

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 606 164**

51 Int. Cl.:

B29C 45/14 (2006.01)

B29C 39/42 (2006.01)

B29C 35/02 (2006.01)

H01L 21/56 (2006.01)

B29L 31/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.09.2002 PCT/GB2002/04142**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.04.2003 WO03026870**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.09.2002 E 02767633 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.11.2016 EP 1429903**

54 Título: **Un método de impregnación de un componente**

30 Prioridad:

26.09.2001 GB 0123234

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

23.03.2017

73 Titular/es:

**BAE SYSTEMS PLC (100.0%)
6 CARLTON GARDENS
LONDON SW1Y 5AD, GB**

72 Inventor/es:

**GARNER, P.A.J. y
MOORE, I.A.**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 606 164 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

Un método de impregnación de un componente

5 Esta invención se refiere a un método de impregnación de un componente, es decir, al envolvimiento de un componente en un compuesto de impregnación, donde opcionalmente, todos o algunos de los espacios vacíos del componente también se llenan con el compuesto de impregnación.

10 Habitualmente, un líquido como un elastómero o un poliéster de silicona se introduce en el componente que se va a impregnar de modo que el componente es envuelto en el compuesto de impregnación. Después se deja endurecer el compuesto de impregnación para formar un sólido alrededor, y posiblemente, dentro del componente. El exceso de material de impregnación se puede después eliminar según se desee.

15 En particular, la presente invención se refiere a la impregnación de un componente que será sometido en el uso a fuerzas de campos eléctricos altos. Por ejemplo, los dispositivos eléctricos o electrónicos o sus partes a menudo se impregnan en un material dieléctrico, es decir, el compuesto de impregnación forma después un dieléctrico entre los componentes conductores. Esto es ventajoso porque el compuesto de impregnación ofrece generalmente una mayor resistencia a la ruptura dieléctrica cuando se expone a campos eléctricos altos que simplemente dejando un vacío de aire entre los componentes conductores. Además, el compuesto de impregnación puede ofrecer algún soporte estructural.

20 Sin embargo, los compuestos de impregnación conocidos tienen sólo una capacidad limitada como dieléctricos ya que su valor de ruptura dieléctrica es demasiado bajo para utilizar en altas tensiones. Aunque los polímeros utilizados como compuestos de impregnación tienen valores de ruptura dieléctrica intrínsecos típicos de 10-100 kV/mm, este valor no se refleja en el compuesto de impregnación cuando se endurece debido a la presencia de espacios vacíos llenos de aire. El inicio de la ruptura en estos espacios vacíos es más rápido debido al valor mucho menor de la ruptura dieléctrica en el aire y, peor aún, se piensa que la formación de chispas en los espacios vacíos inicia la ruptura en el propio compuesto de impregnación. Por lo tanto, la capacidad aislante de los compuestos de impregnación conocidos disminuye grandemente.

25 La solicitud de patente japonesa número 1972-28425; publicada con el número de referencia 48-95597 describe un método para moldear un material aislante alrededor de un componente eléctrico mediante el cual un tanque de moldeo se llena primero con un gas de inserción y luego se evacua antes de que comience el proceso de moldeo. Como siempre habrá algo de gas restante en el tanque después de la evacuación, la solicitud inicial US 4228 832 da a conocer un método de impregnación de un componente al vacío. La purga con gas inerte minimiza la cantidad de aire que queda para que cualquier burbuja de gas que se forme en el material aislante durante el proceso de moldeo se llene de gas inerte, en lugar de aire, que tiene una rigidez dieléctrica mayor que el aire.

30 Según un primer aspecto, la presente invención se asienta en un método de impregnación de un componente, que comprende los pasos de:

(a) introducir un gas inerte en un primer recipiente a presión que contenga el componente a ser impregnado de modo de crear un ambiente inerte;

35 (b) reducir la presión en el primer recipiente a presión para crear un vacío inerte;

(c) mientras se mantiene el vacío inerte introducir un compuesto de impregnación en el primer recipiente a presión para llenar prácticamente todo el espacio restante en el primer recipiente a presión;

40 (d) aplicar una presión elevada en el primer recipiente a presión, siendo la presión elevada superior a la presión atmosférica, para aplicar así presión sobre el compuesto de impregnación; y

(e) mantener la presión elevada durante prácticamente todo el tiempo necesario para que el compuesto de impregnación se endurezca en el ambiente inerte.

45 Se sabe que es conveniente realizar el proceso de impregnación en un ambiente inerte ya que cualquier espacio vacío que se forme en el compuesto de impregnación se llenará con el gas inerte. JP 03281210 da a conocer un proceso de ese tipo. Los gases inertes ofrecen los valores más altos de ruptura dieléctrica por su propia naturaleza. Sin embargo se puede lograr una mejora significativa en el desempeño de un componente impregnado mediante la realización del paso adicional de aplicar presión sobre el compuesto de impregnación mientras se endurece para asegurarse de que todas las burbujas de gas (principalmente inerte) que se hayan formado en el compuesto de impregnación sean comprimidas, presurizando así en gran medida el gas dentro de ellas, aumentando aún más sus valores de ruptura dieléctrica en comparación con las burbujas de gas inerte sin comprimir y ofreciendo una ventaja considerable en el desempeño con respecto a las técnicas del estado anterior.

Ventajosamente, el método asegura que se conserva un ambiente inerte en todas las etapas del proceso de impregnación. Esto asegura que sólo cantidades mínimas de gases con valores de ruptura dieléctrica inferiores pueden ser adsorbidas en el compuesto de impregnación antes o durante el endurecimiento.

5 Cualquier espacio vacío que se forme en el compuesto de impregnación durante el proceso de impregnación es probable que se llene con el gas que ocupaba el recipiente a presión. Por lo tanto, es ventajoso purgar el recipiente a presión para crear un ambiente inerte, luego evacuar el gas inerte antes de introducir finalmente el compuesto de impregnación. Permitir al compuesto de impregnación ajustarse a una presión elevada asegura que cualquier espacio vacío que se haya formado se llenará de gas inerte a alta presión y por lo tanto, poseerá un umbral de ruptura dieléctrica alto.

15 Ventajosamente, el método puede comprender además el paso de reducir la presión en el primer recipiente a presión para crear así un vacío antes de introducir el gas inerte. Esto mejora el proceso de purga con el gas inerte, ya que al menos algo del aire del recipiente a presión se evacua antes del llenado con el gas inerte.

El paso de reducir la presión en el primer recipiente a presión puede, opcionalmente, producir un vacío de al menos 100 Pa (aproximadamente 0.75 Torr), aunque corrientemente se prefiere un vacío de al menos 10 Pa (aproximadamente 7.5×10^{-2} Torr). Por otra parte, se prefiere aún más reducir la presión en el primer recipiente a presión para producir un vacío de al menos 1 Pa (aproximadamente 7.5×10^{-3} Torr), y se prefiere todavía más un vacío de prácticamente 0.13 Pa (aproximadamente 1×10^{-3} Torr).

25 Preferentemente, el método puede comprender además el paso de introducir el compuesto de impregnación en el primer recipiente a presión desde un segundo recipiente a presión. Introducir el compuesto de impregnación en el primer recipiente a presión desde el segundo recipiente a presión mediante la introducción de un gas inerte en el segundo recipiente a presión es una manera conveniente de conseguir este objetivo. Además, el uso del gas inerte torna disponible únicamente más gas inerte para su incorporación dentro del compuesto de impregnación como espacios vacíos.

30 Opcionalmente, el método puede comprender además el paso de reducir la presión en el segundo recipiente a presión produciendo así un vacío antes de introducir el compuesto de impregnación en el primer recipiente a presión. En primer lugar, esto reduce los gases disponibles para ser incorporados por el compuesto de impregnación como espacios vacíos y también elimina gases ya incorporados por el compuesto de impregnación, particularmente si se mantiene la presión reducida durante un tiempo considerable.

35 Preferentemente, el método puede comprender además el paso de introducir un gas inerte en el segundo recipiente a presión para crear así un ambiente inerte antes de reducir la presión en el segundo recipiente a presión. Esto asegura que estará presente una cantidad mínima de espacios vacíos llenos de gas inerte en el compuesto de impregnación antes de que sea introducido en el primer recipiente a presión. Es particularmente importante cuando el primer recipiente a presión ha sido purgado con gas inerte porque su eficacia resultará socavada mediante la introducción de aire con el compuesto de impregnación. Por lo tanto, el uso opcional de un pistón hidráulico accionado por nitrógeno es beneficioso puesto que también protege también contra la introducción de aire debido a una fuga de gas en el primer recipiente a presión como resultado de un sellado imperfecto alrededor del pistón. Ventajosamente, el método comprende el paso de introducir un gas inerte en el segundo recipiente a presión a una presión de al menos 0.1 MPa (1 bar).

45 Opcionalmente, el método puede comprender además el paso de reducir la presión en el segundo recipiente a presión para producir así un vacío antes de introducir el gas inerte. Esto es esencialmente un procedimiento de purga, con la reducción de la presión inicial eliminando aire tanto del recipiente a presión como del compuesto de impregnación antes de reintroducir el gas inerte para diluir todo el aire que pudiera estar presente. Convenientemente, el método puede comprender además el paso de mantener el vacío durante al menos 5 minutos. Corrientemente se prefiere mantener el vacío durante al menos 10 minutos, prefiriéndose aún más mantener el vacío durante prácticamente 20 minutos. Como se apreciará, se eliminará más gas del compuesto de impregnación cuanto más tiempo se mantenga el segundo recipiente a presión a una presión reducida. Sin embargo, la cantidad de gas del compuesto de impregnación será cada vez menor mientras se mantenga la presión reducida.

55 Preferentemente, el paso de reducir la presión en el segundo recipiente produce una presión de no más de 6.5 kPa (al menos 28 pg Hg de vacío, para usar unidades convencionales de medida del vacío de EE.UU.).

60 Opcionalmente, cualquiera o todos los gases inertes utilizados son nitrógeno, nitrógeno exento de oxígeno o hexafluoruro de azufre. Se debe entender de este contexto que el término nitrógeno pretende cubrir nitrógeno 100% puro como también mezclas gaseosas compuestas fundamentalmente por nitrógeno pero que contengan residuos de otros gases. En la práctica, todo el nitrógeno obtenido industrialmente contendrá algunas trazas de otros gases. El "nitrógeno exento de oxígeno" está generalmente disponible para la compra, y corresponde a una mezcla gaseosa en la que se toman precauciones extra para minimizar la fracción residual de oxígeno en la mezcla.

Al comprimir el compuesto de impregnación durante el endurecimiento, utilizando preferentemente hasta 3 MPa de presión, todos los vacíos que se forman dentro del compuesto de impregnación durante el proceso de impregnación tienden a disminuir de tamaño aumentando la presión de cualquier gas atrapado en las cavidades. Como se entenderá fácilmente, cuanto más pequeño el volumen ocupado por los espacios vacíos, más grande el volumen ocupado por el compuesto de impregnación con su mayor rigidez dieléctrica. Además, el valor de ruptura dieléctrica también es directamente proporcional a la presión: cuanto mayor sea la presión en los espacios vacíos, más altos los campos eléctricos que pueden ser tolerados antes de la ruptura. Los mayores valores de ruptura dieléctrica de los gases inertes junto con el aumento obtenido por el incremento de la presión de los gases inertes dentro de los espacios vacíos, pueden producir valores de ruptura dieléctrica de los espacios vacíos que excedan los del propio material del compuesto de impregnación. Esto, por supuesto, proporciona una solución más que adecuada al problema de la ruptura dieléctrica en compuestos de impregnación conocidos cuando se utilizan como dieléctricos.

El mantenimiento de la presión elevada puede ser pasivo o activo. Por ejemplo, puede ser pasivo cuando simplemente se aumenta la presión dentro del primer recipiente a presión antes de sellar dicho primer recipiente a presión. Incluso si los sellos no son perfectos, se tardará un tiempo finito para que la presión dentro del recipiente a presión disminuya de manera significativa, por lo que, esto también se pretende que esté comprendido por el alcance de 'mantener una presión elevada'.

Convenientemente, el método puede comprender el paso de mantener la presión elevada durante prácticamente todo el tiempo de endurecimiento del compuesto de impregnación. Esto asegura que todos los espacios vacíos se mantienen pequeños y todos los gases atrapados en ellos se mantienen a presión elevada hasta que el compuesto de impregnación se endurece completamente y de ese modo el compuesto de impregnación no puede relajarse para permitir que las cavidades aumenten de tamaño y las presiones dentro de las cavidades disminuyan.

Opcionalmente, elevar la presión dentro del primer recipiente a presión se logra más fácilmente utilizando un pistón móvil al interior del recipiente a presión. Por consiguiente, el método puede comprender el paso de mover un pistón al interior del primer recipiente a presión para elevar así la presión que se está aplicando al compuesto de impregnación que se está endureciendo. Convenientemente, el método puede comprender el paso de accionar el movimiento de un pistón hidráulico mediante un gas inerte. Cuando se debe mantener una presión elevada durante prácticamente todo el tiempo de endurecimiento del compuesto de impregnación, el pistón sólo puede ser retirado cuando el compuesto de impregnación se ha endurecido. Esto asegura que la presión en el primer recipiente a presión se mantiene durante todo el tiempo de endurecimiento del compuesto de impregnación.

Según una realización de la presente invención, el método puede comprender el paso de elevar la presión hasta al menos 1 MPa (10 bar). Ventajosamente, el método puede comprender el paso de elevar la presión hasta al menos 2 MPa (20 bar) u, opcionalmente, elevar la presión hasta prácticamente 3 MPa (30 bar).

Para que la invención se pueda entender más fácilmente, se hará referencia ahora, a modo de ejemplo, a las figuras adjuntas en las que:

La figura 1 es una representación esquemática de un aparato adecuado para utilizar con el método de la presente invención; y

La figura 2 es un diagrama de flujo representativo de una realización de la presente invención.

Como se puede ver en la figura 1, el aparato que se muestra consta de un recipiente a presión 100, un par de campanas de vidrio 102 y 104, una bomba de vacío 106 y un cilindro de nitrógeno 108, todos conectados a través de varias líneas y válvulas. El componente 110 que se va a impregnar reside en el recipiente a presión 100. El componente en este ejemplo es un dispositivo electrónico, aunque la invención se puede usar con muchos otros tipos de componentes. Inicialmente, el compuesto de impregnación 112 (10:1 en peso del componente 110) reside en un segundo recipiente a presión, es decir, la campana de vidrio 104. En esta realización, el compuesto de impregnación 112 utilizado fue un elastómero de silicona, pero otros compuestos de impregnación como poliésteres pueden ser adecuados.

El recipiente a presión 100 está provisto de un pistón 114 que se puede operar para cambiar el volumen interno del recipiente a presión 100: inicialmente, el pistón 114 se coloca en una posición retraída para permitir una separación de 30 mm en la base del pistón 114 (no se ilustra). Para asegurar que el pistón 114 permanece en la posición retraída, se ajustan espaciadores (no se muestran) alrededor del pistón 114 para que actúen como un tope físico.

La bomba de vacío 106 se comunica con el resto del aparato a través de una línea común 116 que contiene una válvula de aislamiento 116a que se puede operar para aislar la bomba de vacío 106 del resto del aparato. En el uso normal, la válvula de aislamiento 116a se deja abierta en todo momento para mantener un vacío en la línea 116, mientras que las otras válvulas normalmente se dejan cerradas y sólo se abren cuando es necesario. La campana

de vidrio 102 está en comunicación con la bomba de vacío 106 a través de las líneas 118, 120 y la línea común 116. Una válvula 120a abre la campana de vidrio 102 a la bomba de vacío 106 y une eficazmente las líneas 118 y 120. La campana de vidrio 104 se comunica con la bomba de vacío 106 de manera similar, es decir, a través de la línea común 116 y las líneas 118 y 122. La válvula 122a se une a las líneas 118 y 122 y se puede operar para abrir la campana de vidrio 104 a la bomba de vacío 106. También se proporciona una unión directa entre la bomba de vacío 106 y el cilindro de nitrógeno 108 a través de las líneas 118 y 124 y la línea común 116. El cilindro de nitrógeno 108 se puede abrir a la bomba de vacío a través de la válvula 124a que une las líneas 118 y 124.

Se debe entender que la figura 1 es puramente esquemática. Las posiciones de las válvulas en las líneas y la ruta de las líneas se disponen de modo de optimizar la claridad y así las relaciones posicionales de la figura 1 no se deben tomar como absolutas.

El cilindro de nitrógeno 108 contiene nitrógeno exento de oxígeno, aunque por brevedad se utiliza la expresión cilindro de 'nitrógeno'. El cilindro de nitrógeno suministra nitrógeno exento de oxígeno a las campanas de vidrio 102 y 104 y al pistón 114 a través de las líneas 126, 128 y 130, respectivamente. Las campanas de vidrio 102 y 104 y el pistón 114 se pueden abrir al cilindro de nitrógeno 108 mediante las válvulas 126a, 128a y 130, respectivamente.

Ambas campanas de vidrio 102 y 104 están en comunicación con el recipiente a presión 100 a través de las líneas 132 y 134 respectivamente, que contienen las válvulas 132a y 134a, respectivamente.

Todas las líneas y válvulas, las campanas de vidrio 102 y 104, la bomba de vacío 106 y el cilindro de nitrógeno 108 mencionados antes, son todos componentes comunes utilizados frecuentemente en el área y se pueden montar según la disposición anterior de varias formas conocidas.

Cambiando a la figura 2, se muestra una realización del método de la presente invención. Como se puede ver, el método es esencialmente un proceso en tres etapas indicadas en 200, 202 y 204. Las etapas 200 y 202 se llevan a cabo en tándem antes de realizar la última etapa 204. La etapa 200 corresponde a la purga del recipiente a presión 100 y la etapa 202 corresponde a la purga de la campana de vidrio 104 del compuesto de impregnación. La etapa 204 corresponde al proceso de impregnación en sí mismo.

Purgar el recipiente a presión en 200 comienza con la evacuación del recipiente a presión en 200a hasta una presión de 1×10^{-3} Torr (0.13 Pa). Esto se realiza utilizando la bomba de vacío 106 abierta al recipiente a presión 100 a través de la campana de vidrio 102 y las líneas 116, 118, 120 y 132. Por supuesto, las válvulas 120a y 132a deben estar abiertas. La evacuación extrae aire del recipiente a presión 100 y la campana de vidrio 102 para dejar un vacío.

Concluida la evacuación 200a, la válvula 120a se cierra para aislar la campana de vidrio 102 y el recipiente a presión 100 de la bomba de vacío 106. La válvula 132a se deja abierta por el momento, dejando así el recipiente a presión 100 en comunicación con la campana de vidrio 102. Luego se inicia el llenado de nitrógeno 200b. El llenado de nitrógeno 200b comprende llenar el recipiente a presión 100 con nitrógeno exento de oxígeno desde el cilindro de nitrógeno 108 hasta una presión de 2 a 3 bar (0.2 a 0.3 MPa); la presión se controla con el regulador del cilindro de nitrógeno 108 (no se muestra). El nitrógeno se introduce en el recipiente a presión 100 a través de campana de vidrio 102 y las líneas 126 y 132 abriendo la válvula 126a (la válvula 132a se deja abierta después de la evacuación 200a). Por consiguiente, el recipiente a presión 100 y la campana de vidrio 102 están ahora llenos de nitrógeno exento de oxígeno inerte, con sólo una presión parcial muy baja de aire restante. Cuando termina el llenado de nitrógeno 200b, la válvula 126a se cierra para aislar la campana de vidrio 102 y el recipiente a presión 100 del cilindro de nitrógeno 108.

La tercera etapa de purga del recipiente a presión 100 es evacuar el recipiente a presión 100 y la campana de vidrio 102 en 200c a una presión de 1×10^{-3} Torr (0.13 Pa). Esto se realiza abriendo la válvula 120a para que la campana de vidrio 102 y el recipiente a presión 100 estén abiertos una vez más a la bomba de vacío 106 a través de las líneas 116, 118 y 120. Esta segunda etapa de evacuación 200c asegura que el recipiente a presión 100 contenga solamente cantidades residuales de nitrógeno exento de oxígeno; las trazas de otros gases presentes son insignificantes. Cuando se completa la evacuación 200c, la válvula 120a se cierra para aislar la bomba de vacío 106 de la campana de vidrio 102 y el recipiente a presión 100.

Con el fin de maximizar la relación entre el nitrógeno exento de oxígeno y las trazas de otros gases en el vacío dejado al final de la purga del recipiente a presión 100, la etapa de llenado de nitrógeno 200b y la etapa de evacuación 200c se repiten según sea el caso, como se indica en general en 200d. Los pasos de purga repetidos 200b y 200c ven un retorno cada vez menor en términos de aumento de la fracción de nitrógeno exento de oxígeno del vacío, y cuatro o cinco ciclos de purga se consideran apropiados. Una vez que finalmente se completa la purga 200, la válvula 132a también se cierra para aislar el recipiente a presión 100 de la campana de vidrio 102.

En tándem con la purga del recipiente a presión en 200, se realiza la purga de la campana de vidrio 104 del

compuesto de impregnación en 202. Estrictamente, las dos purgas 200 y 202 no necesitan realizarse simultáneamente y en su lugar se pueden realizar consecutivamente, en cualquier orden. Sin embargo, se realiza la operación en tándem por eficacia y para asegurarse de que los vacíos en el recipiente a presión 100 y la campana de vidrio 104 están en su estado óptimo al inicio de la tercera y última etapa 204.

5 La purga de la campana de vidrio 104 en 202 comienza con su evacuación en 202a. Esto se realiza abriendo la campana de vidrio 104 a la bomba de vacío 106 a través de las líneas 116, 118 y 122 mediante apertura de la válvula 122a. La presión en la campana de vidrio 104 se reduce hasta al menos 28 pg Hg de vacío, es decir, hasta una presión de no más de 1.921 pg Hg o 6.5 kPa y se mantiene en este nivel durante veinte minutos. Este bombeo continuo evacua aire contenido inicialmente en la campana de vidrio 104 y aire que se escapa del compuesto de impregnación 112. Esto asegura que el compuesto de impregnación 112 está prácticamente exento de espacios vacíos. Debido al largo tiempo de bombeo, la purga en 202 comienza a menudo antes de la purga en 200.

15 Una vez que se completa la evacuación 202a, la válvula 122a se cierra para aislar la bomba de vacío 106 de la campana de vidrio 104. Después la campana de vidrio 104 se llena con nitrógeno exento de oxígeno en 202b hasta una presión de una atmósfera. El nitrógeno exento de oxígeno es suministrado por el cilindro de nitrógeno 108 a través de la línea 128 mediante apertura de la válvula 128a. Llenar la campana de vidrio 104 con nitrógeno exento de oxígeno asegura un ambiente inerte y que todos los vacíos dentro del compuesto de impregnación 112 se llenen con nitrógeno exento de oxígeno inerte. Una vez que se completa el llenado de nitrógeno 202b, la válvula 128a se cierra para aislar la campana de vidrio 104 del cilindro de nitrógeno 108.

25 La campana de vidrio 104 se evacua una vez más hasta una presión de al menos 28 pg Hg de vacío, es decir, hasta una presión de no más de 1.921 pg Hg o 6.5 kPa en 202c. Esto se logra abriendo la campana de vidrio 104 a la bomba de vacío 106 a través de las líneas 116, 118 y 122 mediante apertura de la válvula 122a. Cuando se completa el bombeo, la campana de vidrio 104 se aísla de la bomba de vacío 106 cerrando la válvula 122a. Esto asegura que la campana de vidrio contendrá sólo trazas de nitrógeno exento de oxígeno con trazas insignificantes de otros gases. Análogamente, resulta una cantidad mínima de vacíos dentro del compuesto de impregnación 112, y éstos se llenan con nitrógeno exento de oxígeno inerte

30 Con el fin de maximizar la relación entre el nitrógeno exento de oxígeno y las trazas de otros gases en el vacío dejado al final de la purga de la campana de vidrio 202, la etapa de llenado de nitrógeno 202b y la etapa de evacuación 202c se repiten según sea apropiado, como se indica en general en 202d. Los pasos de purga repetidos 202b y 202c ven un retorno cada vez menor en términos de aumento de la fracción de nitrógeno exento de oxígeno del vacío, y cuatro o cinco ciclos de purga se consideran apropiados.

35 Cuando se han completado las etapas de purga 200 y 202, se puede iniciar la etapa de impregnación 204. En primer lugar, la válvula 134a de la línea 134 que une el recipiente a presión 100 y la campana de vidrio 104 se abre en 204a. Como la campana de vidrio 104 está a una mayor presión que el recipiente a presión 100, algo del nitrógeno exento de oxígeno residual se extrae hacia el recipiente a presión 100 que, a su vez, arrastra el compuesto de impregnación 112 con él. Para asegurarse de que prácticamente todo el compuesto de impregnación 112 es arrastrado hacia el recipiente a presión 100, la campana de vidrio 104 se presuriza ligeramente con nitrógeno exento de oxígeno. El nitrógeno exento de oxígeno es provisto por el cilindro de nitrógeno 108 a través de la línea 128 mediante apertura de la válvula 128a. A medida que el compuesto de impregnación 112 ingresa en el recipiente a presión 100, encapsula al componente 110 llenando todos los espacios vacíos dentro del componente 110.

45 Tan pronto como el recipiente a presión 100 está lleno de compuesto de impregnación 112, el recipiente a presión 100 se aísla del resto del aparato cerrando la válvula 134a. Luego el recipiente a presión 100 se presuriza a 30 bar (3 MPa) extendiendo el pistón hidráulico 114 al interior del recipiente a presión 100 como se indica en 204b. Para ello, primero se deben quitar los espaciadores (no se muestran). El pistón hidráulico 114 es accionado mediante nitrógeno exento de oxígeno suministrado por el cilindro de nitrógeno 108 a través de la línea 130 abriendo la válvula 130a. Como resukta evidente de la figura 1, el nitrógeno exento de oxígeno se introduce en la cavidad hermética 136 detrás de la cara del pistón 114a conduciendo de ese modo el pistón 114 al interior del recipiente a presión 100. Para retraer el pistón 114, se hace salir nitrógeno exento de oxígeno de la cavidad sobrepresurizada 136 a través de una válvula de alivio (no se muestra) provista en la línea 130, entre la válvula 130 y el recipiente a presión 100.

55 Como la cara del pistón 114a sella eficazmente el interior del recipiente a presión 100 de la cavidad 136, no debería haber ninguna fuga de gases entre los dos. Sin embargo, incluso si ocurre un escape de gas de la cavidad hacia el recipiente a presión 100, el uso de nitrógeno exento de oxígeno para conducir el pistón hidráulico 114 asegura el mantenimiento de un ambiente inerte en el recipiente a presión 100.

60 El pistón 114 se mantiene en el lugar mientras que el compuesto de impregnación 112 se endurece de modo que la presión elevada de 30 bar se mantiene (lo que permite algunas posibles fugas si el recipiente a presión 100 está imperfectamente sellado). Cuando el compuesto de impregnación 112 se asienta completamente, el pistón 114 se puede retirar para aliviar la presión en el recipiente a presión 100 como se indica en 204c. El componente impregnado 110 se puede recuperar después para el tratamiento posterior según sea necesario (por ejemplo,

recortando el exceso de compuesto de impregnación 112).

5 Mantener una presión elevada en el recipiente a presión 100 mientras el compuesto de impregnación 112 se endurece asegura que todos los espacios vacíos en el compuesto de impregnación son de tamaño pequeño y contienen nitrógeno exento de oxígeno a una presión de 30 bar (3 MPa). El componente impregnado resultante 110 tendrá un dieléctrico constituido por el compuesto de impregnación endurecido con un valor de ruptura dieléctrica intrínseco de alrededor de 10 kV/mm y que tiene sólo espacios vacíos pequeños llenos con nitrógeno exento de oxígeno presurizado con un valor de ruptura dieléctrica de alrededor de 50 kV/mm. Por consiguiente, el componente 10 110 se puede exponer a campos eléctricos más altos que los componentes impregnados según métodos previos conocidos sin ruptura en los espacios vacíos que inicie la ruptura a través de todo el dieléctrico. Como se apreciará, esto permite fabricar componentes que tengan mucho más campos de aplicación.

Son posibles variaciones de la realización descrita sin apartarse del alcance de las reivindicaciones.

15 Por ejemplo, mientras que el nitrógeno exento de oxígeno ha sido descrito como un ejemplo corrientemente preferido de un gas inerte, los expertos serán capaces de identificar fácilmente otros gases inertes adecuados. En particular, hexafluoruro de azufre (SF₆), helio, argón y neón son alternativas adecuadas que se pueden utilizar.

20 Además, si bien se utiliza una presión diferencial para transferir el compuesto de impregnación desde la campana de vidrio 104 al recipiente a presión 100, son posibles otros métodos. Por ejemplo, se puede utilizar un pistón para efectuar la transferencia, o se podría utilizar una altura diferencial de tal manera que que la gravedad afecte la transferencia.

25 Será muy evidente que la campana de vidrio 102 se puede omitir en la realización anterior, conectando el cilindro de nitrógeno 108 directamente al recipiente a presión a través de la línea 126 y la válvula 126a y conectando la bomba de vacío 106 directamente al recipiente a presión 100 a través de la línea 120 y la válvula 120a. Proporcionar un par de campanas de vidrio 102 y 104 es beneficioso porque aumenta la flexibilidad. Por ejemplo, se pueden intercambiar las funciones de las campanas de vidrio 102 y 104, es decir, la campana de vidrio 102 puede albergar el compuesto de impregnación 112 y el recipiente a presión 100 se puede purgar en 200 a través de la campana de vidrio 104.

30 El recipiente a presión 100 se podría presurizar en 204b de varias maneras diferentes. Por ejemplo, se podría utilizar más gas inerte para sobrepresurizar el recipiente a presión 100, aunque este método no se prefiere al uso de un pistón dado que inevitablemente conducirá a una mayor incorporación de gas inerte en el compuesto de impregnación 112 lo que lleva a la formación de más espacios vacíos.

35

REIVINDICACIONES

1. Un método de impregnación de un componente (110) que comprende los pasos de:
- 5 (a) introducir un gas inerte en un primer recipiente a presión (100) que contiene el componente (110) que se va a impregnar para crear así un ambiente inerte;
- (b) reducir la presión en el primer recipiente a presión (100) para crear un vacío inerte;
- (c), mientras se mantiene el vacío inerte, introducir un compuesto de impregnación (112) en el primer recipiente a presión (100);
- 10 (d) aplicar una presión elevada en el primer recipiente a presión (100), siendo la presión elevada superior a la presión atmosférica, para aplicar así presión sobre el compuesto de impregnación; y
- (e) mantener la presión elevada durante prácticamente todo el tiempo necesario para que el compuesto de impregnación se endurezca en el ambiente inerte.
- 15 2. Un método según la reivindicación 1, en el que el paso (a) consiste en introducir el gas inerte a una presión de al menos 0.1 MPa.
3. Un método según la reivindicación 2, en el que el paso (a) consiste en introducir el gas inerte a una presión de prácticamente 0.2 a 0.3 MPa.
- 20 4. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además el paso de reducir la presión en el primer recipiente a presión (100) para crear así un vacío antes de introducir el gas inerte en el paso (a).
5. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el paso (b) comprende reducir la presión en el primer recipiente a presión (100) a lo sumo a 100 Pa.
- 25 6. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el paso (b) comprende reducir la presión en el primer recipiente a presión (100) a lo sumo a 10 Pa.
7. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el paso (b) comprende reducir la presión en el primer recipiente a presión (100) a lo sumo a 1 Pa.
- 30 8. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el paso (b) consiste en reducir la presión en el primer recipiente a presión (100) a prácticamente 0.13 Pa.
- 35 9. Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el primer recipiente a presión (100) se purga repetidamente por repetición de los pasos (a) y (b) de introducción de un gas inerte seguido de una reducción de la presión.
- 40 10. Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que en el paso (c) el compuesto de impregnación (112) se introduce en el primer recipiente a presión (100) desde un segundo recipiente a presión (104).
11. Un método según la reivindicación 10, que comprende además el paso de reducir (202c) la presión en el segundo recipiente a presión (104) para producir así un vacío antes de introducir el compuesto de impregnación en el paso (c).
- 45 12. Un método según la reivindicación 11, que comprende además el paso de introducir (202b) un gas inerte en el segundo recipiente a presión para crear así un ambiente inerte antes de reducir (202c) la presión en el segundo recipiente a presión, que comprende además el paso de reducir (202a) la presión en el segundo recipiente a presión para producir así un vacío antes de introducir (202b) el gas inerte y que comprende además el paso de mantener la presión reducida (202a) en el segundo recipiente a presión (104) durante al menos 5 minutos.
- 50 13. Un método según la reivindicación 11, que comprende además el paso de introducir (202b) un gas inerte en el segundo recipiente a presión para crear así un ambiente inerte antes de reducir (202c) la presión en el segundo recipiente a presión, que comprende además el paso de reducir (202a) la presión en el segundo recipiente a presión para producir así un vacío antes de introducir (202b) el gas inerte y que comprende además el paso de mantener la presión reducida (202a) en el segundo recipiente a presión (104) durante al menos 10 minutos.
- 55 14. Un método según la reivindicación 11, que comprende además el paso de introducir (202b) un gas inerte en el segundo recipiente a presión para crear así un ambiente inerte antes de reducir (202c) la presión en el segundo recipiente a presión, que comprende además el paso de reducir (202a) la presión en el segundo recipiente a presión para producir así un vacío antes de introducir (202b) el gas inerte y que comprende además el paso de mantener la presión reducida (202a) en el segundo recipiente a presión (104) durante prácticamente 20 minutos.
- 60

15. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, que comprende además el paso de introducir un gas inerte en el segundo recipiente a presión (104) para crear así un ambiente inerte y después reducir la presión en el segundo recipiente a presión (104) antes de introducir el compuesto de impregnación (112) en el paso (c).
- 5 **16.** Un método según la reivindicación 15, que comprende el paso de purgar repetidamente el segundo recipiente a presión (104) introduciendo un gas inerte reduciendo después la presión hasta que prácticamente todo el gas restante a la presión reducida en el segundo recipiente a presión (104), antes de la introducción del compuesto de impregnación (112) en el paso (c), sea inerte.
- 10 **17.** Un método según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 16, en el que reducir la presión en el segundo recipiente a presión (104) comprende reducir la presión a lo sumo a 6.5 kPa.
- 15 **18.** Un método según la reivindicación 17, en el que reducir la presión en el segundo recipiente a presión (104) comprende reducir la presión a un valor que es mayor que el de la presión en el primer recipiente a presión (100) luego de la aplicación del paso (b).
- 20 **19.** Un método según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 18, en el que el compuesto de impregnación (112) se introduce en el primer recipiente a presión (100) desde el segundo recipiente a presión (104) introduciendo un gas inerte en el segundo recipiente a presión (104).
- 25 **20.** Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que en el paso (d) la presión elevada se aplica al primer recipiente a presión (100) moviendo un pistón (114) hacia el interior del primer recipiente a presión (100).
- 30 **21.** Un método según la reivindicación 20, en el que el pistón (114) se mueve por medios hidráulicos usando un gas inerte.
- 35 **22.** Un método según la reivindicación 20 o la reivindicación 21, que comprende el paso de liberar el pistón (114), cuando el compuesto de impregnación se ha endurecido.
- 40 **23.** Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que en el paso (d) la presión en el primer recipiente a presión (100) se eleva hasta al menos 1 MPa.
- 24.** Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 22, en el que en el paso (d) la presión en el primer recipiente a presión (100) se eleva hasta al menos 2 MPa.
- 25.** Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 22, en el que en el paso (d) la presión en el primer recipiente a presión (100) se eleva hasta prácticamente 3 MPa.
- 26.** Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dichos gases inertes se eligen entre nitrógeno, nitrógeno exento de oxígeno y hexafluoruro de azufre.

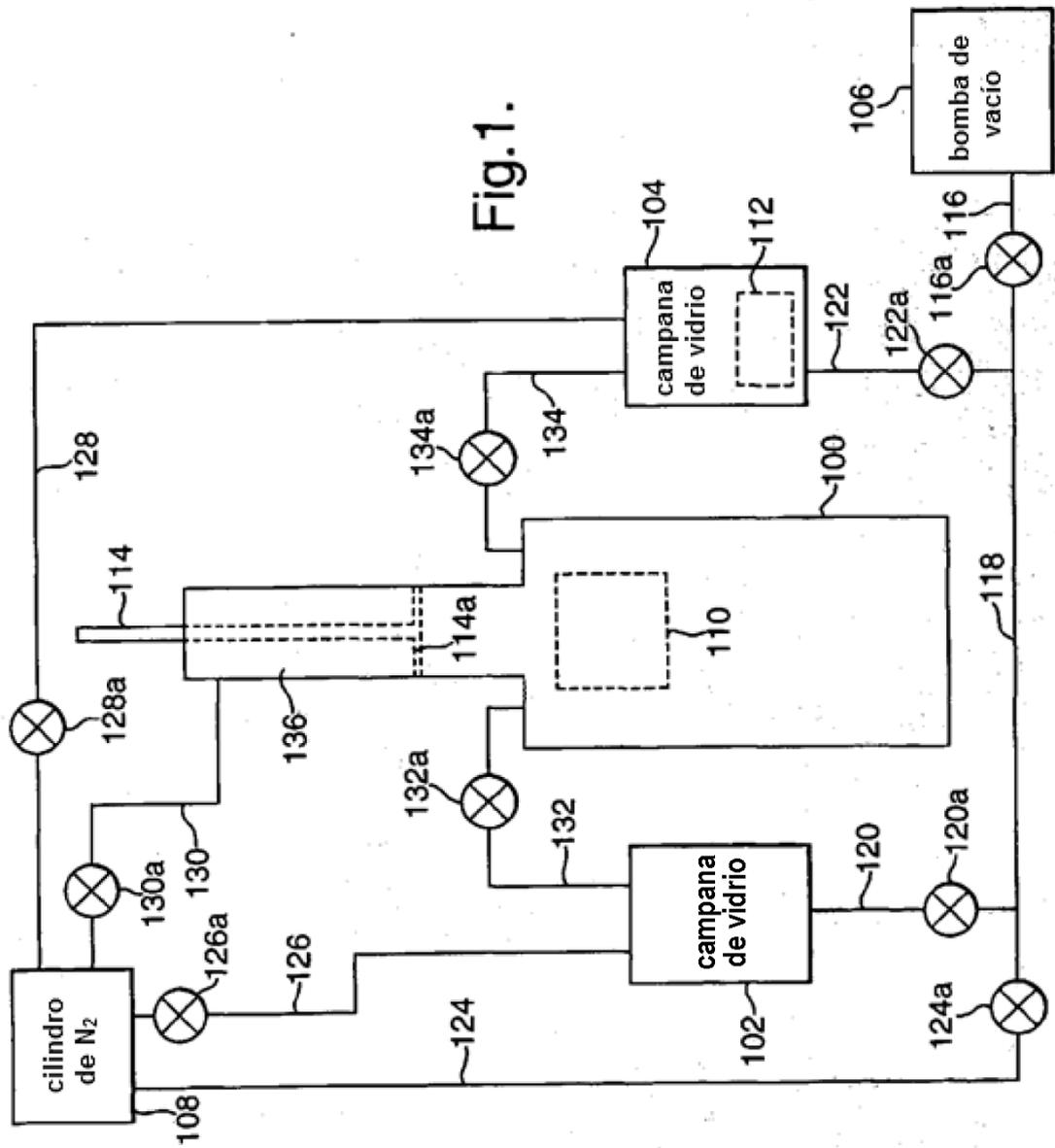


Fig.1.

Fig.2.

