

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 624 329**

51 Int. Cl.:

G01N 7/14 (2006.01)

H01J 49/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.08.2014** **E 14180294 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.02.2017** **EP 2843390**

54 Título: **Procedimiento de seguimiento de la tasa de desgasificación por la medición de presiones parciales medidas por espectrometría de masas**

30 Prioridad:

30.08.2013 FR 1302014

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

13.07.2017

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)
Tour Carpe Diem, Place des Corolles Esplanade
Nord
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

BETTACCHIOLI, ALAIN ROGER DANTE

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 624 329 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 de seguimiento de la tasa de desgasificación por la medición de presiones parciales medidas por espectrometría de masas

5 La presente invención se refiere al campo de los medios de ensayos y de puesta a punto de componentes por desgasificación de compuestos volátiles liberados por un componente o sistema colocado en un recinto al vacío, y más particularmente trata sobre un procedimiento de seguimiento de la tasa de desgasificación por la medición de presiones parciales medidas por un espectrómetro de masa conectado al recinto al vacío térmico.

El documento WO2009012919 describe un procedimiento de seguimiento de una operación de desgasificación de un componente colocado en un recinto al vacío que comprende unas etapas que consisten en:

- 10 - medir unas presiones parciales de un conjunto M de masas atómicas de referencia, por medio de un espectrómetro de masa conectado al recinto al vacío,
 - determinar una tasa de desgasificación η al menos en función de las presiones parciales P_i medidas para el conjunto M de masas atómicas de referencia.

15 El documento US8268241 describe igualmente un procedimiento de seguimiento de una operación de desgasificación de un componente colocado en un recinto al vacío.

20 Existe en diversas industrias la necesidad de operar después de la fabricación o el ensamblaje de un componente, una etapa de desgasificación al vacío que provoca la desorción de especies químicas volátiles atrapadas por este componente. En el campo espacial, esta etapa de desgasificación reviste una importancia particular en concreto, ya que la liberación de las especies químicas en el espacio extraatmosférico constituye un riesgo elevado de contaminación y de daño de los constituyentes del vehículo espacial. De este modo, con la finalidad de asegurar la integridad de los equipos, tales como, por ejemplo, unos sistemas ópticos o de telecomunicaciones, es necesario realizar la desgasificación de los componentes o subsistemas de un satélite, tales como una central inercial, un grupo motor de despliegue de generadores solares, o también la plataforma satélite completamente ensamblada. Varias etapas de desgasificación están previstas generalmente a lo largo del proceso de fabricación del satélite. Por
 25 ejemplo, un material compuesto se desgasificará una primera vez después de su preparación, una segunda vez después de su integración en un subsistema funcional, después una nueva vez después del ensamblaje final del satélite.

30 Para la realización de estas operaciones de desgasificación se implementan diversas cámaras de vacío, cuya capacidad puede variar del metro cúbico hasta más de 500 m³ tradicionalmente, y capaces de pilotarse a unas temperaturas comprendidas tradicionalmente entre la temperatura ambiente y 150 °C, para unas presiones de vacío comprendidas tradicionalmente entre 10⁻⁵ y 10⁻⁷ hPa. Sabiendo que una operación de desgasificación se desarrolla generalmente sobre uno a tres días, se comprende fácilmente el coste industrial elevado que representa una operación de este tipo.

35 Según los materiales que constituyen el componente o el subsistema considerado, son susceptibles de liberarse diversos compuestos químicos volátiles. Por ejemplo, en el campo espacial, durante la desgasificación de productos aislantes conocidos por el acrónimo anglosajón de MLI para Multi Layer Insulation, o de grupos motorizados para el despliegue de generadores solares conocidos por el acrónimo anglosajón de SADM para Solar Array Drive Mechanism, pueden liberarse diversos disolventes, agua, y/o unos productos siliconados durante una desgasificación al vacío térmico.

40 Los procedimientos de desgasificación actualmente implementados son sencillos. Consisten generalmente en mantener el componente en la cámara de vacío en unas condiciones de vacío, de temperatura y de duración determinadas de manera empírica. De este modo, se definen diversos protocolos aplicados en función del componente o del subsistema considerado. A título de ejemplo, unos protocolos implementados son tradicionalmente:

- 45 - 24 horas a 120 °C,
 - 48 horas a 100 °C, o
 - 72 horas a 80 °C,

para un nivel de vacío final del orden de 10⁻⁶ hPa.

50 Estos valores son, no obstante, puramente experimentales, y a veces fundados en unos estudios antiguos. Estas operaciones de desgasificación no permiten medir la eficacia de la desgasificación en el transcurso del ensayo. Por lo tanto, es posible en estas condiciones que el ensayo se haya proseguido, mientras que el límite de desgasificación ya se había alcanzado desde hacía varias horas, o a la inversa, que al final del ensayo, la desgasificación no esté acabada de manera efectiva.

55 Una técnica conocida de medición de la eficacia de una operación de desgasificación al vacío implementa unos instrumentos de tipo balanza de cuarzo. La balanza de cuarzo permite, de hecho, una medición cuantitativa

satisfactoria cuando la masa del depósito recogido permanece en unas proporciones escasas. Estos instrumentos se han implementado con éxito cuando los equipos a desgasificar son unos sistemas ópticos o unos sistemas cuyo contenido en compuestos volátiles es escaso. Como contrapartida, cuando los equipos a desgasificar liberan unos compuestos volátiles en mayor cantidad o más contaminantes, estos instrumentos presentan unos límites. En particular, se saturan rápidamente y necesitan entonces unas operaciones de regeneraciones regulares para desgasificarlos. Esta necesidad de regeneraciones regulares para obtener de nuevo una medición de la masa depositada hace que estos instrumentos se adaptan mal para la medición de la eficacia de la desgasificación de los componentes implementados en el campo espacial. Otra dificultad de esta técnica se refiere a la precisión de la medición cuando la temperatura del recinto de desgasificación está muy alejada de la temperatura de la copela que sirve para recoger el depósito. Para permitir la condensación de los compuestos volátiles a analizar, la balanza de cuarzo desempeña entonces un papel de trampa fría demasiado eficaz, se satura entonces muy rápidamente implicando numerosas regeneraciones. De ello resultan unas mediciones poco precisas y no adaptadas para un seguimiento eficaz de una tasa de desgasificación en el transcurso de un ensayo.

El reto es asegurar una operación de desgasificación completa y rápida, que permita reducir la duración y, por lo tanto, el coste de la operación, y proteger las etapas ulteriores de diseño o de utilización. Las técnicas actualmente implementadas no están adaptadas para esta necesidad. Hoy en día es deseable disponer de un medio que permita el seguimiento en tiempo real, en el transcurso de la operación de desgasificación, de la tasa de desgasificación de un componente colocado al vacío térmico.

Para ello, la invención tiene como objeto un procedimiento de seguimiento de una operación de desgasificación de un componente colocado en un recinto al vacío, que comprende unas etapas que consisten en:

- medir periódicamente unas presiones parciales P_i de un conjunto M de masas atómicas de referencia, por medio de un espectrómetro de masa conectado al recinto al vacío,
- determinar periódicamente una tasa de desgasificación η , al menos en función de las presiones parciales P_i medidas para el conjunto M de masas atómicas de referencia,
- calcular y presentar periódicamente una pendiente de evolución de la tasa de desgasificación η , en la que dicha tasa de desgasificación η se determina, por cálculo por medio de una relación del tipo:

$$\eta = \frac{\sum_{i \in M} \alpha_i P_i}{\sum \alpha_i P_i}$$

en la que M designa el conjunto de las masas atómicas de referencia, P_i designan las presiones parciales de las masas atómicas medidas por el espectrómetro de masa, los coeficientes α_i designan unos coeficientes de ponderación predeterminados asociados a cada presión parcial P_i , y N designa una masa atómica máxima cuya presión parcial P_i puede medirse por el espectrómetro de masa.

Ventajosamente, el conjunto M de masas atómicas de referencia comprende al menos las siguientes masas atómicas: 16, 18, 30, 32 y 44.

Ventajosamente, el procedimiento comprende una etapa previa de selección en una lista predeterminada, del conjunto M de masas atómicas de referencia implementado para el cálculo de la tasa de desgasificación.

Ventajosamente, el procedimiento comprende igualmente una etapa de selección en una lista predeterminada, de un conjunto de coeficientes de ponderación α_i asociados a las presiones parciales P_i del conjunto M de masas atómicas de referencia considerado.

Ventajosamente, los coeficientes de ponderación α_i implementados en el cálculo de la tasa de desgasificación son todos iguales a 1.

Ventajosamente, el procedimiento comprende una etapa que consiste en determinar periódicamente un criterio de parada de la operación de desgasificación, al menos en función de la pendiente de evolución de la tasa de desgasificación η . El criterio de parada puede determinarse al menos por comparación de la pendiente de evolución de la tasa de desgasificación η con un valor predeterminado. También puede determinarse al menos por comparación, con un valor predeterminado, de la relación entre la pendiente de evolución de la tasa de desgasificación η determinada periódicamente y una pendiente de evolución de la tasa de desgasificación η_0 determinada inicialmente. Finalmente, puede determinarse en función de la pendiente de evolución de la tasa de desgasificación η y de la relación entre la pendiente de evolución de la tasa de desgasificación η determinada periódicamente y una pendiente de evolución de la tasa de desgasificación η_0 determinada inicialmente.

Ventajosamente, el procedimiento comprende una etapa que consiste en modificar unas condiciones de temperatura

y de presión que reinan en el recinto al vacío en función de la tasa de desgasificación η o de la pendiente de evolución de la tasa de desgasificación.

Ventajosamente, el procedimiento comprende una etapa de alerta de un operario del recinto al vacío en función de la tasa de desgasificación η o de la pendiente de evolución de la tasa de desgasificación.

- 5 La invención trata igualmente sobre un espectrómetro de masa que comprende un módulo de pilotaje configurado para la implementación del procedimiento que tiene las características anteriormente descritas.

Finalmente, la invención trata sobre un dispositivo de desgasificación que comprende un recinto al vacío destinado a la desgasificación de un componente, y un espectrómetro de masa que tiene las características anteriormente descritas.

- 10 La invención se comprenderá mejor y otras ventajas se mostrarán tras la lectura de la descripción detallada de los modos de realización dados a título de ejemplo en las siguientes figuras.

La figura 1 representa un dispositivo de desgasificación para la implementación del procedimiento según la invención,

- 15 la figura 2 representa una curva de evolución de la tasa de desgasificación obtenida por el procedimiento según la invención,

la figura 3 ilustra el principio de determinación de la pendiente de evolución de la tasa de desgasificación por el procedimiento según la invención.

En interés de la claridad, los mismos elementos llevarán las mismas referencias en las diferentes figuras.

- 20 La figura 1 representa un dispositivo de desgasificación para la implementación del procedimiento según la invención. El dispositivo comprende un recinto al vacío 10 en el que puede colocarse un componente a desgasificar. El dispositivo comprende igualmente unos medios 11 adecuados para pilotar de presión y de temperatura el recinto al vacío. El recinto se pone al vacío y durante una duración variable según la cantidad de agua retenida por los materiales la presión permanece cercana a 10^{-3} hPa. Cuando la presión parcial de vapor cae por debajo de un cierto umbral la presión decrece y al final del ensayo, es decir, al final del tiempo impartido, la presión se acerca
- 25 generalmente a los 10^{-6} hPa como se ha mencionado anteriormente. El recinto puede pilotarse igualmente de temperatura para acelerar el fenómeno de desorción.

- El dispositivo también comprende un espectrómetro de masa 12 conectado al recinto al vacío 10 por medio de una canalización 13. Un espectrómetro de masa 12 corriente se implementa, comprende tradicionalmente una fuente en la que tiene lugar la ionización de una fracción de las moléculas presentes, un sistema dispersivo capaz de separar
- 30 las diferentes masas atómicas procedentes de la fuente, y un analizador capaz de medir la abundancia relativa de las masas atómicas. El analizador determina de este modo una presión parcial P_i para cada una de las masas atómicas sobre una escala que va con frecuencia de 0 a 100, o 200, o también 300 según la configuración del espectrómetro.

- El dispositivo comprende igualmente un módulo de pilotaje 14 que permite implementar el procedimiento de seguimiento de la tasa de desgasificación. Según la invención, el procedimiento de seguimiento de la tasa de desgasificación descrito en la continuación comprende unas etapas de cálculo que pueden implementarse por medio de diversos soportes. Pueden, por ejemplo, implementarse en el software de pilotaje del espectrómetro de masa, o también en un módulo electrónico 14 separado, conectado al espectrómetro de masa 12 como se representa en la
- 35 figura 1. Como se describe esto en la continuación, el procedimiento determina una tasa de desgasificación y un criterio de parada de la desgasificación, estas informaciones pueden presentarse a continuación con destino a un operario, por ejemplo, por medio de una pantalla de ordenador 15. Para ello, el módulo 14 puede conectarse a una pantalla de ordenador 15 por una conexión 16. Se considera igualmente la utilización de estas informaciones para el pilotaje del recinto al vacío, tradicionalmente para pilotar un retorno a temperatura ambiente cuando el procedimiento determina que el criterio de parada se satisface. Como se representa en la figura 1, el módulo 14 puede conectarse
- 40 a los medios de pilotaje 11 del recinto al vacío 10 por medio de una conexión 17.

- La figura 2 representa una curva de evolución temporal de la tasa de desgasificación obtenida por el procedimiento según la invención. Cuando un componente a desgasificar se coloca en el recinto al vacío 10, este puede liberar diversas especies químicas como se ha descrito anteriormente. El espectrómetro de masa 12 conectado al recinto al vacío permite determinar las presiones parciales P_i de las masas atómicas que resultan de la ionización de estas especies. Esta medición puede realizarse periódicamente según un paso de tiempo predeterminado, eventualmente
- 50 ajustable por un operario. El procedimiento según la invención comprende en primer lugar una etapa que consiste en seleccionar un conjunto M de masas atómicas de referencia. Este conjunto de masas atómicas de referencia es un subconjunto de las masas atómicas medibles por el espectrómetro de masa, tradicionalmente comprendidas entre 1 y 100 cuando la masa atómica máxima del espectrómetro es de 100. Se selecciona este conjunto de masas atómicas de referencia en función de las especies químicas liberadas por el componente.

Por ejemplo, para un componente del que se sabe que es susceptible de liberar agua, unos productos siliconados y benceno, el conjunto M de masas atómicas de referencia por el que se opta es:

$$M = \{16,18,30,32,44,58,62,72,78,86,92\} ;$$

con la finalidad de seguir la desgasificación de las especies silano (SiH_4 de masa atómica 32), disilano (Si_2H_6 de masa atómica 62), trisilano (Si_3H_8 de masa atómica 92) y benceno (de masa atómica 78). De hecho, hemos observado que en presencia de una desorción de masas moleculares elevadas, unos compuestos químicos de masas moleculares más escasas tradicionalmente comprendidas entre 1 y 100, se liberan igualmente. De este modo en este ejemplo, el seguimiento de los compuestos a base de silicio tiene como finalidad poner igualmente de manifiesto la desorción de compuestos siliconados de masas moleculares más elevadas.

El procedimiento comprende una etapa que consiste en determinar periódicamente, de manera general según el mismo paso de tiempo que el de la medición del espectrómetro de masa, una tasa de desgasificación η , al menos en función de una suma ponderada de las presiones parciales P_i medidas para el conjunto M de las masas atómicas de referencia.

Esta tasa de desgasificación η se determina por cálculo por medio de una relación del tipo:

$$\eta = \frac{\sum_{i \in M} \alpha_i P_i}{\sum \alpha_i P_i}$$

en la que M designa el conjunto de las masas atómicas de referencia, las variables P_i designan las presiones parciales de las masas atómicas de referencia medidas por el espectrómetro de masa, los coeficientes α_i designan unos coeficientes de ponderación asociados a cada presión parcial P_i , y N designa la mayor masa atómica medida por el espectrómetro de masa (tradicionalmente $100 \leq N \leq 300$ según el rango del espectrómetro utilizado). Puede determinarse, por ejemplo, una tasa de desgasificación por la sola suma de las presiones parciales P_i , reteniendo, por lo tanto, unos coeficientes de ponderación α_i iguales a 1.

No obstante, se ha demostrado que la fórmula de más arriba permite un seguimiento de la tasa de desgasificación particularmente eficaz, en particular, cuando $N=100$. De hecho, los compuestos gaseosos como el nitrógeno o el oxígeno contribuyen lo más ampliamente a la presión global a la altura del espectrómetro. La suma que figura en el denominador en la fórmula de más arriba está bastante cercana a esta presión global a la altura del espectrómetro, pero se diferencia de ella ligeramente por el hecho de la limitación del número N de masas molares identificadas. El cálculo de la tasa de desgasificación η por la relación entre la suma de las presiones parciales, eventualmente ponderadas, de las especies de intereses (agua, productos siliconados, benceno, etc...) y la suma de las presiones parciales, eventualmente ponderadas, del conjunto de las masas atómicas medidas permite un seguimiento cualitativo eficaz en el transcurso de la desgasificación.

En la figura 2 se representa la evolución temporal de esta tasa de desgasificación en el transcurso de un ensayo de desgasificación que comprende una primera fase realizada a una temperatura cercana a la temperatura ambiente, seguida de una segunda fase realizada a una temperatura de 80 °C durante una duración de 24 horas, seguida de una tercera fase de retorno a la temperatura ambiente. Se constata en esta figura, en primer lugar en la primera fase, la evolución del criterio de desgasificación por el efecto de la puesta en vacío y sin la implementación de los calentadores. Durante la segunda fase que constituye el verdadero ensayo de desgasificación en vacío térmico, se detecta perfectamente la estimulación de la desgasificación por la temperatura por la elevación del gráfico, es decir, la elevación de la tasa de desorción de los materiales. Esta tasa de desgasificación evoluciona disminuyendo progresivamente en el transcurso del ensayo. El procedimiento según la invención no busca, por lo tanto, determinar cuantitativamente una masa desorbida, sino que de manera contraria a las técnicas conocidas, permite ventajosamente determinar la evolución de la desgasificación en el transcurso del ensayo. Es posible visualizar una tendencia de evolución de la tasa de desgasificación en tiempo real. Esta tendencia de evolución es una característica sustancial, ya que va a permitir definir mejor la duración de la operación de desgasificación, permitiendo, por ejemplo, determinar un criterio de parada de esta operación como se describe por medio de la siguiente figura.

La figura 3 ilustra el principio de determinación de la pendiente de evolución de la tasa de desgasificación por el procedimiento según la invención. A continuación de la etapa de cálculo de la tasa de desgasificación η tal como se ha descrito anteriormente, el procedimiento puede comprender una etapa de filtrado. Pueden considerarse diversas técnicas de filtrado de las tasas de desgasificación calculadas en cada paso de tiempo, se piensa, en concreto, en una media deslizante, como se representa por el trazo negro en negrita en las figuras 2 y 3 o un filtro mediano o un filtro de Kalman. El procedimiento comprende a continuación una etapa que consiste en calcular y presentar periódicamente, de manera general según el mismo paso de tiempo que el del cálculo de la tasa de desgasificación, de una pendiente de evolución de la tasa de desgasificación η . Tradicionalmente, esta pendiente se define como la

diferencia entre dos tasas de desgasificación determinadas sucesivamente, en relación con el paso de tiempo entre dos cálculos. Esta pendiente de evolución se esquematiza por medio de las rectas negras en negrita en la figura 3. En la primera fase del ensayo, realizada a una temperatura cercana a la temperatura ambiente, se constata una pendiente sustancialmente constante de la tasa de desgasificación. En la segunda fase del ensayo, realizada a una temperatura de 80 °C durante una duración de 24 horas, se constata que la pendiente evoluciona lentamente y tiende hacia una pendiente nula. En la tercera fase del ensayo, la pendiente es sustancialmente nula desde el momento en que la temperatura se lleva a la temperatura ambiente.

La tasa de desgasificación no tiende exactamente hacia cero, ya que, además de algunas trazas de productos volátiles que continúan liberándose por los materiales a prueba en unas proporciones insignificantes, ya no existe dinámica de bombeo en el recinto al vacío y la presión permanece constante del mismo modo que las densidades de los diversos productos que componen la atmósfera de este: habiendo alcanzado entonces el grupo de bombeo el límite de sus prestaciones, podemos considerar que ya no hay casi intercambio particular entre el interior y el exterior del arcón con la salvedad de las fugas.

El procedimiento según la invención permite el seguimiento de la operación de desgasificación en tiempo real, por medio del cálculo y de la presentación con destino a un operario, de la pendiente de evolución de la tasa de desgasificación calculada. Cuando el operario constata que la pendiente ya no evoluciona o que pasa por debajo de un criterio dado, puede decidir entonces interrumpir la operación de desgasificación. El seguimiento de la pendiente durante el retorno a la temperatura ambiente permite un segundo seguimiento, a posteriori, de la eficacia de la operación de desgasificación.

Para automatizar y hacer fiable la parada de la operación de desgasificación, se considera igualmente por el procedimiento según la invención la determinación de un criterio de parada, al menos en función de la pendiente de evolución de la tasa de desgasificación η .

Por ejemplo, el criterio de parada puede determinarse por comparación de la pendiente de evolución de la tasa de desgasificación η con un valor predeterminado. El criterio de parada también puede determinarse por comparación, con un valor predeterminado, de la relación entre la pendiente de evolución de la tasa de desgasificación η determinada periódicamente y una pendiente de evolución de la tasa de desgasificación η_0 determinada inicialmente. Alternativamente, la parada de la operación de desgasificación puede determinarse también en función de estos dos criterios.

En el primer modo de realización, el criterio de parada puede presentarse sobre una pantalla con destino al operario con la finalidad de advertirle del final de la operación de desgasificación. Dicho de otra manera, el procedimiento puede comprender ventajosamente una etapa de alerta, con destino a un operario del recinto al vacío, en función del criterio de parada.

En otro modo de realización, el criterio de parada también puede implementarse para pilotar el recinto al vacío. Tradicionalmente, cuando el criterio de parada indica el final de la operación de desgasificación, por ejemplo, cuando al pendiente de evolución de la tasa de desgasificación es inferior a un valor predeterminado, el recinto al vacío se lleva a temperatura ambiente. Dicho de otra manera, el procedimiento según la invención puede comprender una etapa que consiste en modificar unas condiciones de temperatura y de presión que reinan en el recinto al vacío en función del criterio de parada.

Por supuesto que los dos modos de realización de más arriba solo son unos ejemplos no limitativos de automatización de la operación de desgasificación, hecha posible por el procedimiento de seguimiento de la tasa de desgasificación según la invención. Más generalmente, la invención trata sobre el procedimiento de cálculo de la tasa de desgasificación determinada por medio de las presiones parciales de un conjunto de masas atómicas de referencia seleccionado en función de un componente a desgasificar; y sobre la utilización de esta tasa de desgasificación para el pilotaje de la operación de desgasificación, en particular, por el pilotaje de las condiciones que reinan en el recinto al vacío que contiene el componente a desgasificar.

También se considera por al presente invención la definición de una lista de conjuntos de masas atómicas de referencia; estando cada conjunto de masas atómicas de referencia particularmente adaptado para el seguimiento de la desgasificación de un cierto tipo de componente. Como se ha indicado esto anteriormente, se ha demostrado que un conjunto M_1 constituido por las masas atómicas 16, 18, 30, 32, 44, 58, 62, 72, 78, 86 y 92 estaba particularmente adaptado para el seguimiento de la desgasificación de componentes susceptibles de liberar unos productos siliconados. Según el mismo principio se considera la definición de otros conjuntos M_2 , M_3 , etc... respectivamente adaptados para el seguimiento de la desgasificación de componentes susceptibles de liberar otras especies químicas. De este modo, el procedimiento según la invención puede comprender una etapa previa de selección en una lista predeterminada (que comprende entonces los conjuntos M_1 , M_2 , M_3 , etc...), del conjunto de masas atómicas de referencia implementado para el cálculo de la tasa de desgasificación.

Según el mismo principio, se considera igualmente la asociación a cada conjunto de masas atómicas de referencia, de varios juegos de coeficientes de ponderación α , asociados a las presiones parciales P_i del conjunto M de masas atómicas de referencia considerado. De este modo, después de haber seleccionado un conjunto masas atómicas de referencia, entre la lista que comprende los conjuntos M_1 , M_2 , M_3 , etc..., el operario puede también seleccionar un

juego de coeficiente de ponderación entre una lista predeterminada; siendo el interés de una opción de este tipo, en concreto, que permite probar y visualizar varias fórmulas de cálculo de la tasa de desgasificación para seleccionar, en tiempo real o a posteriori, la fórmula que permite el seguimiento más preciso de la tasa de desgasificación.

5 La invención trata igualmente sobre un espectrómetro de masa que comprende un módulo de pilotaje 14 configurado para la implementación del procedimiento que tiene las características anteriormente descritas.

Finalmente, la invención trata sobre un dispositivo de desgasificación que comprende un recinto al vacío 10 destinado a la desgasificación de un componente, y un espectrómetro de masa 12 configurado para implementar el procedimiento anteriormente descrito.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de seguimiento de una operación de desgasificación de un componente colocado en un recinto al vacío (10), que comprende unas etapas que consisten en:

- 5 - medir periódicamente unas presiones parciales P_i de un conjunto M de masas atómicas de referencia, por medio de un espectrómetro de masas (12) conectado al recinto al vacío (10),
 - determinar periódicamente una tasa de desgasificación η , al menos en función de las presiones parciales P_i medidas para el conjunto M de masas atómicas de referencia, por cálculo por medio de una relación del tipo:

$$\eta = \frac{\sum_{i \in M} \alpha_i P_i}{\sum \alpha_i P_i}$$

10 en la que M designa el conjunto de las masas atómicas de referencia, P_i designan las presiones parciales de las masas atómicas medidas por el espectrómetro de masas (12), los coeficientes α_i designan unos coeficientes de ponderación predeterminados asociados a cada presión parcial P_i , y N designa una masa atómica máxima cuya presión parcial P_i puede medirse por el espectrómetro de masas (12),

- calcular y presentar periódicamente una pendiente de evolución de la tasa de desgasificación η .

15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el conjunto M de masas atómicas de referencia comprende al menos las siguientes masas atómicas: 16, 18, 30, 32 y 44.

3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende una etapa previa de selección en una lista predeterminada, del conjunto M de masas atómicas de referencia implementado para el cálculo de la tasa de desgasificación.

20 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende una etapa de selección en una lista predeterminada, de un conjunto de coeficientes de ponderación α_i asociados a las presiones parciales P_i del conjunto M de masas atómicas de referencia considerado.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que los coeficientes de ponderación α_i implementados en el cálculo de la tasa de desgasificación son todos iguales a 1.

25 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende una etapa que consiste en determinar periódicamente un criterio de parada de la operación de desgasificación, al menos en función de la pendiente de evolución de la tasa de desgasificación η .

7. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que el criterio de parada se determina al menos por comparación de la pendiente de evolución de la tasa de desgasificación η con un valor predeterminado.

30 8. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que el criterio de parada se determina al menos por comparación, con un valor predeterminado, de la relación entre la pendiente de evolución de la tasa de desgasificación η determinada periódicamente y una pendiente de evolución de la tasa de desgasificación η_0 determinada inicialmente.

35 9. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que el criterio de parada se determina en función de la pendiente de evolución de la tasa de desgasificación η y de la relación entre la pendiente de evolución de la tasa de desgasificación η determinada periódicamente y una pendiente de evolución de la tasa de desgasificación η_0 determinada inicialmente.

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende una etapa que consiste en modificar unas condiciones de temperatura y de presión que reinan en el recinto al vacío (10) en función de la tasa de desgasificación η o de la pendiente de evolución de la tasa de desgasificación.

40 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende una etapa de alerta de un operario del recinto al vacío (10) en función de la tasa de desgasificación η o de la pendiente de evolución de la tasa de desgasificación.

12. Espectrómetro de masas que comprende un módulo de pilotaje (14) configurado para la implementación del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11.

45 13. Dispositivo de desgasificación que comprende un recinto al vacío (10) destinado a la desgasificación de un componente, y un espectrómetro de masas (12, 14) según la reivindicación 12.

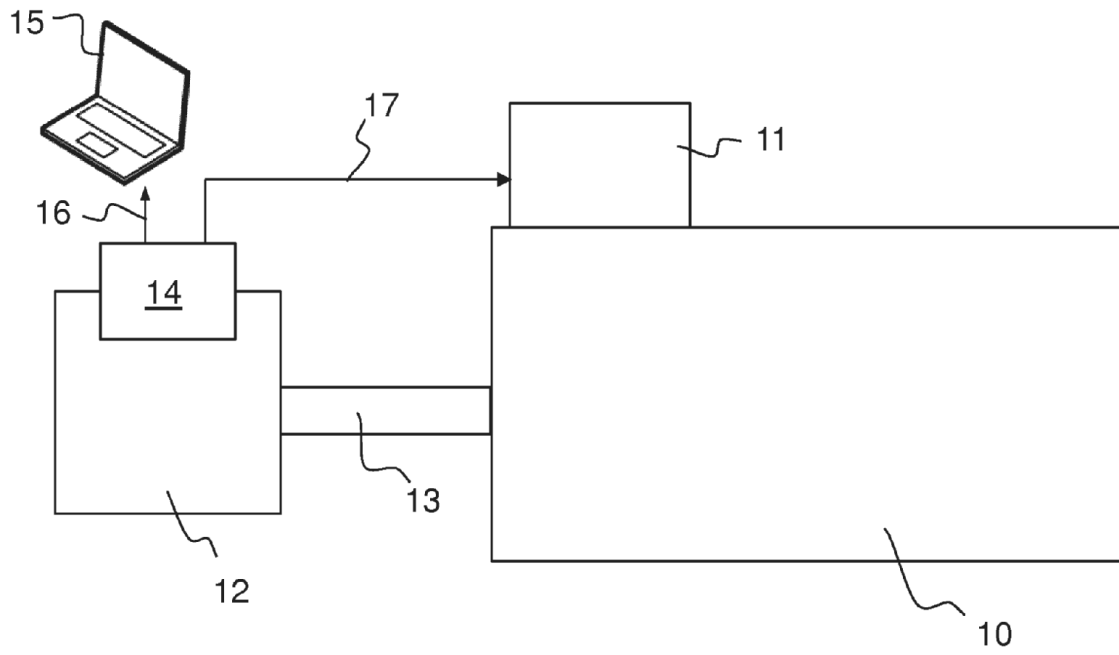


FIG.1

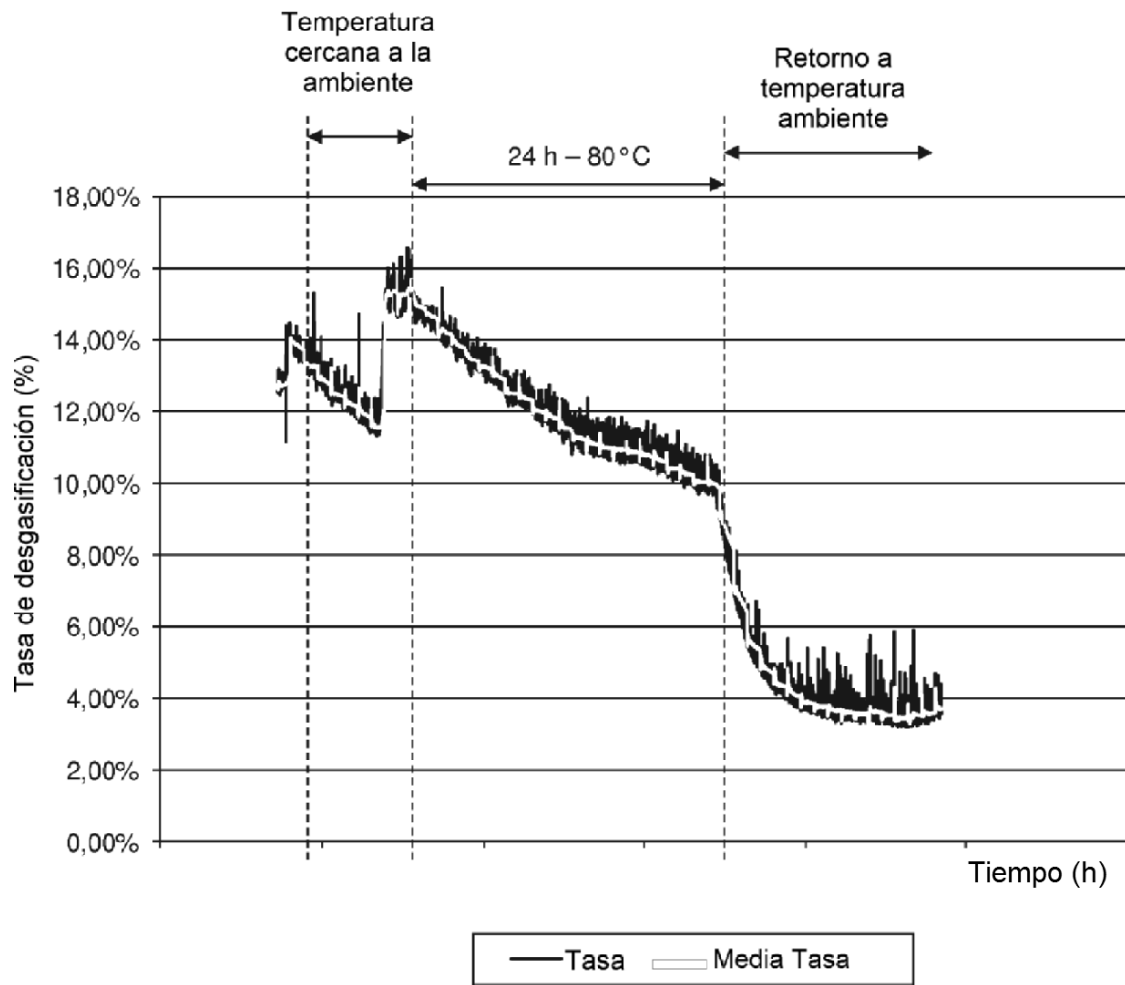


FIG.2

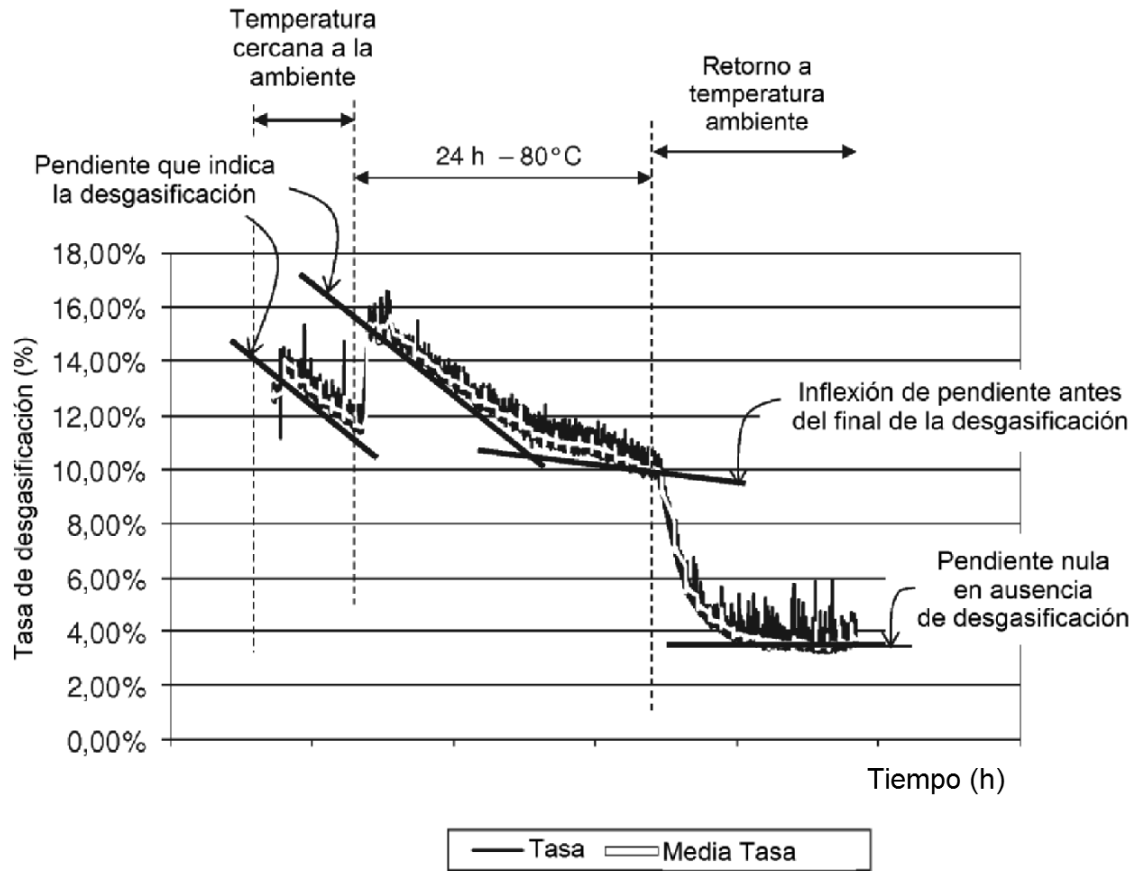


FIG.3