

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 912 502**

51 Int. Cl.:

G01N 29/04 (2006.01)

G01N 25/72 (2006.01)

G01N 29/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.09.2019 PCT/AT2019/060291**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.03.2020 WO20051608**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.09.2019 E 19772970 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.01.2022 EP 3850353**

54 Título: **Procedimiento para la fabricación de un cuerpo de referencia de material compuesto de fibra y plástico y procedimiento de ensayo**

30 Prioridad:

10.09.2018 AT 507642018

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.05.2022

73 Titular/es:

**FACC AG (100.0%)
Fischerstrasse 9
4910 Ried im Innkreis, AT**

72 Inventor/es:

HÖLLER, HELMUTH

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 912 502 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la fabricación de un cuerpo de referencia de material compuesto de fibra y plástico y procedimiento de ensayo

5 La invención se refiere a un procedimiento para fabricar un cuerpo de referencia de material compuesto de fibra y plástico (FRP) para simular una delaminación para el ensayo no destructivo de componentes FRP, en particular componentes de aeronaves.

10 La invención se refiere además a un procedimiento de ensayo no destructivo de un componente de FRP, en particular de un componente aeronáutico.

15 En la fabricación de componentes de material compuesto de fibra y plástico (FRP) críticos para la seguridad, tales como los componentes de las aeronaves, la inspección y la detección posteriores de los defectos de los componentes tienen una especial importancia. Para ello, por un lado se suele recurrir a los ensayos no destructivos (del inglés "non-destructive testing" NDT) con el fin de poder detectar inmediatamente los componentes defectuosos y, por otro lado, de no dañar los componentes sin defectos a causa del propio procedimiento de ensayo. Para poder sacar conclusiones sobre las posibles fuentes de defectos en la fabricación, los defectos detectados en los componentes se asignan a un tipo o una clase de defecto. A efectos de comparación y de calibración, se fabrican cuerpos de referencia con defectos artificiales introducidos deliberadamente en los componentes y se miden con ayuda de un procedimiento NDT. Para garantizar la asignación exacta de un defecto de componente a una clase de defecto, los defectos de componente artificiales de los cuerpos de referencia que sirven de referencia deben reproducir con la mayor precisión posible los defectos de fabricación de las muestras de ensayo.

25 Sin embargo, la mayoría de los defectos de los componentes son difíciles o imposibles de reproducir sin la ayuda de cuerpos extraños y, hasta la fecha, los defectos artificiales de los componentes se desvían en mayor o menor medida de los defectos de las muestras de ensayo en cuanto a su naturaleza, dependiendo del tipo de defecto. En particular, la denominada delaminación, es decir, la separación local y bidimensional de dos capas de FRP en una zona parcial de un componente de FRP con inclusión de aire, hasta ahora no se ha podido reproducir satisfactoriamente sin introducir cuerpos extraños. Además de la delaminación, existen otros defectos de los componentes, entre los que se encuentran, en particular, la porosidad de la capa y la porosidad del volumen. En el caso de la porosidad de la capa, se produce una acumulación concentrada de inclusiones microscópicas y macroscópicas de gas o de aire en la matriz o en el medio de unión del material FRP entre dos capas de FRP de un componente. Por lo tanto, existe un error de componente 2D. En el caso de la porosidad del volumen, se produce una acumulación de inclusiones de gas o de aire en la matriz o en el medio de unión del material FRP en varias capas de FRP de un componente, en particular esencialmente en toda la sección transversal del laminado FRP. Se trata, por consiguiente, de un fallo de los componentes 3D. Dado que la delaminación, es decir, la separación bidimensional de las capas de FRP, puede tener graves consecuencias para los componentes de las aeronaves, la detección de la delaminación y, por lo tanto, la creación de cuerpos de referencia con una simulación lo más realista posible de la delaminación tiene una gran importancia.

45 Se conocen de la técnica anterior varios procedimientos para simular los defectos de los componentes. En el documento EP 3 193 164 A1, por ejemplo, se describe un procedimiento en el que los defectos de los componentes pueden introducirse en las piezas de FRP con la ayuda de un cuerpo de expansión. Para ello, el cuerpo de expansión se coloca entre varias capas de material FRP, se añade resina y se calienta. Debido al alto coeficiente de expansión del cuerpo de expansión, éste se contrae durante el enfriamiento más que el material FRP circundante, creando con ello una gran cavidad permanente. El cuerpo de expansión queda entonces como un cuerpo extraño en el componente.

50 En el documento CN104407060, la porosidad del material se simula con la ayuda de perlas de vidrio que se introducen en el material durante el proceso de producción. Sin embargo, estos permanecen igualmente en el material.

Además, a partir de los documentos EP 1 750 123 A2, EP 2 431 736 A1 y US 2014/0272324 A1 se conocen otros procedimientos para simular los defectos de los componentes.

55 Además, del documento US 2014/0346405 A1 se conoce un procedimiento para generar porosidad en materiales compuestos. Para ello, se someten los materiales compuestos a diferentes procesos de curado con el fin de crear diferentes grados de porosidad a través de los gases que se desprenden.

60 Una desventaja de la técnica anterior es que la delaminación, es decir, la separación bidimensional de las capas individuales de FRP dentro de un componente de FRP, no puede reproducirse satisfactoriamente o sin cuerpos extraños. Entre otras cosas, los cuerpos extraños falsean el resultado de la medición.

65 La invención se basa, por lo tanto, en el objetivo de aliviar o eliminar al menos algunas desventajas de la técnica anterior. La invención tiene, por tanto, el objetivo particular de crear un procedimiento en el que se haga posible la simulación realista de una deslaminación en puntos definidos de un cuerpo de referencia de FRP.

El objetivo se consigue mediante un procedimiento con al menos los siguientes pasos:

- 5 i. Fabricación de una primera pieza de inserción para el cuerpo de referencia FRP mediante
 - a. la disposición de una primera capa de FRP;
 - b. la formación de una depresión en la primera capa de FRP;
 - c. el endurecimiento previo de la primera capa de FRP para obtener la primera pieza de inserción para el cuerpo de referencia FRP;
- 10 ii. Fabricación de una segunda pieza de inserción para el cuerpo de referencia FRP mediante
 - a. la disposición de una segunda capa de FRP;
 - b. el endurecimiento previo de la segunda capa de FRP para obtener la segunda pieza de inserción para el cuerpo de referencia FRP;
- 15 iii. Previsión de al menos un primer estrato de FRP con una primera escotadura y al menos un segundo estrato de FRP con una segunda escotadura;
- 20 iv. Introducción de la primera pieza de inserción en la primera escotadura del primer estrato de FRP e introducción de la segunda pieza de inserción en la segunda escotadura del segundo estrato de FRP;
- 20 v. Endurecimiento del conjunto del primer estrato de FRP con la primera pieza de inserción y el segundo estrato de FRP con la segunda pieza de inserción, con lo que se simula una delaminación en la depresión de la primera capa de FRP de la primera pieza de inserción.

25 Ventajosamente, el procedimiento según la invención permite la realización selectiva de una delaminación (artificial) en un cuerpo de referencia de FRP compuesto de material FRP. Dado que el procedimiento según la invención puede usarse para generar delaminación sin introducir un cuerpo extraño, es decir, una sustancia que no está hecha de material FRP y que no está presente en el componente que se va a comparar, el cuerpo de referencia FRP es particularmente adecuado para simular de forma realista la delaminación en los componentes FRP que se van a probar, especialmente para la industria aeroespacial. La delaminación simulada se puede usar, entre otras cosas, para 30 fines de calibración, sometiendo el cuerpo de referencia FRP a un procedimiento de medición NDT, por ejemplo un procedimiento de termografía. Debido a la naturaleza realista de la delaminación simulada, los resultados de las mediciones obtenidos a partir de la muestra de referencia son especialmente adecuados como valores de comparación o referencia para los ensayos NDT de componentes FRP. Al poder prescindir de la introducción de cuerpos extraños, es decir, de piezas que no están formadas por el material FRP y que no están presentes en el componente que se va a comparar, al crear el cuerpo de referencia FRP, se pueden registrar curvas de medición del cuerpo de referencia 35 FRP que corresponden con gran precisión a las de los componentes que presentan una delaminación "natural", es decir, una delaminación que se produce durante la producción en serie. Como se mencionó al principio, la delaminación es una separación local y bidimensional de dos capas de FRP en un área parcial de un componente de FRP con atrapamiento de aire. En cambio, en el caso de la porosidad de la capa, solo se produce una separación parcial de las capas de FRP. En el caso de la porosidad volumétrica, la separación tiene lugar en varias capas de FRP con inclusión de aire.

40 A efectos de la divulgación, un estrato de FRP también constituye una capa de FRP. Las capas individuales de FRP están formadas preferentemente en la muestra de ensayo de FRP -como en los componentes de FRP que se van a someter a ensayo- por fibras sueltas o unidas en tejidos e impregnadas con resina u otro medio de unión. El medio de 45 unión puede usarse para unir las fibras dentro de una capa de FRP, para unir las capas de FRP entre sí y para unir los estratos de FRP a las piezas de inserción previamente endurecidos. El material de FRP para todas las capas de FRP puede ser, entre otros, CFRP (plástico reforzado con fibra de carbono), GRP (plástico reforzado con fibra de vidrio) o material compuesto de fibra de aramida, en particular CFRP, GRP o material compuesto de fibra de aramida procesado para una preimpregnación.

50 En el procedimiento según la invención, la delaminación se produce insertando las piezas de inserción (previamente endurecidas) en cada una de las escotaduras correspondientes de las capas de FRP y curando el conjunto adyacente de primera y segunda capas de FRP, preferentemente bajo presión. Las primeras y segundas escotaduras se cortan convenientemente en las primeras y segundas capas de FRP, respectivamente, con una cuchilla u otra herramienta 55 de corte y, preferentemente, tienen sustancialmente la forma o el contorno del borde exterior de las primeras y las segundas piezas de inserción, respectivamente. El medio de unión para la unión de las piezas de inserción, tal como la resina u otro medio de unión, está preferentemente ya contenido en las capas de FRP. Al unir la primera y la segunda capa de FRP y presionar las dos capas de FRP junto con las piezas de inserción, en particular durante el curado, el medio de unión es aspirado por el efecto capilar en un estrecho espacio de unión situado entre la primera y la segunda 60 pieza de inserción hasta la depresión y, por lo tanto, une las dos piezas de inserción entre sí y con las capas de FRP en una zona del borde fuera de la depresión. En consecuencia, el medio de unión para unir las piezas de inserción pasa de la capa de FRP entre las piezas de inserción previamente endurecidas.

65 En el límite con la depresión o la cavidad cerrada, el efecto de succión del efecto capilar finalmente se detiene debido a la mayor distancia entre las dos piezas de inserción y el medio de unión no es atraído esencialmente hacia la depresión. De este modo, la depresión está sustancialmente libre de medio de unión y los estratos primero y segundo

de FRP no se adhieren entre sí en la zona de la depresión, de modo que mediante el endurecimiento se puede crear la delaminación simulada. En las zonas fuera de la depresión, el medio de unión absorbido crea una unión por arrastre de forma y por arrastre de fuerza entre las piezas de inserción o el primer o el segundo estrato de FRP. Un estrato de FRP corresponde esencialmente a una capa de FRP en cuanto a las propiedades del material.

Después de colocar las piezas de inserción en los respectivos escotaduras y de unir los estratos de FRP, la abertura de la depresión de la primera pieza de inserción se orienta hacia la segunda pieza de inserción. Además, es favorable que los estratos de FRP se unan de manera que las depresiones de los estratos de FRP sean esencialmente congruentes entre sí. Para ello, es preferente que los escotaduras y las piezas de inserción tengan esencialmente el mismo tamaño. Además, es importante que la primera pieza de inserción se inserte en la primera escotadura de tal manera que se forme una cavidad delimitada por la depresión de la primera pieza de inserción y la segunda pieza de inserción, la llamada bolsa de aire.

En el procedimiento según la invención, las primeras y segundas piezas de inserción se introducen en las respectivas escotaduras en un estado precurado. En este contexto, precurado significa que las dos partes están endurecidas hasta el punto de mantener su forma por sí mismas para las siguientes fases del procedimiento. Para el precurado, se pueden usar los primeros pasos de un procedimiento de curado adecuado para el material de FRP usado, es decir, el proceso de curado puede terminarse tan pronto como las piezas se hayan endurecido hasta tal punto que esencialmente conserven su forma por sí mismas para los siguientes pasos del procedimiento. Después de que el primer estrato de FRP se haya adherido al segundo estrato de FRP y de que las piezas de inserción hayan sido introducidas en las escotaduras correspondientes, la disposición del primer y del segundo estratos de FRP se endurece completamente, con lo cual se forma la delaminación simulada. El curado en este contexto significa que el primer y el segundo estratos de FRP, incluyendo las piezas de inserción y los medio de unión, están completamente endurecidos. Preferentemente, las primeras y segundas escotaduras tienen sustancialmente la forma o el contorno del borde exterior de las primeras y segundas piezas de inserción respectivamente. Así, las piezas de inserción también tienen esencialmente las mismas dimensiones que las escotaduras correspondientes.

Para crear un cuerpo de referencia de FRP particularmente realista de cualquier grosor, se puede proporcionar al menos una capa base de FRP en un lado de la disposición de primer y segundo estratos de FRP y/o se puede proporcionar al menos una capa de terminación de FRP en el otro lado de la disposición de primer y segundo estratos de FRP. Añadiendo cualquier número de capas base de FRP y/o las capas finales de FRP, se puede crear un cuerpo de referencia FRP de cualquier espesor. El número de capas finales de FRP y de capas básicas de FRP puede ser diferente entre sí. Por medio del procedimiento según la invención, la cavidad o la delaminación artificial se pueden disponer así a cualquier profundidad dentro del cuerpo de referencia FRP en un lugar previsto para ello. Dependiendo de la aplicación, también se pueden proporcionar varias delaminaciones (bolsas de aire). Las otras bolsas de aire pueden formarse de la misma manera que se ha descrito anteriormente, es decir, mediante una primera y una segunda pieza de inserción.

Para favorecer el efecto capilar y crear una deslaminación particularmente realista, es ventajoso que la primera pieza de inserción tenga una superficie de borde circunferencial y de manera preferente sustancialmente plana alrededor de la escotadura. Circunferencial en este contexto significa que la depresión está rodeada por todos los lados por la superficie del borde. Esto permite que el medio de unión se introduzca uniformemente en la depresión de la junta entre las dos piezas de inserción desde todos los lados. La superficie del borde puede ser de manera conveniente simétrica alrededor de la depresión. Para adaptar la superficie del borde a una forma específica o para eliminar partes innecesarias de la superficie del borde, puede estar previsto que la superficie del borde se corte, al menos parcialmente, con una herramienta de corte adecuada.

En el transcurso de la invención se ha descubierto que existen unas dimensiones especialmente favorables para las piezas de inserción con las que se puede regular el efecto capilar hasta el punto de que, por un lado, se atrae suficiente medio de unión a la brecha de unión para una adhesión suficiente de las piezas de inserción y, por otro lado, se puede evitar la entrada del medio de unión en la cavidad. Para ello, es favorable que la superficie de borde se forme simétricamente alrededor de la depresión y que la relación entre la anchura constante de la superficie de borde circunferencial y la anchura de la sección transversal de la abertura de la depresión delimitada por la superficie de borde circunferencial esté sustancialmente entre 0,1 y 10, en particular sustancialmente entre 2 y 8. Por lo tanto, la anchura de la superficie del borde circunferencial es preferentemente más ancha que el área de la sección transversal de la abertura. Estas dimensiones son el resultado de la constatación de que si la superficie del borde es demasiado ancha, se introduce muy poco medio de unión en la depresión entre las piezas de inserción, mientras que si la superficie del borde es demasiado estrecha, el medio de unión se introduce de forma desventajosa en la cavidad. Los ensayos también han demostrado que cuanto más profunda sea la depresión en la disposición del primer y del segundo estratos de FRP, es decir, cuantas más capas de base/capas determinación de FRP estén dispuestas por encima o por debajo de la depresión, mayor debe ser la proporción. La anchura del área de la sección transversal de la abertura se refiere a la distancia máxima entre dos puntos del borde del área de la sección transversal de la abertura. En el caso de una sección transversal circular, la anchura corresponde al diámetro de la sección transversal de la abertura. La anchura de la superficie periférica del borde se refiere a la distancia máxima entre el borde interior de la superficie del borde adyacente a la zona de la sección transversal de la abertura y el borde exterior de la superficie del borde que coincide con el borde exterior de la pieza de inserción. En esta forma de realización, la depresión está situada

sustancialmente en el centro de la primera pieza de inserción, de tal modo que la superficie del borde está formada simétricamente alrededor del depresión.

En una forma de realización preferente, se prevé que la altura máxima de la depresión sea menor que el espesor del primer estrato de FRP, en particular menor que los espesores (es decir, las extensiones en altura) de todos los estratos de FRP y las capas de FRP. Esto puede reducir el abultamiento de los estratos de FRP o de las capas de FRP situados por encima. En una forma de realización particularmente preferente, todas las capas de FRP y los estratos de FRP usadas en el cuerpo de referencia de FRP tienen esencialmente el mismo espesor de capa. En el caso de esta forma de realización, se prefiere que la altura de la depresión sea menor que el espesor de capa usado.

En una forma de realización preferente, se prevé que la depresión se forme colocando la primera capa de FRP en una herramienta de moldeo antes del endurecimiento previo de la primera capa de FRP. Para ello, se coloca la primera capa de FRP en la herramienta de moldeo en un estado no curado, es decir, moldeable. Mediante el endurecimiento previo, la depresión permanece en la primera capa de FRP y, por lo tanto, en la primera pieza de inserción.

Para configurar la depresión de una manera particularmente sencilla, en una primera forma de realización está prevista como herramienta de moldeo una pieza de placa, en particular una placa metálica. Esta placa metálica se retira de nuevo después del endurecimiento previo de la capa de FRP y ventajosamente se puede usar de nuevo.

En el caso de una forma de realización alternativa, se proporciona un como herramienta de moldeo un saliente en un soporte de molde. Para ello, se coloca la primera capa de FRP sobre el soporte de molde y el saliente en estado no curado, con lo cual se forma la depresión. Después del endurecimiento previo, se retira la capa de FRP del soporte de molde.

Para facilitar el desprendimiento de las capas de FRP previamente endurecidas, es ventajoso que la herramienta de moldeo esté provista de un agente de separación, en particular un agente de separación líquido o una película de desprendimiento, antes de la inserción en la depresión. Esto permite retirar la herramienta de moldeo sin dañar la primera o la segunda capas de FRP. Por supuesto, otras piezas, tales como el soporte de molde, también pueden estar provistas de un agente de separación de este tipo para poder liberar fácilmente todos los componentes de FRP.

En una forma de realización preferente, se prevé que en la segunda capa de FRP esté formada una depresión adicional. Ventajosamente, con esto también se puede aumentar la cavidad y, por la tanto, la inclusión de aire en la delaminación. Si la segunda pieza de inserción tiene un depresión adicional adicional, la segunda pieza de inserción se inserta preferentemente en la segunda escotadura de tal manera que la abertura del escotadura adicional de la segunda pieza de inserción esté orientada hacia la primera pieza de inserción. Ventajosamente, los estratos de FRP o las piezas de inserción están orientados de tal manera que las aberturas de las depresiones son sustancialmente opuestas y encierran entre sí un volumen de aire dentro de una cavidad formada por las depresiones. En una forma particularmente preferente, la primera y la segunda piezas de inserción están realizadas de manera sustancialmente idéntica. Todas las afirmaciones y pasos de fabricación de esta divulgación relativos a la depresión de la primera pieza de inserción son aplicables a la depresión adicional de la segunda pieza de inserción.

El cuerpo de referencia FRP descrito anteriormente puede usarse para las pruebas NDT de los componentes de FRP.

El procedimiento de ensayo no destructivo de un componente de FRP, en particular de un componente aeronáutico, comprende al menos las siguientes etapas:

- Fabricación de un cuerpo de referencia de material compuesto de fibra y plástico (FRP) como se ha descrito anteriormente;
- Prueba del componente FRP mediante un procedimiento de ensayo no destructivo, por ejemplo un procedimiento termográfico; y
- Comparación de los resultados de las mediciones del procedimiento de ensayo no destructivo del componente de FRP con los valores de comparación del cuerpo de referencia de FRP.

La invención se explica más adelante con referencia a formas de realización preferentes.

Fig. 1 muestra la colocación de una primera capa de FRP en un soporte de molde para la fabricación de la primera pieza de inserción.

Fig. 2 muestra una primera y una segunda pieza de inserción, respectivamente.

Fig. 3a-3b muestran la inserción de las piezas de inserción en los respectivos estratos de FRP.

Fig. 4a-4b muestran cada una de las dos piezas inserción en sección transversal.

Fig. 5a-5c muestran la formación de una delaminación.

Fig. 6 muestra un diagrama de flujo del procedimiento según la invención para la fabricación de un cuerpo de referencia de FRP en una variante de realización preferente.

5 Fig. 7 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento de ensayo NDT con un cuerpo de referencia de FRP fabricado por medio del procedimiento según la invención, tal como se reivindica en las reivindicaciones 1 a 10.

10 Las figuras muestran los distintos pasos del procedimiento para la fabricación de un cuerpo de referencia de FRP 26, que puede usarse en las pruebas NDT de componentes de FRP, como las alas o los flaps de los aviones.

15 La Fig. 1 muestra una primera capa de FRP 1 (no curada), que se coloca en un soporte de molde 2 en la dirección de la flecha para fabricar una primera pieza de inserción 3 con un depresión 4 (véase la Fig. 2). Preferentemente, la primera capa de FRP 1 está formada por fibras de CFRP, GFRP o aramida, en particular materiales de CFRP, GFRP o aramida procesados en la impregnación previa, como es habitual sobre todo en los componentes aeronáuticos. Para crear la depresión 4, se dispone preferentemente de una herramienta de moldeo 5 en forma de saliente 6 en el soporte de molde 2. Al colocar la primera capa de FRP no curada sobre el soporte de molde 2, se adapta esencialmente a la forma del soporte de molde 2, en particular al saliente 6, y forma la depresión 4. En lugar del saliente 6, también puede estar prevista una pequeña placa metálica como herramienta de moldeo 5, por ejemplo. El soporte de molde 2 proporciona la forma posterior de las capas de FRP (precuradas), preferentemente una superficie esencialmente plana 7 como en la Fig. 1.

25 Después de que la primera capa de FRP 1 se haya colocado en el soporte de molde 2 y se haya formado la depresión 4, la primera capa de FRP 1 se endurece previamente mediante procedimientos apropiados conocidos por el experto, mientras que la herramienta del moldeo 5 permanece en la depresión 4 configurada. Un procedimiento de endurecimiento previo de este tipo puede llevarse a cabo, por ejemplo, mediante los primeros pasos de un procedimiento de curado en un autoclave (no mostrado). Gracias al endurecimiento previo, la primera pieza de inserción 3 conserva por sí misma esencialmente su forma para los siguientes pasos del procedimiento.

30 La Fig. 2. muestra una primera pieza de inserción 3 previamente endurecida con el depresión 4 y una superficie de borde circunferencial 8 formada simétricamente alrededor del depresión 4. La depresión 4 está dispuesta sustancialmente en el centro de la primera pieza de inserción 3 y tiene (en la parte inferior de la primera pieza de inserción 3 que es más visible en la Fig. 4a y la Fig. 4b) una abertura 22 y un área de sección transversal de la abertura 23 que corresponde al área de la abertura 22 en el plano de la superficie del borde 8. El área de la sección transversal de la abertura 23 está limitada por la superficie del borde 8. Se indica por medio de las flechas que la superficie del borde periférico 8 está parcialmente cortada y eliminada, por ejemplo mediante una herramienta de corte adecuada (no mostrada), para encajar la pieza de inserción 3. Dependiendo del material de partida, el corte de la superficie del borde 8 no es absolutamente necesario.

40 Para crear una segunda pieza de inserción 9 a partir de una segunda capa de FRP 25 (cf. Fig. 4a y Fig. 4b), se pueden llevar a cabo los mismos pasos del procedimiento que para la primera pieza de inserción 3. De este modo, se puede crear una segunda pieza de inserción 9 que es sustancialmente idéntica a la primera pieza de inserción 3. Sin embargo, también puede estar previsto que la segunda pieza de inserción 9 no tenga un depresión, es decir, que sea esencialmente plana. Para ello, se puede colocar la segunda capa de FRP 25 en un soporte del molde 2 sin herramienta de moldeo 5 y endurecerla previamente. La segunda pieza de inserción 9 fabricada de este modo tiene una superficie sustancialmente plana y sin curvaturas.

50 La Fig. 3a muestra un primer estrato de FRP 10 con una primera escotadura 11 y un segundo estrato de FRP 12 con una segunda escotadura 13. De manera conveniente, las escotaduras 11, 13 se cortan el primer o el segundo estratos de FRP 10, 12 con una cuchilla u otra herramienta de corte (no mostrada). La flecha indica de nuevo la eliminación de las secciones sobrantes. Las escotaduras 11, 13 presentan preferentemente la forma o el contorno del borde exterior 14 de la primera 3 o de la segunda pieza de inserción 9 para la posterior inserción de las piezas de inserción. Además, se ha previsto que el primer estrato de PRFV 10 se una al segundo estrato de PRFV 12 de manera que la depresión 11, 13 y, por tanto, las piezas de inserción 3, 9 sean esencialmente congruentes entre sí. Preferentemente, las depresiones 11, 13 y las piezas de inserción 3, 9 son del mismo tamaño para que las piezas de inserción 3, 9 puedan introducirse a ras en las respectivas depresiones 11, 13.

60 Para mejorar la fijación de las piezas de inserción 3, 9 y para crear un cuerpo de referenciade FRP 26 particularmente realista en el que la delaminación está dispuesta a cualquier profundidad dentro del cuerpo de referencia de FRP 26, se proporciona al menos una base de FRP 15 (en la Fig. 3a se muestra una base de FRP 15 y en la Fig. 3b se muestran dos bases de FRP 15) en un lado de la disposición del primer 10 y del segundo estrato de FRP 12. En la Fig. 3b, también se proporciona al menos un estrato de terminación de FRP 16 en el otro lado de la disposición del primer 10 y del segundo estrato de FRP 12. Toda la disposición se coloca también en un soporte del molde 2 para su posterior curado. Las flechas indican de nuevo la unión del posterior cuerpo de referencia FRP.

65 La Fig. 3b muestra la inserción de la primera pieza de inserción 10 en los primeros escotaduras 11 del primer estrato

de FRP 10 y la inserción de la segunda pieza de inserción 9 en el segundo escotadura 13 del segundo estrato de FRP 12. Es importante destacar que la primera 3 y la segunda pieza de inserción 9 se introducen en los respectivos escotaduras 11, 13 de tal manera que se forma una cavidad 17, la llamada bolsa de aire, delimitada por el depresión 4 de la primera pieza de inserción 3 y de la segunda pieza de inserción 3, como puede verse en las figuras 4a y 4b. La abertura 22 de la depresión 4 de la primera pieza de inserción 3 está orientada hacia la segunda pieza de inserción 9. Si la segunda pieza de inserción 9 presenta otra depresión 18, la segunda pieza de inserción 9 se inserta también en la segunda escotadura 13 de forma que la abertura de la otra depresión 18 de la segunda pieza de inserción 9 quede orientada hacia la primera pieza de inserción 3. También es esencial que la primera 3 y la segunda pieza de inserción 9 o las escotaduras 11, 13 sean esencialmente congruentes entre sí.

La fig. 4a muestra la primera pieza de inserción 3 y una segunda pieza de inserción 9 sustancialmente idéntica con otro depresión 18. Las dos piezas de inserción 3, 9 están dispuestas de tal manera que se forma una cavidad 17 delimitada por las depresiones de la primera y de la segunda piezas de inserción 3, 9. La abertura 22 de la depresión 4 de la primera pieza de inserción 10 está orientada hacia la segunda pieza de inserción 9, mientras que la abertura de la otra depresión 18 de la segunda pieza de inserción 12 está orientada hacia la primera pieza de inserción 10. Como se muestra en la Fig. 4a, la superficie de borde periférica 8 de las piezas de inserción 3, 9 tiene una anchura 19 entre el borde interior adyacente a la superficie transversal de abertura 23 de la depresión 4 y el borde exterior 14 de la superficie de borde 8 o pieza de inserción. El área de la sección transversal de la abertura 4 está indicada por la línea discontinua 23. La sección transversal de la abertura 23 de la cavidad 4 delimitada por la superficie del borde circunferencial 8 también tiene una anchura 20, que se refiere a la anchura máxima en el caso de las secciones transversales de abertura no circulares 23. La relación entre la anchura 19 de la superficie del borde 8 y la anchura 20 de la superficie transversal de la abertura 23 asciende preferentemente a entre 0,1 y 10, en particular a entre 2 y 8.

La Fig. 4b muestra una forma de realización en la que la segunda pieza de inserción 9 no presenta ninguna otra depresión. La segunda pieza de inserción 9 es esencialmente plana, es decir, sin protuberancias.

La Fig. 5a muestra la disposición del primer estrato de FRP 10 con la primera pieza de inserción 3 y del segundo estrato de FRP 12 con la segunda pieza de inserción 9. Mediante la aplicación de una presión de contacto, en particular durante un proceso de curado adecuado para el material FRP, el efecto capilar hace que el medio de unión contenido en el material de FRP usado sea aspirado en la dirección de la flecha hacia un estrecho espacio de unión 21, situado entre la primera y la segunda pieza de inserción 3, 9, hasta la depresión, con lo que las dos piezas de inserción 3, 9 en la superficie del borde 8 fuera del depresión 4 se adhieren entre sí y al primer 10 y al segundo estrato de FRP 12. En consecuencia, los medios de unión para unir las piezas de inserción 3, 9 se proporcionan mediante los estratos de FRP. En el límite de la depresión 4 o de la cavidad cerrada 17, como se muestra en la figura 5c, el efecto de succión del efecto capilar finalmente se detiene debido a la mayor distancia entre las dos piezas de inserción 3, 9 y el medio de unión no es atraído hacia la depresión 4 o la cavidad 17. De este modo, la depresión 4 está sustancialmente libre de medios de unión y la primera y segunda piezas de inserción 3, 9 no se adhieren entre sí en la zona de la depresión 4. Como resultado, la delaminación 24 simulada se forma en la depresión 4 o la cavidad 17 después del curado.

La Fig. 6 muestra un desarrollo preferente del procedimiento para fabricar un cuerpo de referencia de FRP 26 con una delaminación 24 creada artificialmente. En una etapa 101, para producir una pieza de inserción, se coloca una primera capa de FRP 1 sobre un soporte del molde 2 en estado no curado. Para formar una depresión 4, puede estar prevista una herramienta de molde 5 en forma de saliente 6 en el soporte de molde 2 o en forma de placa metálica. En una etapa 102, la primera capa de FRP 1 se endurece previamente para crear la primera pieza de inserción 3. En un paso 103, que sin embargo no es necesariamente obligatorio, la primera pieza de inserción 3 puede ser cortada a un tamaño específico. La primera pieza de inserción 3 se crea así mediante los pasos 101-103. Aplicando de nuevo los pasos 101-103 (tal como se indica mediante la flecha), se pueden producir otras piezas de inserción, en particular la segunda pieza de inserción 9. En una etapa 201, la primera 10 y la segunda capa de FRP 12 se colocan en un soporte del molde 2 en un estado no endurecido. En un paso 202, la primera 11 y la segunda escotadura 13 se cortan del primer 10 y del segundo estrato de FRP 12, respectivamente. En un paso 203, las primeras 3 y segundas piezas de inserción 9 se insertan en la primera 11 y en la segunda escotadura 13 respectivamente. En un paso 204, si es necesario también se puede añadir al menos una capa base de FRP 15 a un lado de la disposición del primer 10 y del segundo estrato de FRP 12 y/o se puede añadir al menos una capa final de FRP 16 al otro lado de la disposición del primer 10 y del segundo estrato de FRP 12. En un paso 205, toda la disposición de los primeros 10 y los segundos estratos de FRP 12, las primeras 3 y las segundas piezas de inserción 9 y cualquier capa base de FRP 15 y/o capas finales de FRP 16 se endurecen completamente mediante un proceso de curado adecuado para el material de FRP usado.

La Fig. 7 muestra un desarrollo preferente del procedimiento de un procedimiento de prueba NDT con un cuerpo de referencia FRP 26. En un paso 701, se fabrica un cuerpo de referencia FRP 26 mediante el desarrollo del procedimiento según la Fig. 6. En un paso 702, el cuerpo de referencia se prueba usando un procedimiento de ensayo no destructivo, tal como un procedimiento termográfico o un procedimiento ultrasónico, para detectar y medir la delaminación 24 creada artificialmente en el cuerpo de referencia FRP 26. Esto permite establecer valores comparativos. En un paso 703, un componente de FRP hecho de material de FRP, en particular un componente de aeronave, se ensaya usando el mismo procedimiento de ensayo no destructivo para obtener los resultados del ensayo. En el paso 704, los resultados de la prueba del paso 703 se comparan con los valores de comparación del paso 702 para poder evaluar el componente de FRP con respecto a cualquier defecto del componente, en particular la

delaminación. Para ello, se comparan preferentemente las amplitudes de las señales u otros tipos de señales generadas por el procedimiento de ensayo no destructivo. Si se supera un valor límite definido, que puede derivarse de los valores de comparación, puede detectarse un componente FRP defectuoso.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la fabricación un cuerpo de referencia (26) de material compuesto de fibra y plástico (FRP) para simular una delaminación (24) para el ensayo no destructivo de componentes de FRP, en particular componentes de aeronaves, que tiene los pasos:
 - i. Fabricación de una primera pieza de inserción (3) para el cuerpo de referencia de FRP (26) mediante
 - a. Disposición de una primera capa de FRP (1);
 - b. Formación de una depresión (4) en la primera capa de FRP (1);
 - c. Endurecimiento previo de la primera capa de FRP (1) para obtener la primera pieza de inserción (3) para el cuerpo de referencia de FRP;
 - ii. Fabricación de una segunda pieza de inserción (9) para el cuerpo de referencia de FRP mediante
 - a. Disposición de una segunda capa de FRP (25);
 - b. Endurecimiento previo de la segunda capa de FRP (25) para obtener la segunda pieza de inserción (9) para el cuerpo de referencia de FRP;
 - iii. Previsión de al menos un primer estrato de FRP (10) con una primera escotadura (11) y al menos un segundo estrato de FRP (12) con una segunda escotadura (13);
 - iv. Inserción de la primera pieza de inserción (3) en la primera escotadura (11) del primer estrato de FRP (10) e inserción de la segunda pieza de inserción (9) en la segunda escotadura (13) del segundo estrato de FRP (12);
 - v. Endurecimiento de la disposición del primer estrato de FRP (10) con la primera pieza de inserción (3) y el segundo estrato de FRP (12) con la segunda pieza de inserción (9), en donde se simula una delaminación en la depresión (4) de la primera capa de FRP (1) de la primera pieza de inserción (10).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** al menos una capa de base de FRP (15) está prevista en un lado de la disposición del primer (10) y del segundo estrato de FRP (12) y/o al menos una capa de terminación de FRP (16) en el otro lado de la disposición del primer (10) y del segundo estrato de FRP (12).
3. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** la primera pieza de inserción (3) presenta una superficie de borde circunferencial (8) y de manera preferente sustancialmente plana alrededor de la depresión (4).
4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado porque** la superficie de borde (8) está configurada simétricamente alrededor de la depresión (4) y la relación entre la anchura (19) de la superficie de borde circunferencial (8) y la anchura (20) de la sección transversal de abertura (23) de la depresión (4) delimitada por la superficie de borde circunferencial (8) asciende sustancialmente a entre 0,1 y 10, en particular sustancialmente a entre 2 y 8.
5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** la altura máxima de la depresión (4) es menor que el espesor del primer estrato de FRP (10), en particular menor que el espesor de todos los estratos de FRP y las capas de FRP.
6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** la depresión (4) se forma colocando la primera capa de FRP (1) sobre una herramienta de moldeo (5) antes de endurecer previamente la primera capa de FRP (1).
7. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado porque** la herramienta de moldeo (5) está provista de una pieza de chapa, en particular de una chapa metálica.
8. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado porque** como herramienta de moldeo (5) está previsto un saliente (6) sobre un soporte del molde (2).
9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, **caracterizado porque** la herramienta de moldeo (5) está provista de un agente de separación, en particular un agente de separación líquido o una película de desmoldeo, antes de aplicar la primera capa de FRP (1).
10. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** se forma otro depresión (18) en la segunda capa de FRP (25).
11. Procedimiento para el ensayo no destructivo de un componente de FRP, en particular de un componente aeronáutico, que comprende las etapas:
 - Fabricación de un cuerpo de referencia de material compuesto de fibra y plástico (FRP) (26) en un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10;
 - Ensayo del componente de FRP mediante un procedimiento de ensayo no destructivo, por ejemplo un procedimiento termográfico; y
 - Comparación de los resultados de las mediciones del procedimiento de ensayo no destructivo del componente de FRP con los valores de comparación del cuerpo de referencia FRP (26).

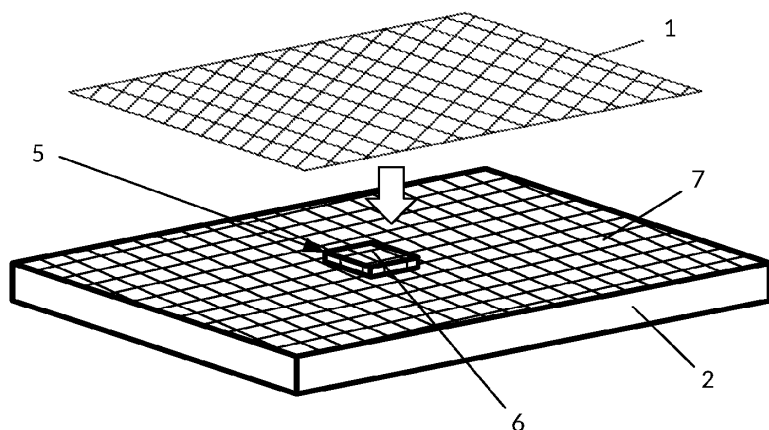


Fig. 1

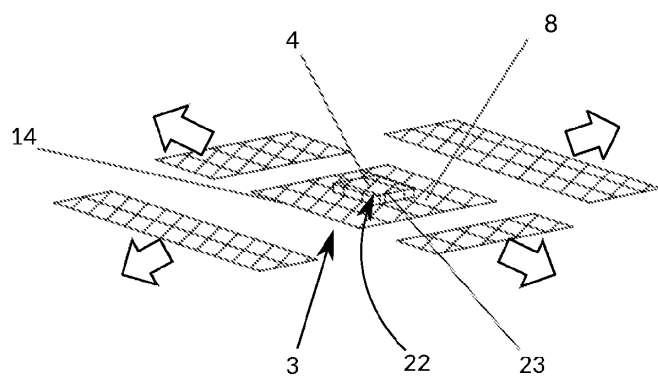


Fig. 2

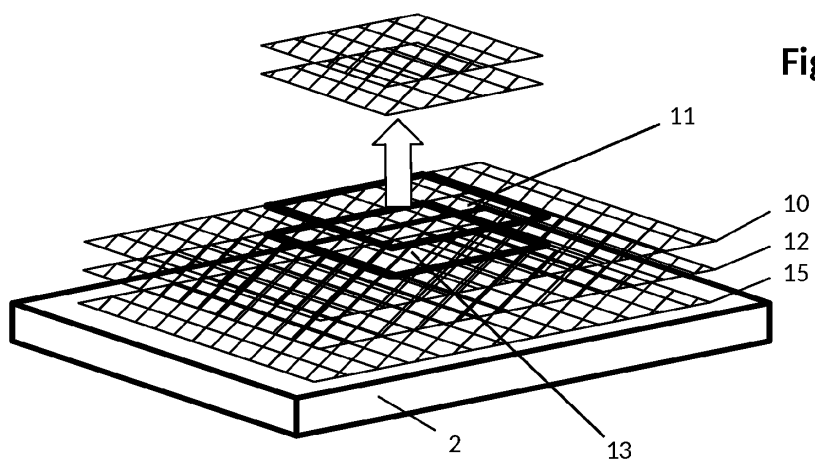
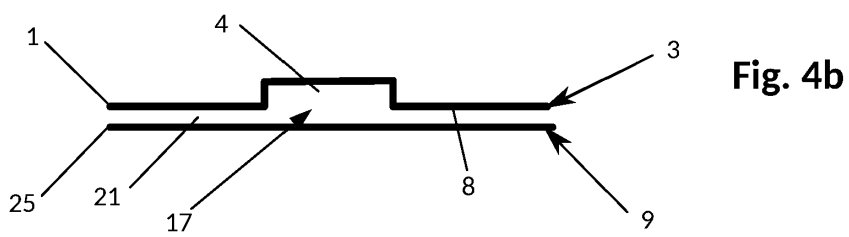
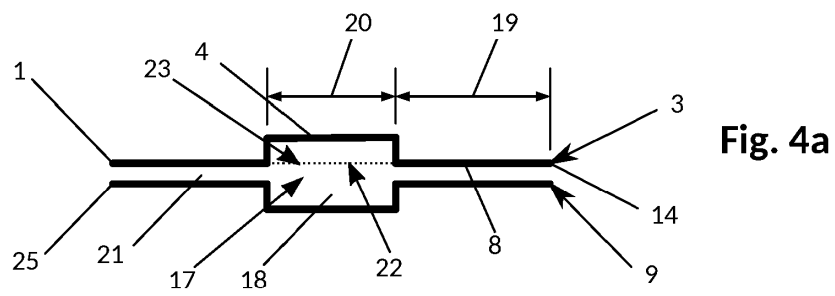
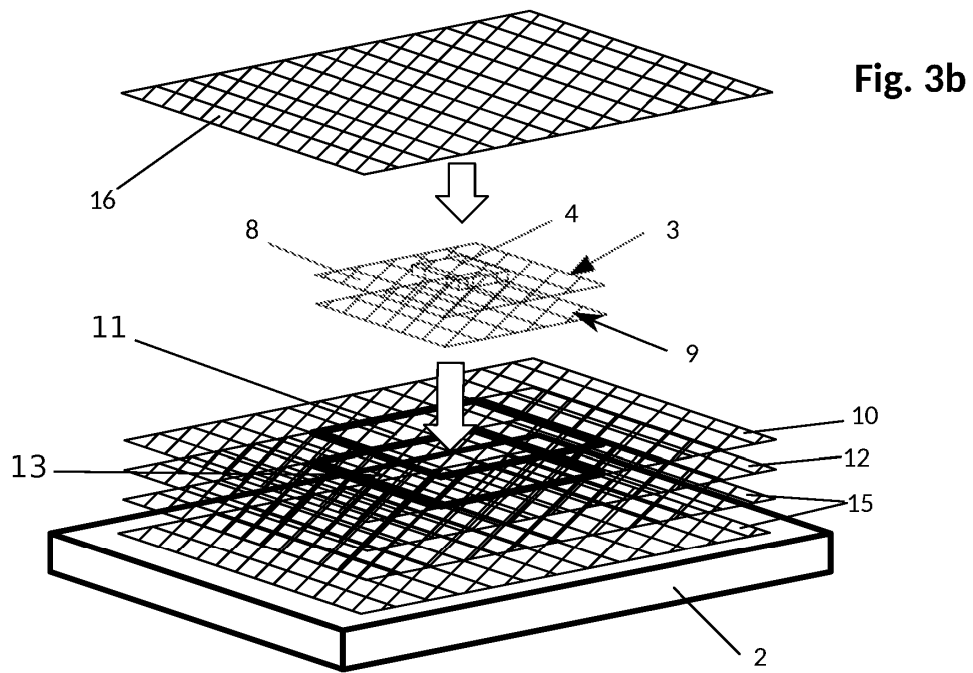


Fig. 3a



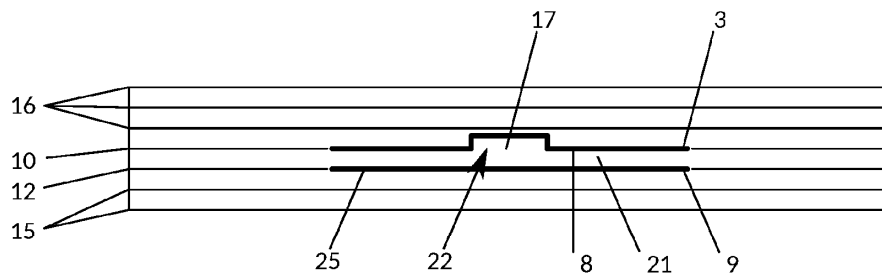


Fig. 5a

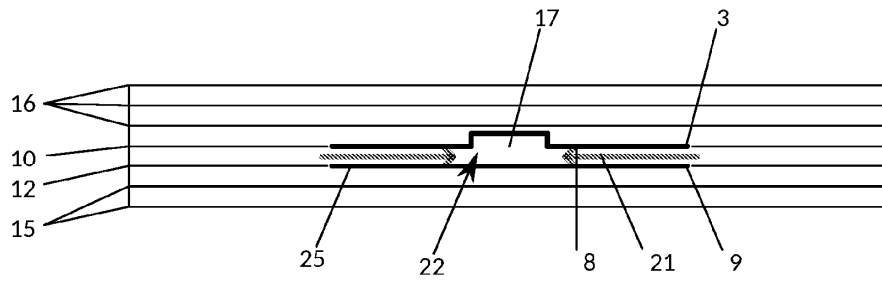


Fig. 5b

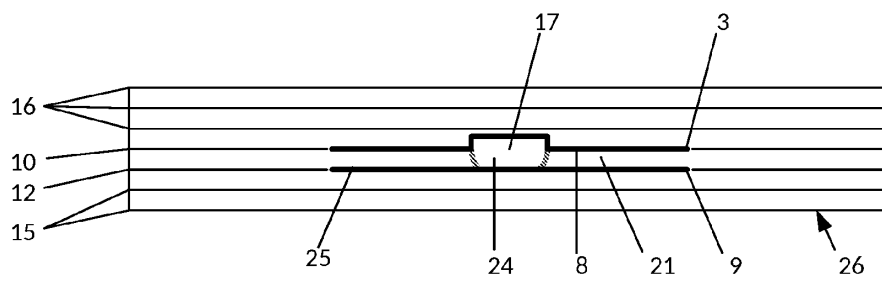


Fig. 5c

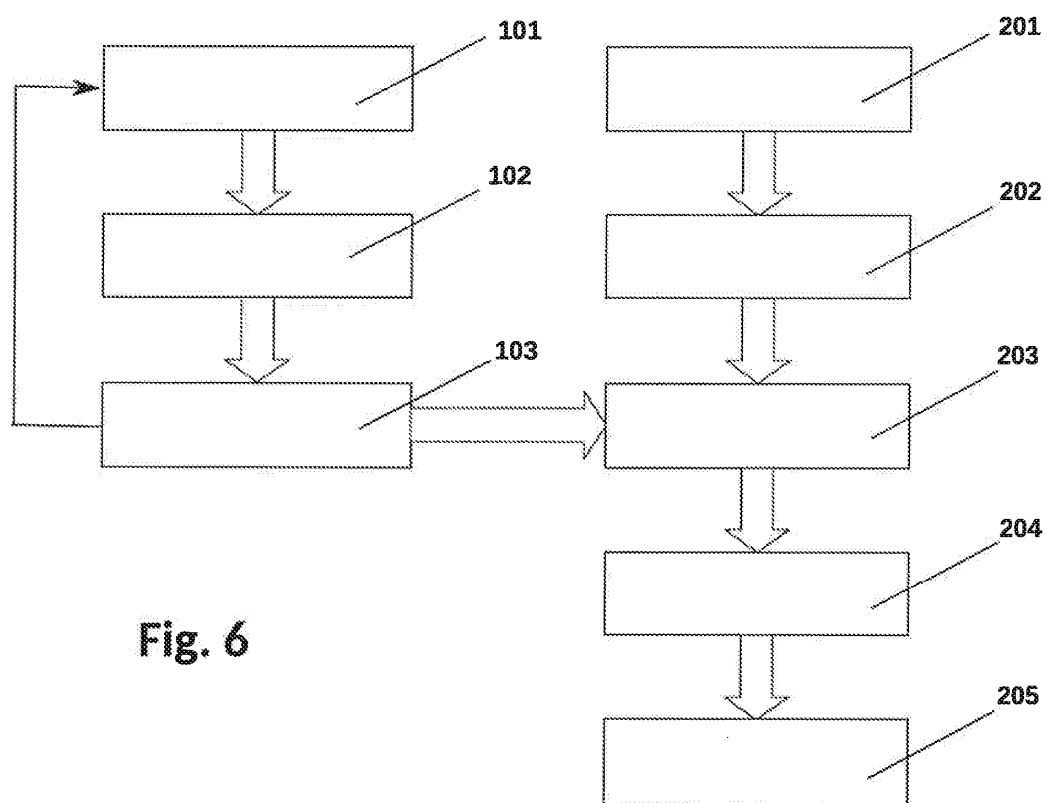


Fig. 7

