión interna o grado de dureza, que no pueden medirse directamente, pueden calcularse aproximadamente con ayuda de una tal simulación del autoclave. Estos datos determinados en base a los datos captados mediante la simulación del autoclave 6 se conducen a continuación igualmente a la unidad de control 5, con lo que se incrementa el banco de datos como fundamento para la correlación.

5

En una memoria de datos se inscriben durante todo el proceso de fabricación los datos captados, tal que los mismos pueden utilizarse de nuevo en un momento posterior o bien pueden tomarse como base como valores empíricos para un nuevo proceso de fabricación.

10

Con ayuda del procedimiento de acuerdo con la invención y de la instalación de fabricación de acuerdo con la invención resulta así posible configurar los procesos que tienen lugar en el autoclave de forma transparente tal que se acorta la duración del proceso, se detecta el desecho y, cuando el desecho ya no puede excluirse, puede tomarse la pieza a tiempo del autoclave. No se necesita por lo tanto ningún factor de seguridad elevado a costa de la productividad, con lo que puede aumentarse la duración del ciclo, en particular en piezas de una fabricación en serie.

15

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para controlar un proceso de fabricación en autoclave para fabricar una pieza compuesta de fibras en un autoclave (2), con
 - a) introducción de una pieza en un autoclave (2) y comienzo del proceso de fabricación en autoclave con valores de control predeterminados de parámetros de control del autoclave,
 - b1) captación de datos relativos a una pluralidad de parámetros de proceso y / o de la pieza, del proceso de fabricación y de la pieza introducida en el autoclave (2) mediante un sistema de sensores (3),
 - b2) determinación de datos relativos a al menos un parámetro de proceso y/o de la pieza no captado correspondiente a la pieza introducida en el autoclave mediante una simulación numérica del autoclave, que recibe como magnitudes numéricas de entrada datos captados a través del sistema de sensores de al menos una parte de los parámetros del proceso y/o de la pieza, mediante una unidad de simulación (6),
 - c) determinación de un estado de la pieza correspondiente a la pieza que se encuentra en el autoclave (2) en función de una correlación de los datos mediante una unidad de control (5) conectada tal que comunica con el sistema de sensores (3) y
 - d) control del proceso de fabricación en autoclave en función del estado de la pieza determinado mediante la unidad de control (5).
2. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el que se controla el proceso de fabricación en autoclave en la etapa d) adaptando los valores del control correspondientes a los parámetros de control del autoclave en función del estado determinado para la pieza.
3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el que datos captados y/o averiguados durante el proceso de fabricación, así como los correspondientes valores de control de los parámetros de control del autoclave, se memorizan en una memoria de datos (7).
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el que valores de control de los parámetros de control del autoclave se determinan a partir de una pluralidad de valores de control archivados en una memoria de datos y los correspondientes datos captados y/o determinados y/o del estado determinado para la pieza en función de los datos captados y/o determinados y/o del estado determinado para la pieza y el proceso de fabricación en autoclave en la etapa d) se controla en función de valores de control determinados a partir de la memoria de datos.
5. Instalación de fabricación (1) para fabricar una pieza compuesta de fibras en un proceso de fabricación en autoclave con
 - a) un autoclave (2), que está equipado para alojar una pieza y para realizar el proceso de fabricación en autoclave con valores de control de parámetros de control del autoclave,
 - b1) un sistema de sensores (3), que está configurado para captar mediante sensores (4a, 4b) datos relativos a una pluralidad de parámetros de proceso y/o de la pieza correspondientes al proceso de fabricación y a la pieza introducida en el autoclave y
 - b2) una unidad de simulación (6), equipada para determinar datos relativos a al menos un parámetro de proceso y/o de la pieza no captado correspondiente a la pieza que se encuentra en el autoclave a partir de una simulación numérica del autoclave, que recibe como magnitudes numéricas de entrada datos captados mediante el sistema de sensores de al menos una parte de los parámetros del proceso y/o de la pieza y
 - c) una unidad de control (5) conectada con el sistema de sensores (3) tal que comunica con el mismo, equipada para determinar un estado de la pieza correspondiente a la pieza que se encuentra en el autoclave (2) en función de una correlación de los datos y para controlar el proceso de fabricación en autoclave en función del estado determinado para la pieza.
6. Instalación de fabricación (1) de acuerdo con la reivindicación 5, en la que la unidad de control (5) está equipada para controlar el proceso de fabricación en autoclave adaptando los valores del control correspondientes a los parámetros de control del autoclave en función del estado de la pieza averiguado.
7. Instalación de fabricación (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 5 ó 6, en la que está prevista una memoria de datos, que está equipada para archivar los datos captados y/o determinados durante el proceso de fabricación mediante la unidad de control.
8. Instalación de fabricación (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 5 a 7,

- 5 en la que la unidad de control está equipada para determinar valores de control de los parámetros de control del autoclave a partir de una pluralidad de valores de control archivados en una memoria de datos y los correspondientes datos captados y/o determinados y/o del estado de la pieza determinado en función de los datos captados y/o determinados y/o del estado determinado para la pieza y para controlar el proceso de fabricación en autoclave en función de los valores de control averiguados a partir de la memoria de datos.

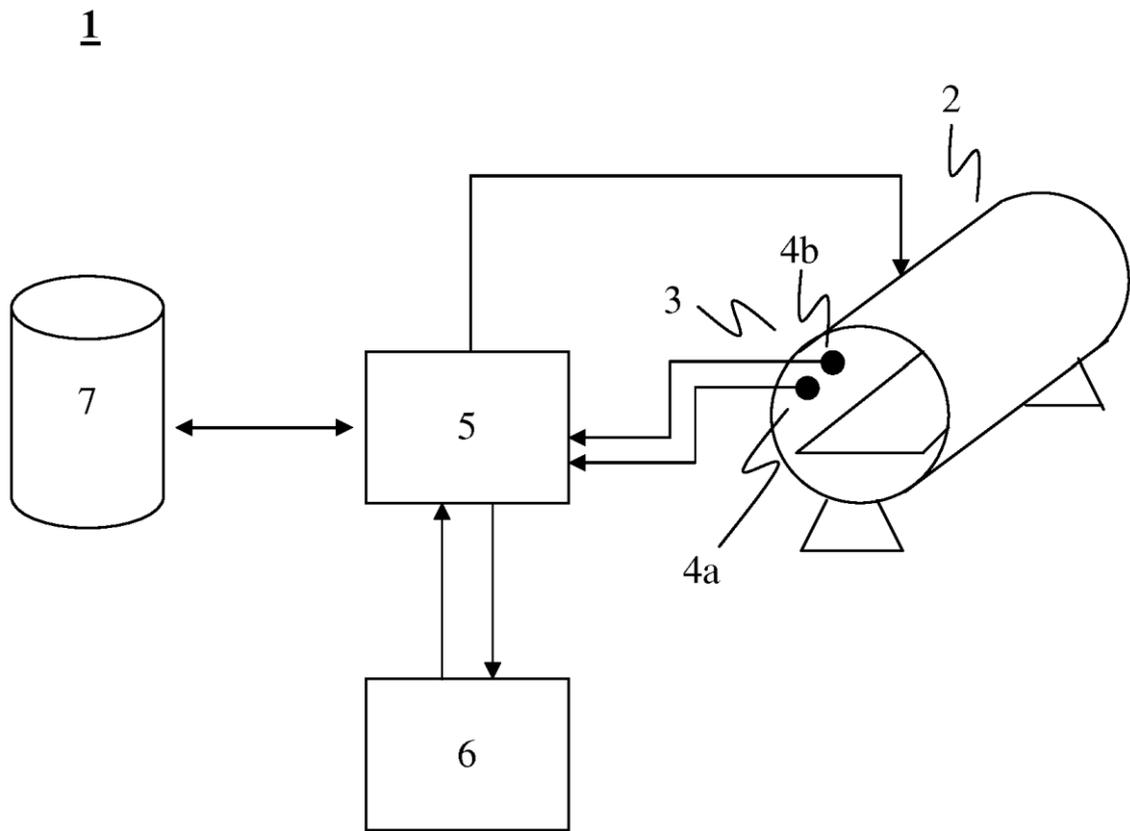


FIG. 1