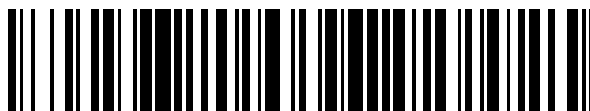


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 596 505**

51 Int. Cl.:

<b>B29C 39/10</b>	(2006.01)
<b>B29C 39/24</b>	(2006.01)
<b>B29C 39/38</b>	(2006.01)
<b>B29C 70/48</b>	(2006.01)
<b>B29C 70/44</b>	(2006.01)
<b>B29C 70/54</b>	(2006.01)
<b>B29K 707/04</b>	(2006.01)
<b>B29K 105/08</b>	(2006.01)
<b>B29L 31/30</b>	(2006.01)

12

### TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.08.2002 PCT/JP2002/08019**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **20.02.2003 WO03013820**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.08.2002 E 02755853 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.10.2016 EP 1415782**

54 Título: **Procedimiento para la fabricación de un elemento de PRF grande**

30 Prioridad:

**07.08.2001 JP 2001238854**  
**10.08.2001 JP 2001243603**  
**20.08.2001 JP 2001249055**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**10.01.2017**

73 Titular/es:

**TORAY INDUSTRIES, INC. (100.0%)**  
**2-1, Nihonbashi Muromachi 2-chome, Chuo-ku**  
**Tokyo 103-8666, JP**

72 Inventor/es:

**SEKIDO, TOSHIHIDE;**  
**KITANO, AKIHIKO;**  
**WADAHARA, EISUKE y**  
**NOMA, FUMIAKI**

74 Agente/Representante:

**DURÁN MOYA, Carlos**

**ES 2 596 505 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 elemento de PRF grande

5 Sector técnico

10 La presente invención se refiere a procedimientos para la fabricación de plásticos reforzados con fibras (denominadas a continuación "PRF") que tienen calidades superiores con una productividad elevada. Más particularmente, la presente invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de un elemento de PRF grande, en el que un PRF que tiene calidades superiores se puede obtener a un coste asequible y con rendimiento de producción mejorado, y en el que es poco probable que se formen partes no impregnadas o huecos.

Antecedentes técnicos

15 Debido a los requisitos, por ejemplo, para la obtención de características dinámicas superiores o para la reducción del peso, se han utilizado PRF, en particular, plástico reforzado con fibras de carbono (a continuación, "PRFC") principalmente para elementos utilizados en los sectores de la industria espacial y aeronáutica o la industria del deporte. Por ejemplo, el PRF que se ha descrito anteriormente se ha utilizado para elementos de aplicaciones espaciales y aeronáuticas, entre las que se incluyen materiales estructurales primarios (fuselajes, alas principales, unidades de cola, costillas del ala y similares) y materiales estructurales secundarios (carenados, superficies de control, bordes de salida y similares) para aviones pequeños y medianos, aviones de pasajeros grandes, aviones militares, naves espaciales y similares.

20 Los temas técnicos anteriores en los sectores descritos anteriormente fueron principalmente mejoras de las características dinámicas o de una precisión de montaje superior de PRF; sin embargo, los temas recientes han sido la producción de PRF más grandes y la reducción exhaustiva de los costes de producción de los mismos. A medida que los sectores de aplicación del PRF que se ha mencionado anteriormente se desarrollan ampliamente a casi todos los medios de transporte (vehículos ferroviarios, automóviles, barcos y buques y similares) y la industria en general (energía eólica, ingeniería civil, arquitectura y similares), se requiere encarecidamente una mayor reducción de costes de PRF.

25 Como un procedimiento típico para la fabricación de un elemento de PRF que tiene características dinámicas superiores, se conoce un procedimiento de moldeo en autoclave. En el procedimiento de moldeo en autoclave, se laminan entre sí preimpregnados compuestos por fibras de refuerzo y una resina de matriz impregnada en los mismos con anterioridad en una matriz de moldeo y, a continuación, se calientan y se comprimen, formando de este modo un PRF. Cuando se utilizan preimpregnados en este procedimiento como un elemento intermedio, se puede conformar de forma ventajosa un PRF que tiene una calidad significativamente superior. Sin embargo, además del coste elevado requerido para la formación y el almacenamiento de los productos preimpregnados, dado que el equipo de moldeo para los mismos se vuelve más grande, la productividad de PRF según este procedimiento de fabricación no ha sido demasiado elevada.

35 Como un procedimiento de fabricación de un PRF que tiene una productividad superior, por ejemplo, se puede mencionar un procedimiento de moldeo por transferencia de resina al vacío (MTR a vacío). Según el procedimiento de MTR a vacío, se colocan fibras de refuerzo no impregnadas (secas) con una resina de matriz en una matriz de moldeo que tiene una forma complicada, y en el estado en el que se evacúa el interior de la matriz de moldeo, la resina de matriz se inyecta de manera forzada en la matriz de moldeo con una presión, de manera que las fibras se impregnan con la resina de matriz, para moldear de ese modo un PRF.

40 En este procedimiento de MTR a vacío, en particular, cuando se moldea un cuerpo estructural grande, dado que debe controlarse adecuadamente la sincronización de la inyección de una resina desde una pluralidad de puertos de inyección de resina, que se proporcionan en la matriz de moldeo, es extremadamente importante entender la posición exacta de la resina que fluye. Además, cuando se conforma un cuerpo moldeado de gran tamaño que requiere una pluralidad de puertos de inyección, tal como se ha descrito anteriormente, después de que se coloque en un molde inferior un material de base de fibras de refuerzo, la cavidad de la misma se cubre con una película de embolsado transparente y se evacúa, y posteriormente la resina se inyecta secuencialmente a partir de los puertos de inyección. En este caso, mientras observa la resina que fluye a través de la película de embolsado transparente, el operador lleva a cabo opcionalmente la inyección de la resina en el momento apropiado.

45 Sin embargo, cuando el estado de flujo de la resina es observado por un operador, tal como se ha descrito anteriormente, puede llegar a ser difícil de observar algún lugar, cuando un cuerpo moldeado es grande, o la posición del frente delantero de la resina que fluye se puede interpretar mal en algún caso y, por lo tanto, puede surgir el problema de que la inyección de la resina no se pueda realizar en el momento apropiado. Además, cuando un cuerpo moldeado que tiene una resistencia al calor elevada se fabrica utilizando el molde inferior y la película de embolsado que se ha descrito anteriormente, dado que todo el molde se calienta a una temperatura elevada, se le hace difícil a un operador observar el flujo de la resina permaneciendo junto el molde, o cuando se lleva a cabo el moldeo mediante la utilización de un molde de dos caras, el estado de flujo de la resina no puede ser observado en

absoluto desde fuera del molde por un operador, incluso cuando un cuerpo moldeado es relativamente pequeño. Por consiguiente, como resultado, puede surgir el problema de que no se pueda determinar el tiempo de inyección de la resina desde una pluralidad de puertos de inyección. En los casos descritos anteriormente, mientras se estima la velocidad del flujo de la resina, la sincronización de la inyección de la resina desde una pluralidad de los puertos de inyección se ha determinado por la intuición de un operador formado a través de la experiencia y en la consideración de la cantidad de la resina preparada con anterioridad. Sin embargo, mediante el procedimiento descrito anteriormente, se han producido problemas de baja fiabilidad, la probabilidad de la producción en masa es baja y la productividad es baja.

La patente de EE.UU. No. 4.942.013 da a conocer un procedimiento y un sistema para la impregnación a vacío de un refuerzo de fibras, tal como una tela de carbono con una resina para producir un material compuesto de resina y fibra. El esquema general del procedimiento se define en la reivindicación 1 mientras que la información detallada se da en la columna 6, línea 49 a la columna 9, línea 27, en relación a la figura 1. De este modo, es esencial proporcionar un material de purga -20- que actúe como una trayectoria de flujo para el paso de la resina líquida en la película de separación porosa -18- y a través de la misma y en el material de refuerzo de fibras -16-.

El documento GB 989.124 A da a conocer un procedimiento para el moldeo de plásticos endurecibles a vacío en el que una resina se introduce inicialmente a presión atmosférica en un molde evacuado y posteriormente se introduce una cantidad adicional a presión superatmosférica.

El documento GB 960.616 A da a conocer un procedimiento de moldeo por inyección para artículos moldeados de grandes dimensiones mediante la inyección bajo presión de una resina líquida, polimerizable in situ en un molde adecuado en el que un material de refuerzo, por lo general una tela, se ha colocado previamente. Para reducir el tiempo de inyección la presión de inyección puede aumentarse o la resina se puede inyectar con presión de inyección pulsante.

#### Objetivo de la invención

Por consiguiente, un objetivo de la presente invención es dar a conocer un procedimiento para fabricar un elemento de PRF grande, según las reivindicaciones 1 y 4, que tiene una capacidad de producción en masa superior. Según los procedimientos descritos anteriormente, un elemento de lámina de PRF grande se puede fabricar con un coste asequible sin necesidad de utilizar un equipo caro y, en virtud de una elevada eficiencia de moldeo, se puede conformar por moldeo en un ciclo de moldeo relativamente corto incluso en una pequeña zona de operación, y no es probable que se formen partes no impregnadas, huecos y similares, para de este modo fabricar un PRF que tiene una calidad superior con un coste bajo y con un elevado rendimiento de producción.

En particular, cuando se inyecta una resina a la vez que una matriz de moldeo y un material de base de fibras de refuerzo se mantienen cada uno a una temperatura apropiada, la sincronización de la inyección de la resina desde los puertos de inyección de resina individuales no está determinada por la estimación del estado de flujo de la resina, basada en la observación visual por un operador o la intuición del mismo formada a través de la experiencia, sino que la sincronización de la inyección de la resina desde los puertos de inyección individuales se determina apropiadamente mediante la comprensión de forma fiable de la posición en la que fluye la resina en forma líquida; por lo tanto, la presente invención da a conocer un procedimiento para la fabricación de un elemento de PRF grande, en el que es poco probable que se formen partes no impregnadas del material de refuerzo a base de fibras, huecos y similares.

#### Características de la invención

Es decir, con el fin de resolver los problemas descritos anteriormente, la presente invención utiliza los siguientes medios.

Un procedimiento para la fabricación de un elemento de PRF comprende las siguientes etapas (A) a (F),

la etapa de ajuste (A) de disponer una preforma que contiene un material de base de fibras de refuerzo y un medio de distribución de resina que comprende una lámina con forma de red o un material de núcleo dotado de ranuras de flujo de resina, sobre una superficie de una matriz de moldeo;

la etapa de sellado (B) de cubrir una parte de moldeo con un material de embolsado o un molde y proporcionar, como mínimo, un puerto de aspiración y, como mínimo, un puerto de inyección de resina para el sellado;

la etapa de evacuación (C) de evacuar la parte de moldeo a través del puerto de aspiración,

la etapa de calentamiento con aire caliente (D) de calentar la parte de moldeo o el molde colocando la matriz de moldeo en una cámara sellada que está aislada térmicamente con material aislante térmico, y toda la parte de moldeo se calienta suministrando aire caliente,

5 la etapa de inyección de resina (E) de inyectar de una resina termoendurecible desde el puerto de inyección de resina para impregnar el material de base de fibras de refuerzo con la resina en las condiciones en las que una temperatura  $T_m$  de la matriz de moldeo y una temperatura  $T_v$  del material de embolsado o el molde se establecen ambas a temperatura ambiente o superior y una diferencia en la temperatura  $\Delta T$  entre ellas es de  $10^\circ\text{C}$  o menos, realizándose la medición de  $T_m$  y  $T_v$  en la dirección del grosor,

10 la etapa de curado (F) de curar la resina manteniendo la parte de moldeo a una temperatura predeterminada  $T_{pc}$  que es igual a la temperatura ambiente o superior a la misma, y la lámina con forma de red se elimina de un PRF después de la etapa de curado (F) o se permite al material de núcleo permanecer en el PRF después de la etapa de curado.

15 En la presente invención, la preforma comprende el material de base de fibras de refuerzo y el medio de distribución de resina, en la etapa de calentamiento con aire caliente (D), la matriz de moldeo se dispone en una cámara sellada que está térmicamente aislada con un material aislante térmico y se suministra aire caliente y, preferentemente, se le hace circular, y la sincronización del inicio de la inyección de la resina desde de una pluralidad de puertos de inyección de resina se controla, preferentemente, según las señales suministradas desde los sensores de detección de resina proporcionados en la matriz de moldeo.

20 Es más preferente que en la etapa de inyección de resina (E), la temperatura  $T_m$  de la matriz de moldeo o la temperatura  $T_v$  del material de embolsado o el molde esté en el intervalo de  $50$  a  $160^\circ\text{C}$ , que en la etapa de curado (F), la temperatura predeterminada  $T_{pc}$  de la parte de moldeo esté en el intervalo de  $80$  a  $180^\circ\text{C}$ , que la viscosidad  $\eta_p$  de la resina termoendurecible a la temperatura  $T_m$  de la matriz de moldeo o la temperatura  $T_v$  del material de embolsado o del molde (en adelante, simplemente se describirá el material de embolsado, sin embargo, esto no significa que solamente se especifique el material de embolsado), la que sea menor, sea de  $500$  mPa·s o menor, y que una diferencia  $\Delta\eta$  entre la viscosidad a la temperatura  $T_m$  y a la temperatura  $T_v$  sea de  $200$  mPa·s o menor.

25 Descripción breve de los dibujos

30 La figura 1 es una vista esquemática que muestra la dependencia de la temperatura de la viscosidad de la resina de una resina utilizada en la presente invención como un ejemplo.

La figura 2 es una vista estructural esquemática que muestra un procedimiento de moldeo según una realización y el ejemplo 2 de la presente invención.

35 La figura 3 es una vista esquemática, lateral en sección transversal de un dispositivo de moldeo que muestra un procedimiento de fabricación de un elemento de PRF grande según el ejemplo 1 de la presente invención.

La figura 4 es una vista que muestra las características de viscosidad de una resina epoxi utilizada en los ejemplos 2 y 3 de la presente invención.

40 La figura 5 es una vista estructural esquemática de un sensor dieléctrico utilizado en el ejemplo 2 de la presente invención.

45 La figura 6 es una vista estructural esquemática que muestra un procedimiento de moldeo según el ejemplo 3 de la presente invención.

La figura 7 es una vista en perspectiva de una realización de un elemento estructural de tipo piel-largueros de PRFC conformado mediante un procedimiento de fabricación de la presente invención.

50 La figura 8 incluye vistas en sección transversal de diversas realizaciones de los largueros que se muestran en la figura 7.

La figura 9 incluye vistas en sección transversal de los largueros que tienen estructuras diferentes a los largueros que se muestran en la figura 8.

55 Descripción de los números de referencia

$T_m$ : temperatura de la matriz de moldeo

60  $T_v$ : temperatura del material de embolsado o molde

$\Delta T$ : diferencia entre las temperaturas de matriz de moldeo y el material de embolsado o molde

$\eta_p$ : viscosidad de la resina a  $T_m$  o  $T_v$ , la que sea menor

65  $\Delta\eta$ : diferencia entre las viscosidades de la resina a  $T_m$  y  $T_v$

- 1-: matriz de moldeo
- 5 -2-: -43-, material de base de fibras de refuerzo
- 3-: material de embolsado
- 4-: purgador de vacío
- 10 -5-: bomba de vacío
- A1- a -A4-: línea de inyección de resina
- B-: línea de aspiración de vacío
- 15 -C2- a -C4-: sensor de detección de resina
- D1- a -D5-, -F1- a -F3-: válvula
- 20 -E1- a -E4-: recipiente de resina
- G1- a -G3-: sensor de inducción
- 6-: sensor de inducción
- 25 -7-: sustrato de base
- 8-: circuito de peine
- 30 -11-: material de base de fibras de refuerzo
- 12-: material del núcleo
- 13-: ranura
- 35 -14a-, -14b-: termopar
- 15a-, 15b-: termómetro
- 40 -16a-, -16b-: puerto de inyección de resina
- 17-: puerto de aspiración
- 20-: matriz de moldeo
- 45 -21-: placa de compresión
- 22a-, 22b-: cinta adhesiva de sellado
- 50 -23-: material de embolsado
- 24a-, -24b-: resina líquida
- 25a-, -25b-: tubo de inyección de resina
- 55 -26a-, -26b-: válvula
- 27-: tubo de aspiración de vacío
- 60 -28-: purgador de vacío
- 29-: bomba de vacío
- 31-: base del molde
- 65 -32-: caja de aislamiento térmico

-33-: generador de aire caliente

-34-: puerto de escape

5

-40-: molde

-41-: parte superior del molde

10

-42-: parte inferior del molde

-44-: núcleo de espuma

15

-45-: línea de aspiración de vacío y línea de inyección de resina

-46-: puerto de inyección de resina

-47-: junta tórica de sellado

20

-51-: piel

-52-: larguero

-53-: brida

25

-54-: parte de esquina

Mejor modo de llevar a cabo la invención

30

Cuando se moldea un elemento de PRF grande, una parte de moldeo se puede evacuar a través de una pluralidad de puertos de aspiración, y una resina se puede inyectar a través de una pluralidad de puertos de inyección de resina. La sincronización del inicio de la inyección de la resina desde dicha pluralidad de puertos de inyección de resina puede ser escalonada y, por lo tanto, la resina se puede inyectar de forma secuencial a intervalos de tiempo. Es decir, el flujo de la resina a medida que se aleja del puerto de inyección de la resina se vuelve cada vez más lento de forma no lineal, debido al aumento de la resistencia al flujo. En consecuencia, cuando se proporciona una pluralidad de puertos de inyección, y se lleva a cabo nuevamente la inyección de una resina, se puede conformar un cuerpo moldeado de manera satisfactoria a pesar de tener un área grande y un tamaño largo. Además, la impregnación con la resina se puede realizar en un período relativamente corto de tiempo, y no se generan huecos formados en las zonas en las que la impregnación de la resina no se realiza suficientemente, para de esta manera ser capaz de mantener buenas condiciones de moldeo. Además, cuando se proporcionan adecuadamente una pluralidad de puertos de aspiración y una pluralidad de puertos de inyección de resina, se puede conformar de manera apropiada un cuerpo moldeado que tiene una forma o estructura relativamente complicada, tal como una estructura de tipo piel en la que se proporcionan localmente costillas, una estructura tipo piel en la que partes que se abren (partes de abertura) se forman en las partes de costilla, o una estructura de tipo sándwich en la que se forma una estructura de tipo piel a lo largo de la periferia de una parte estructural de tipo sándwich.

35

40

45

Con el fin de resolver los problemas que se producen cuando se inyecta una resina, se realiza el siguiente procedimiento. Es decir, se realiza un procedimiento de moldeo en el que, según las señales suministradas desde los sensores de detección de resina que se comunican con el interior de una matriz de moldeo, se controla la sincronización del inicio de la inyección de la resina desde los puertos de inyección individuales.

50

Tal como el sensor de detección para detectar una resina que se ha descrito anteriormente, cuando se utiliza un sensor de detección para la detección de líquido que se compone de una primera fibra óptica que tiene una superficie de emisión de luz, que emite luz, en el borde frontal o en las inmediaciones del mismo; y una segunda fibra óptica que tiene una superficie incidente, que recibe la luz emitida desde la primera fibra óptica, en el borde frontal o en las inmediaciones del mismo, la resina puede ser detectada aunque sea una fracción muy pequeña de la misma.

55

Además, tal como el sensor de detección para detectar una resina, cuando se utiliza un sensor de detección para la detección de líquido que se compone de un sustrato de circuito de dieléctrico flexible y que detecta el cambio en la constante dieléctrica, se puede detectar de manera eficiente una resina en vista en planta.

60

Además, en el procedimiento de fabricación de un elemento de PRF grande, según la presente invención, dado que la resina inyectada se puede evacuar de forma continua hasta que gelifica, se puede conseguir de forma fiable la distribución de la resina, y se puede evitar que se generen los vacíos causados por gas volátil remanente generado a partir de la resina.

65

5 Un material de núcleo de un medio de distribución de resina en sí mismo, se puede dejar que permanezca en un cuerpo moldeado y se puede integrar con el mismo, o después del moldeo, un medio de distribución de resina en forma de lámina se puede retirar de un cuerpo moldeado. Cuando se retira el medio de distribución de resina, una cubierta provisional "peel ply", que es una tela tejida de fácil liberación extraíble, se puede proporcionar entre el medio de distribución de resina y el material de base de fibras de refuerzo.

10 En el procedimiento de fabricación de un elemento de PRF grande, según la presente invención, en comparación con el moldeo por preimpregnación/autoclave convencional, se puede utilizar un molde de una sola cara, el molde puede ser un molde de bajo coste hecho de un material no metálico o similar que tiene una resistencia débil que sólo puede soportar una presión de vacío, no son necesarias instalaciones caras tales como equipos de autoclave y un congelador para almacenar productos preimpregnados en un estado de aislamiento en frío, y se puede utilizar como fuente de calor el aire caliente producido a un coste asequible. Además, un material de base de fibras de refuerzo, que es económico en comparación con los productos preimpregnados, se puede utilizar directamente, y se puede reducir el número de etapas de moldeo. Además, dado que no son necesarios los equipos de autoclave y el congelador para almacenar preimpregnados en un estado de aislamiento en el frío, el espacio utilizado para el moldeo puede ser pequeño, y las operaciones de configuración del material a base de fibras de refuerzo, de inyección de la resina, de curado y de liberación del molde pueden llevarse a cabo en el mismo lugar. Por consiguiente, además de disminuciones significativas en coste de la planta de producción y el coste de producción, un elemento de PRF grande se puede moldear en un área relativamente pequeña.

15 Además, dado que pueden llevarse a cabo una serie de etapas desde el moldeo hasta la liberación del molde en el mismo lugar, y la matriz de moldeo y toda la parte de moldeo se puede calentar rápidamente a una temperatura predeterminada mediante la utilización de aire caliente, el ciclo de moldeo se acorta, y se puede lograr, por lo tanto, una eficiencia de moldeo significativamente elevada. Por consiguiente, se puede obtener también una capacidad de producción en masa superior.

20 Además, la inyección de la resina se lleva a cabo mediante la utilización de una diferencia de presión (un valor máximo de 98 kPa (1 kg/cm<sup>2</sup>)) provocada por una presión de vacío; sin embargo, cuando la resina puede inyectarse a una presión más elevada, la inyección de la misma se puede llevar a cabo de una forma más eficiente. Por lo tanto, un baño de resina se dispone, preferentemente, en una posición más elevada que la superficie de la matriz de moldeo. En consecuencia, se incrementa una presión según esta diferencia de presión hidrodinámica.

A continuación, la presente invención se describirá en detalle con referencia a realizaciones preferentes.

35 El procedimiento de fabricación de un PRF de la presente invención incluye esencialmente, como mínimo, las etapas siguientes (A) a (F).

Etapas de configuración (A)

40 Esta etapa es una etapa de cortar un material de base de fibras de refuerzo de manera que tenga un tamaño y forma predeterminados para la conformación de una preforma, formándose la preforma mediante laminación de una pluralidad de los materiales de base cortados mencionados anteriormente siempre que sea necesario, y colocar la preforma en la superficie de la matriz de moldeo.

45 En esta etapa, la preforma se puede formar en la matriz de moldeo y colocar sobre la misma, o la preforma se puede formar mediante la utilización de un molde de preforma diferente de la matriz de moldeo y a continuación se puede mover a la misma para su disposición.

50 Con el fin de evitar que el material de base de fibras de refuerzo se deslice o se desordene, la preforma se puede fijar o densificar en algunos casos. Como medios de fijación, por ejemplo, se pueden mencionar los medios para la pulverización de partículas de adhesivo sobre partes o la totalidad del material de base, estando las partes en forma de puntos o líneas, seguida de la realización de adhesión térmica, o medios para disponer fibras adhesivas seguido de la misma adhesión térmica, tal como se ha mencionado anteriormente. Además, como medio de densificación, por ejemplo, se puede mencionar un medio en el que se lleva a cabo la compresión utilizando una prensa a la vez que se calienta, o medios para la evacuación de un espacio sellado, de modo que la compresión se lleva a cabo a una presión atmosférica.

60 Además del material de base de fibras de refuerzo, la preforma contiene, preferentemente, un medio de distribución de resina, dado que la impregnación de la resina se lleva a cabo fácilmente en la etapa de inyección (E) que se describe a continuación. Como medio de distribución de resina, por ejemplo, se puede mencionar un material de núcleo provisto de ranuras predeterminadas en el mismo o una lámina en forma de red que tiene una baja resistencia al flujo de resina. Cuando se utiliza el material del núcleo descrito anteriormente y se le permite permanecer en un PRF después del moldeo, se puede obtener un PRF que tiene una estructura de sándwich, y cuando se utiliza la lámina en forma de red descrita anteriormente y se retira después del moldeo, se puede obtener un PRF que tiene una estructura de tipo piel. Además, en el último caso, dado que el medio de distribución de resina

se puede despegar fácilmente del PRF después del moldeo, una tela tejida de liberación ("peel ply") está dispuesta, preferentemente, entre el medio de distribución de resina y el material de base de fibras de refuerzo.

El material del núcleo descrito anteriormente tiene, preferentemente, una resistencia al calor en el que la contracción es del 5% o menor cuando se aplica una presión de vacío a una temperatura de calentamiento de 100°C (preferentemente a una temperatura de 120°C). Se puede utilizar como material de núcleo un material tanto sólido como poroso; sin embargo, es importante que la resina no penetre desde la superficie exterior del mismo, y cuando se utiliza un material de espuma, el material de espuma contiene, preferentemente, células cerradas. Además, dependiendo de las aplicaciones, puede ser necesario en algunos casos un material que tenga una baja absorción de humedad (por ejemplo, una velocidad de hinchamiento del 5% o menos después de la absorción de agua). Como material particular, por ejemplo, se pueden mencionar un núcleo de espuma producido de cloruro de polivinilo (por ejemplo, "Klegecell" (nombre comercial)) o producido de polimetacrilimida (por ejemplo, "Rohacell" (nombre comercial)); o un núcleo de nido de abeja producido de aluminio o aramida relleno con el núcleo de espuma que se ha mencionado anteriormente. Además, se puede también utilizar un núcleo de madera o un núcleo de tipo balsa.

En particular, cuando se forma un PRF que tiene una estructura de sándwich, mediante la disposición de una placa de compresión (por ejemplo, una placa hecha de resina de aproximadamente 1 a 2 mm de espesor reforzada con un material de base de fibra de vidrio) que tiene una rigidez relativamente elevada entre el material de base de fibras de refuerzo y un material de embolsado en un lado de la superficie que no es del molde, la suavidad se puede obtener totalmente. Una pluralidad de placas de compresión puede estar dispuesta y unida conjuntamente.

Como material de base de fibras de refuerzo, por ejemplo, se puede mencionar tela tejida, tejido de punto o cuerda trenzada, que tienen unidireccionalidad, bidireccionalidad o multidireccionalidad bidimensional o multidireccionalidad tridimensional; una lámina (lamina unidireccional) estirada en una dirección; y una lámina multidireccional formada por, como mínimo, dos hojas unidireccionales laminadas entre sí, y los materiales mencionados anteriormente pueden estar integrados conjuntamente mediante la utilización de hilo de puntos o hilo de nudo. En particular, para formar un material estructural para instalaciones de transporte (en particular, aviones o automóviles), se selecciona, preferentemente, una tela tejida unidireccional o una lámina unidireccional.

Como fibras de refuerzo, por ejemplo, se pueden utilizar fibras de vidrio, orgánicas (aramida, PBO (parafenileno benzobisoxazol), PVA (alcohol de polivinilo), PE (polietileno) o similares), o fibras de carbono (de tipo PAN, de tipo alquitrán, o similares).

Dado que tienen una resistencia específica y un módulo elástico específicos superiores y sustancialmente no absorben agua, se utilizan, preferentemente, fibras de carbono como fibras de refuerzo para materiales estructurales de aeronaves y automóviles. En particular, dado que se incrementa la energía de absorción de impactos de un PRF, se aplican adecuadamente las siguientes fibras de carbono de elevada dureza a los materiales estructurales de aeronaves. Es decir, el módulo de tracción E (GPa), que se mide según la norma JIS R7601 y la energía de tensión destructiva W ( $\text{MJ/m}^3 = 10^6 \times \text{J/m}^3$ ) son, preferentemente, 210 GPa o más y 40 MJ o más, respectivamente. Más preferentemente, el módulo de tracción es de más de 240 a menos de 400 GPa, y la energía de tensión destructiva es de 50  $\text{MJ/m}^3$  o más. La energía de tensión destructiva es el valor que se obtiene de la siguiente ecuación ( $W = \sigma^2/2E$ ) utilizando la resistencia a la tracción  $\sigma$  (GPa), medida según la norma JIS R7601 y el valor E mencionado anteriormente.

Además, a fin de permitir la  $\Delta T$  que se describe más adelante para cumplir con el intervalo de la presente invención, las fibras de refuerzo tienen, preferentemente, un elevado coeficiente de conductividad térmica, y desde este punto de vista, se utilizan de forma deseable las fibras de carbono. En esta realización, el coeficiente de conductividad térmica es, preferentemente, de 10  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  o más, más preferentemente, 12  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  o más, y aún más preferentemente, 20  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  o más. No se especifica el límite superior del coeficiente de conductividad térmica; sin embargo, dado que las fibras de carbono que tienen un coeficiente de conductividad térmica excesivamente elevado pueden tener propiedades mecánicas insatisfactorias, en algunos casos, en general, el coeficiente de conductividad térmica es, preferentemente, de 100  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  o menos.

Además, en el procedimiento de fabricación de un elemento de PRF grande, según la presente invención, es preferente que las fibras de refuerzo que tienen un elevado coeficiente de conductividad térmica se dispongan selectivamente en una dirección principal del elemento de PRF, dado que la  $\Delta T$  se puede configurar en el intervalo de la presente invención en un corto período de tiempo, y como resultado, el moldeo puede llevarse a cabo en el estado en el que la temperatura está estabilizada.

#### Etapa de sellado (B)

Después de que la preforma junto con, cuando sea necesario, los materiales auxiliares tales como un medio de distribución de resina o una tela tejida de liberación se disponen sobre la superficie de la matriz de moldeo, por ejemplo, se adhiere una cinta adhesiva o cierre de sellado a la superficie de la matriz de moldeo alrededor de la periferia de la preforma, y se dispone el material de embolsado, tal como una película de embolsado, sobre la misma para cubrir la parte de moldeo de la matriz de moldeo para el sellado. Además, con el fin de aumentar aún más una proporción de volumen del material de base de fibras de refuerzo, la película de embolsado proporcionada de este modo puede estar cubierta



adicionalmente con otra película de embolsado para la prevención de un aumento de presión dentro de la bolsa después de que se inyecte la resina. Como alternativa, mientras se embolsa y se calienta, la parte de moldeo se mantiene durante un período de tiempo adecuado a fin de comprimirse por la presión atmosférica. Además, con el fin de mejorar la eficiencia económica, una lámina de caucho de goma de silicona, que es reutilizable, se puede utilizar como material de embolsado. Además, una hoja de caucho que incorpora un calefactor en la misma puede servir de forma eficaz para el calentamiento y el aislamiento térmico en algunos casos.

Cuando se realiza el sellado, se proporcionan puertos de aspiración de presión reducida (vacío) y puertos de inyección de resina. Más en particular, se disponen dispositivos lineales (por ejemplo, materiales de canal de aluminio en forma de C) dotados de partes de abertura en las periferias de los extremos del material de base de fibras de refuerzo, y por ejemplo, tubos de resina se comunican con las partes del extremo de los dispositivos lineales.

#### Etapa de evacuación (C)

La parte de moldeo se evacúa mediante la utilización de una bomba de vacío de tipo de difusión de aceite o similares a través de las partes de aspiración. Mediante esta evacuación, el aire que puede generar huecos se elimina, preferentemente, tanto como sea posible. Además, una proporción en volumen de fibras de refuerzo Vpf del material de base de fibras de refuerzo aumenta, preferentemente, presionando el material de base utilizando presión atmosférica, y la proporción en volumen de fibras Vpf se ajusta, preferentemente, al 45% o más y, más preferentemente, se ajusta al 50% o más. En el caso descrito anteriormente, cuando la temperatura se aumenta a una temperatura a la que las partículas adhesivas o las fibras adhesivas se adhieren térmicamente en la etapa de calentamiento (D) que se describe más adelante, o a una temperatura superior, y se mantiene durante un período de tiempo predeterminado, el Vpf puede aumentarse de forma más fiable.

#### Etapa de calentamiento con aire caliente (D)

La parte de moldeo que incluye la matriz de moldeo se calienta. En este calentamiento, como medio de calentamiento, se utiliza aire caliente, cuyas instalaciones y costes de funcionamiento son relativamente económicos. Es decir, como fuente de calor para el calentamiento de toda la matriz de moldeo, se utiliza, preferentemente, aire caliente que puede conseguir una elevada eficacia de calentamiento mediante la realización del siguiente procedimiento. Es decir, un procedimiento en el que un horno de calentamiento recibe toda la matriz de moldeo y posteriormente se sella, y se hace circular posteriormente aire caliente en el horno, tiene una elevada eficiencia calorífica y es más favorable en la práctica, y además, se puede utilizar un procedimiento en el que se forma una cámara sellada simple, y toda la matriz de moldeo se cubre con materiales de aislamiento, y el aire caliente se suministra a la misma y se distribuye mediante un soplador. En ambos casos, cuando se utiliza aire caliente como medio de calentamiento, la temperatura de la matriz de moldeo se puede controlar fácilmente con un coste bajo en el intervalo de  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  o menos (preferentemente  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  o menos) con respecto a la temperatura  $T_m$  predeterminada que se describe más adelante. Mediante calentamiento con aire caliente, en comparación con el autoclave, se puede conseguir una elevada eficiencia económica. Sin embargo, cuando un autoclave que ya está instalado se puede utilizar tal como está, se puede utilizar el autoclave, que tiene capacidad de control de temperatura uniforme.

#### Etapa de inyección de resina (E)

Cuando la temperatura  $T_m$  de la matriz de moldeo y una temperatura  $T_v$  del material de embolsado son ambas temperatura ambiente o superior, y la diferencia  $\Delta T$  de temperatura entre la  $T_m$  y la  $T_v$  es  $10^{\circ}\text{C}$  o menos (preferentemente  $8^{\circ}\text{C}$  o menos, más preferentemente,  $5^{\circ}\text{C}$  o menos, e incluso más preferentemente,  $3^{\circ}\text{C}$  o menos), por ejemplo, a la vez que continúa la aspiración a presión reducida (vacío), un extremo de un tubo comunicado con el puerto de inyección de la resina se inserta en una resina líquida recibida en un contenedor, resina que se desespuma, preferentemente, con anterioridad, para inyectar de este modo la resina en la parte de moldeo de la matriz de moldeo en la que está dispuesta el material de base de fibras de refuerzo. En algunos casos, se puede aplicar una presión mecánica igual o mayor a una presión atmosférica para realizar la inyección de manera forzada.

Cuando la  $T_m$  y la  $T_v$  están en el intervalo de 50 a  $160^{\circ}\text{C}$ , dado que la resina que se describe a continuación tiene una viscosidad baja, la impregnación de la resina se vuelve, preferentemente, más fácil y además, dado que la gama de selección para la resina en sí misma se vuelve más amplia, se puede seleccionar y utilizar, preferentemente, una resina de rendimiento elevado que tiene, por ejemplo, unas características dinámicas superiores.

La  $\Delta T$  se describirá en detalle con referencia a la figura. La figura 1 es una vista esquemática que muestra la dependencia con la temperatura de la viscosidad de la resina de una resina utilizada en la presente invención como un ejemplo. Cuando la  $\Delta T$  es superior a  $10^{\circ}\text{C}$ , la diferencia en la viscosidad de la resina entre en la superficie del material de embolsado y en la superficie de la matriz de moldeo se hace demasiado grande, se genera una diferencia significativa en el comportamiento de flujo de la resina, el equilibrio de flujo se destruye y, en el peor de los casos, pueden surgir problemas, por ejemplo, pueden quedar en la preforma partes no impregnadas. Como resultado, no se puede obtener un PRF de rendimiento elevado de forma estable con una buena productividad. En particular, cuando un PRF que tiene una estructura de sandwich se forma utilizando un material de núcleo como

medio de distribución de resina, dado que en muchos casos el material de núcleo generalmente tiene un coeficiente de conductividad térmica más bajo que el del material de base de fibras de refuerzo, la conducción térmica entre la matriz de moldeo y el material de embolsado queda interferida, la diferencia de temperatura en el material de base de fibras de refuerzo se incrementa considerablemente y, como resultado, los fenómenos descritos anteriormente se vuelven más graves.

Más en particular, se describirá la generación de  $\Delta T$ . Por ejemplo, cuando el calentamiento se lleva a cabo mediante aire caliente, una parte del material de base de fibras de refuerzo, que está dispuesto en el lado del material de embolsado, se calienta a través del mismo, y parte del material de base de fibras de refuerzo, que está dispuesto en el lado de la matriz de moldeo, se calienta a través del mismo como en el caso descrito anteriormente. Sin embargo, debido a las diferencias considerables en el coeficiente de conductividad térmica y capacidad térmica entre la matriz de moldeo y el material de embolsado, a causa de la diferencia en el grosor y el material entre los mismos, y debido a la trayectoria de circulación del aire caliente descrita anteriormente, cuando el calentamiento se inicia al mismo tiempo, el tiempo requerido para alcanzar una temperatura predeterminada para la matriz de moldeo es inesperadamente diferente que para el material de embolsado. En general, el material de embolsado tiene una capacidad térmica pequeña, la parte del material de base de fibras de refuerzo en el lado del material de embolsado alcanza más rápido la temperatura predeterminada, y como resultado, se genera la  $\Delta T$ . Por supuesto, en función de la trayectoria de la circulación del aire caliente, la temperatura de la parte del material de base de fibras de refuerzo en la matriz de moldeo lateral puede alcanzar más rápidamente la temperatura predeterminada en algunos casos.

Además, dado que la  $\Delta T$  está también fuertemente influenciado por el coeficiente de conductividad térmica de la preforma (material de base de fibras de refuerzo laminado) en sí, en particular, cuando la  $\Delta T$  se encuentra en el intervalo de la presente invención en un período de tiempo corto, la proporción en volumen de fibras de refuerzo  $V_{pf}$  del material de base de fibras de refuerzo en la preforma se ajusta, preferentemente, a un valor elevado (denso). Cuando el  $V_{pf}$  se incrementa en sólo el 20%, dado que la conductividad térmica se puede aumentar fácilmente de  $10 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$  al estado deseado que tiene una conductividad térmica de  $12 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ , el efecto del aumento de  $V_{pf}$  es significativo. Sin embargo, cuando el  $V_{pf}$  es demasiado elevado, se puede interferir en la impregnación de la resina en algunos casos. Para los puntos descritos anteriormente, el  $V_{pf}$  se ajusta, preferentemente, del 45 al 62% y, más preferentemente, se ajusta del 50 al 58%. En esta realización, el  $V_{pf}$  se puede calcular mediante la siguiente ecuación.

$$V_{pf} = (W1 \times P1) / (\rho \times t1 \times 10)$$

$W1$ : peso de fibras de refuerzo por  $1 \text{ m}^2$  de material de refuerzo a base de fibras ( $\text{g/m}^2$ )

$P1$ : número de materiales de base de fibras de refuerzo laminados entre sí en la preforma

$\rho$ : densidad de las fibras de refuerzo ( $\text{g/cm}^3$ )

$t1$ : espesor de la parte en la que los materiales de base de fibras de refuerzo se laminan entre sí en la preforma (mm)

Es decir, se ha descubierto que la temperatura  $T_m$  real de la matriz de moldeo y la temperatura  $T_v$  real del material de embolsado tienen una diferencia de temperatura relativamente grande entre las mismas, debido a la diferencia en la trayectoria de conducción de calor durante el calentamiento y que, debido a esta diferencia, una PRF de elevada calidad no se puede obtener de forma estable con una buena productividad, y en la presente invención, los problemas descritos anteriormente se puede resolver mediante el procedimiento descrito anteriormente.

La medición de la  $T_m$  se puede realizar midiendo de temperatura en la matriz de moldeo utilizando, por ejemplo, un termopar. En particular, cuando la matriz de moldeo es una matriz de PRF o una matriz de madera, que tienen un coeficiente de conductividad térmica pobre, con el fin de reflejar más exactamente la temperatura del material de base de fibras de refuerzo, el punto de medición en la parte de moldeo está, preferentemente, a una distancia de 5 mm o menos de la superficie de la matriz de moldeo y, más preferentemente, la medición se realiza en la superficie de la matriz de moldeo.

Además, la temperatura  $T_v$  del material de embolsado se puede realizar mediante la medición de la temperatura de la superficie del material de embolsado en la parte de moldeo utilizando, por ejemplo, un termopar. Dado que el espesor del material de embolsado es muy delgado en comparación con el de la matriz de moldeo, incluso cuando el coeficiente de conductividad térmica es bajo, la temperatura de la superficie externa del material de embolsado indica una temperatura relativamente precisa del material de base de fibras de refuerzo. Por supuesto, con el fin de detectar con mayor precisión la temperatura del material de base de fibra de refuerzo, la temperatura superficial de la superficie interna del material de embolsado se mide, preferentemente, en la parte de moldeo.

Cuando la medición de la  $T_m$  y la  $T_v$  descritas anteriormente se realiza en la dirección del espesor, el comportamiento del flujo de la resina se puede esperar con mayor precisión. En este caso, cuando la medición se realiza en una pluralidad de posiciones, y la  $\Delta T$  en cada posición se encuentra en el intervalo descrito anteriormente,

este caso es una de las realizaciones más preferentes, dado que el comportamiento del flujo de la resina se puede esperar con mayor precisión.

Además, desde un punto de vista diferente, es preferente que la viscosidad de la resina  $\eta_p$  a la  $T_m$  o la  $T_v$ , la que sea menor, sea de 500 mPa·s o menos, y que la diferencia en viscosidad de la resina  $\Delta\eta$  entre la de la  $T_m$  y la  $T_v$  sea de 200 mPa·s o menos. La viscosidad de la resina  $\eta_p$  es, más preferentemente, 350 mPa·s o menos y, aún más preferentemente, 200 mPa·s o menos, y la diferencia de viscosidad  $\Delta\eta$  es, más preferentemente, 150 mPa·s o menos e, incluso más preferentemente, 100 mPa·s o menos. Las razones por las que los intervalos descritos anteriormente son preferentes son las mismas que las de la diferencia de temperatura  $\Delta T$  descrita anteriormente. La viscosidad de la resina es una viscosidad medida a una velocidad de cizallamiento constante utilizando un viscosímetro de tipo E (TVE30H, fabricado por TOKIMEC).

En particular, se utiliza el medio de distribución de resina. La razón de esto es que, a la vez que la resina inyectada en la cavidad fluye y se difunde en los canales formados en el material del núcleo, en el caso de una estructura de tipo sándwich, o fluye y se difunde en el medio de distribución de resina a lo largo de la superficie del mismo, en el caso de una estructura de tipo piel, la resina penetra en el medio de distribución de resina en la dirección del espesor del mismo y posteriormente se impregna el material de base de fibras de refuerzo y, por lo tanto, la impregnación de la resina se puede realizar de manera eficiente y rápida. Después de que se completa la impregnación en el material de base de fibras de refuerzo, la resina fluye a continuación a los puertos de aspiración de vacío.

Dado que se puede realizar esta impregnación eficaz y rápida de la resina, el procedimiento de fabricación de la presente invención se utiliza adecuadamente para la fabricación de un PRF grande que tiene un tamaño de 3 m o más. Para un PRF que tiene un tamaño de 5 m o más a 10 m o más, el mérito puede obtenerse adicionalmente. Cuando se forma el PRF grande descrito anteriormente, la velocidad de inyección de la resina se reduce a un nivel inferior a un nivel predeterminado; y con el fin de evitar que la resina gelifique antes de que se complete la impregnación de la totalidad de la resina, en muchos casos se proporciona una pluralidad de líneas de inyección de resina. Además, como en el caso descrito anteriormente, se puede proporcionar en algunos casos una pluralidad de líneas de aspiración de vacío. En el caso descrito anteriormente, la sincronización de la inyección de la resina en las líneas de inyección de resina individuales puede no estar siempre predeterminada o ser simultánea, y la sincronización se determina, preferentemente, mediante la observación o la monitorización del flujo de la resina a fin de no generar partes no impregnadas. Cuando el material de embolsado es transparente o translúcido, el flujo de la resina se puede observar, e incluso en el caso en el que la observación no se pueda realizar visualmente, mediante el sensor de detección de resina que se describe más adelante, que utiliza la luz o una constante dieléctrica, se puede entender el flujo de la resina.

Con el fin de suprimir la formación de defectos, tales como partes o huecos no impregnados, tanto como sea posible, la aspiración a presión reducida (vacío) se continúa, preferentemente, hasta que la resina inyectada gelifica.

Como resina utilizada en la presente invención, se selecciona, preferentemente, una resina termoendurecible que tiene una resistencia al calor superior y, en particular, se selecciona, preferentemente, una resina que, después de calentarse, tiene una temperatura de transición vítrea  $T_g$  de 100°C o más, preferentemente, 120°C o más y, más preferentemente, 150°C o más. Más en particular, se selecciona, preferentemente, una resina que es líquida cuando se inyecta en la etapa de inyección de resina (E) y que tiene una  $T_g$  de 100°C o más después de calentarse y curarse en la etapa de curado (F). En consideración de las propiedades de resistencia al impacto y la fatiga, la proporción de elongación de la resina es, preferentemente, del 3% o más a temperatura ambiente y, más preferentemente, del 4,5% o más. Tal como la resina descrita anteriormente se puede utilizar, por ejemplo, epoxis, fenólicas (tipo resol), polibencimidazoles, benzoxazinas, ésteres de cianato, poliésteres insaturados, ésteres de vinilo, urea-melaminas, bismaleimididas, poliimididas, imidas de poliamida, copolímeros y resinas modificadas de las mismas, resinas formadas por mezcla de, como mínimo, dos tipos de resinas mencionados anteriormente y resinas que contienen un componente de elastómero o de caucho, un agente de curado, un promotor de curado, un catalizador, o similares. Algunas de las resinas termoestables mencionadas anteriormente se pueden separar en una resina de base y un agente de curado y, en este caso, los mencionados anteriormente se mezclan, preferentemente, entre sí, se agitan, y se elimina la espuma por evacuación justo antes de que se realice la inyección. Cuando se elimina la espuma, puede realizarse calentamiento en algunos casos para facilitar la eliminación de espuma.

<Procedimiento de moldeo mediante sensor de detección de resina>

A continuación, en referencia a las figuras, se describirá en detalle un procedimiento de moldeo mediante la utilización de un sensor de detección de resina junto con una realización preferente. La figura 2 es una vista que muestra un procedimiento de fabricación de un elemento de PRF grande de una realización según la presente invención. Esta es una vista en planta cuando la matriz de moldeo se observa desde arriba. Sobre una superficie de moldeo de una matriz de moldeo -1-, se dispone un material de base de fibras de refuerzo -2-, y una pluralidad de líneas de inyección de resina se disponen a intervalos regulares. En un extremo del material de base opuesto a aquel en el que se proporciona una primera línea de inyección de resina -A1-, se dispone una línea de aspiración de vacío -B-, y todo el material de base -2- que incluye las líneas de inyección de resina y la línea de aspiración de

vacío se recubre con el material de embolsado -3-. Se disponen sensores de detección de resina -C- que detectan el flujo de la resina en la superficie superior del material de base en los extremos delanteros de las líneas de inyección de resina, a excepción de la primera línea de inyección de resina -A1-.

5 Con el fin de aumentar la fluidez de la resina, se proporciona un medio de distribución de resina que tiene una resistencia al flujo de resina de una décima parte o menos de la del material de base de fibras de refuerzo junto con los sensores de detección -C- de la resina sobre el material de base con una tela tejida de liberación proporcionada entre los mismos (el medio de distribución de resina y la tela tejida de liberación no se muestran). Posteriormente, se proporciona el material de embolsado -3- sobre los mismos para embolsar la totalidad. El sellado entre el material de embolsado -3- y la matriz de moldeo -1- se realiza mediante una cinta adhesiva de sellado de doble cara (no se muestra). Esta cinta de sellado de doble cara también se utiliza para el sellado entre la matriz de moldeo -1- y los tubos y similares, que comunican la línea de inyección de resina -A1- y la línea de aspiración de vacío -B- y que se extiende fuera del material de embolsado -3-, y los cables eléctricos y similares de los sensores de detección -C- de resina.

15 Después de que los diversos materiales se disponen en la matriz de moldeo tal como se ha descrito anteriormente, y la totalidad se embolsa con el material de embolsado -3-, la totalidad dentro de la bolsa se evacúa mediante una bomba de vacío -5- a través de un purgador de vacío -4- que se comunica con la línea de vacío -B-. En esta etapa, por supuesto, todas las válvulas (D1 a D4) proporcionadas para los tubos comunicados con las líneas de inyección de resina están cerradas.

25 Posteriormente, se genera el aire caliente para el calentamiento por un horno (no mostrado), y toda la matriz de moldeo se calienta a una temperatura predeterminada. Las temperaturas de superficie individuales están claramente detectadas por los termómetros (no mostrados) dispuestos en la superficie de la matriz y la superficie del material de base. Cuando las temperaturas alcanzan temperaturas predeterminadas, se abre una primera válvula -D1- por primera vez, para inyectar de este modo una resina predeterminada en la primera línea de inyección de resina -A1- desde un recipiente de resina -E1-. La resina que fluye hacia fuera desde la primera línea de inyección de resina -A1- fluye a continuación en el medio de distribución de resina hacia la línea de aspiración de vacío -B- dispuesta en la posición opuesta a la primera línea de inyección de resina -A1-. La resina que fluye en el medio de distribución de resina en la superficie del material de base, fluirá en el mismo para la impregnación. Sin embargo, a pesar de que fluye hacia una segunda línea de inyección de resina -A2-, dado que la resina fluye en el medio de distribución de resina y el material de base que ya se han impregnado, la resistencia al flujo de resina aumenta gradualmente y, como resultado, la velocidad de flujo se reduce de forma no lineal.

35 Antes de que pase toda la vida útil de la resina, en esta realización, debe iniciarse la nueva inyección de resina desde la segunda línea de inyección de resina -A2- de modo que la resina fluya a través de partes en las que no se incrementa aún la resistencia al flujo de resina y no fluya a través de las partes que ya están impregnadas con la resina. Con el fin de controlar con precisión la sincronización de la apertura de una válvula -D2- para la inyección de la resina en la segunda línea de inyección de resina -A2-, el momento en que la resina fluye a través de una posición predeterminada se detecta con precisión por un sensor de detección -C2- de resina. Mediante este sensor -C2-, cuando se detecta el momento de la inyección de la resina en la segunda línea de inyección de resina -A2-, la segunda válvula de -D2- se abre, inyectando de este modo una resina nueva desde la posición de la misma. La inyección de la resina desde la primera línea de inyección de resina -A1- se detiene cerrando la válvula -A1-. La resina inyectada desde la segunda línea de inyección de resina -A2- fluye hacia una tercera línea de inyección de resina -A3-. A continuación, se repiten las etapas descritas anteriormente. Cuando la resina llega finalmente a la línea de aspiración de vacío -B-, la resina que fluye en la línea final de inyección de resina se detiene mediante el cierre de una válvula de la misma.

50 Etapa de curado (F)

Después de que se ha completado la impregnación, es preferente que la inyección de la resina se detenga y que los puertos de inyección de resina estén completamente cerrados para impedir que el aire fluya en los puertos de inyección de resina. En el estado descrito anteriormente, la parte de moldeo, incluyendo la matriz de moldeo se mantiene a una temperatura predeterminada Tpc igual o superior a la temperatura ambiente durante un tiempo predeterminado, para de esta manera curar (endurecer o polimerizar) la resina impregnada de este modo. Cuando la Tpc mencionada anteriormente está en el intervalo de 80 a 180°C, el curado de la resina se puede promover de manera eficiente, y es preferente, dado que se puede acortar el ciclo de moldeo.

60 Como medio de calentamiento, se utiliza, preferentemente, aire caliente para calentar toda la matriz de moldeo. Las razones por las que el aire caliente es preferente son las mismas que las descritas en la etapa de calentamiento (D).

65 En el PRF obtenido en esta etapa, se ajusta, preferentemente, una proporción en volumen de las fibras de refuerzo Vf del material de base de fibras de refuerzo en el PRF del 45 al 65%, más preferentemente, del 50 al 62%, y aún más preferentemente, del 53 al 60%. Cuando el Vf es menor que el 45%, el efecto de ahorro de peso se vuelve insatisfactorio y, además, las características dinámicas tienden en el conjunto a ser inferiores. Esto significa que se hace difícil que el PRF que se ha mencionado anteriormente se aplique, en particular, en los elementos de

aeronaves. Además, cuando el Vf es más del 65%, las características dinámicas (en particular, resistencia a la compresión) se vuelven inferiores y, además, se pueden formar en algunos casos partes no impregnadas. El Vf se puede establecer en el intervalo descrito anteriormente. El Vf se puede obtener mediante la siguiente ecuación.

$$V_f = (W_2 \times P_2) / (\rho \times t_2 \times 10)$$

W2: peso de fibras de refuerzo por 1 m<sup>2</sup> de material de base de fibras de refuerzo (g/m<sup>2</sup>)

P2: número de materiales de base de fibras de refuerzo laminados entre sí en PRF

ρ: densidad de las fibras de refuerzo (g/cm<sup>3</sup>)

t2: espesor de la parte a la que los materiales de base de fibras de refuerzo se laminan entre sí en PRF (mm)

Además, el procedimiento de fabricación de un elemento de PRF grande de la presente invención puede comprender, además, las siguientes etapas después de la etapa de curado (F), siempre que sea necesario.

Etapas de recuperación (G)

Después de que se cura la resina, se confirma que la resina tiene rigidez, de manera que no se deforme cuando se libere del molde, se eliminan la película de embolsado y lámina de caucho, y un cuerpo moldeado del PRF se desmoldea y se recupera de la matriz de moldeo. El medio de distribución de resina, en particular en el caso del material de núcleo, se puede permitir que permanezca en el cuerpo moldeado tal como está, y el medio de distribución de resina, en particular en el caso de la lámina en forma de red, se elimina del cuerpo moldeado del PRF. En este último caso, cuando se proporciona una cubierta provisional "peel ply" (que tiene pobre compatibilidad con una resina que se utiliza, por ejemplo, una tela tejida producida de poliéster, cuando se utiliza como resina una resina epoxi) entre el material de base de fibras de refuerzo y el medio de distribución de resina, se puede realizar fácilmente el pelado y la eliminación.

Etapas de curado completo (H)

El cuerpo moldeado del PRF recuperado de este modo se mantiene adicionalmente a una temperatura Tac, que es mayor que la temperatura Tpc y es 100°C o más, para que se cure completamente (por endurecimiento o polimerización). Mediante la etapa descrita anteriormente, la temperatura de transición vítrea Tg se puede aumentar más mediante el curado completo de la resina, y es preferente dado que el PRF se puede aplicar, por ejemplo, a elementos de aviones que requieren una elevada resistencia térmica.

Dado que el PRF obtenido mediante el procedimiento de fabricación de un elemento de PRF grande de la presente invención tiene características dinámicas superiores y es ligero de peso, además de tener una calidad superior, tal como aplicaciones preferentes del mismo se pueden citar, por ejemplo, elementos estructurales, elementos externos, elementos internos de medios de transporte tales como aviones, automóviles y barcos y buques, o componentes de los elementos mencionados anteriormente. En particular, el cuerpo moldeado del PRF se utiliza, preferentemente, para la fabricación de elementos estructurales de aeronaves, por ejemplo, además de materiales estructurales secundarios tales como diversos carenados, puertas principales del tren de aterrizaje, piezas de conos de cola, góndolas de motor y superficies de control, materiales estructurales primarios tales como alas principales, vigas de soporte del suelo, fuselajes, colas verticales, colas horizontales, cajas de ala y quillas.

<Procedimiento de fabricación de la estructura tipo piel-largueros >

La "estructura tipo piel-largueros", en la presente invención, es la estructura en la que una piel (placa) -51- y un larguero -52-, que es un material de refuerzo utilizado como viga o marco, se proporcionan integralmente en, como mínimo, un lado de la piel -51-, tal como se muestra en la figura 7. En este caso, el larguero -52- puede ser un elemento -52A- relativamente grande que tiene una forma de I que se muestra en la figura o puede ser un elemento de costilla -52B- pequeño. Cuando esos elementos -51- y -52- están integrados entre sí, el peso de una parte de unión se puede reducir, y como resultado, se puede lograr la reducción de peso considerable, en comparación con el peso del metal. Además de esto, dado que no se requieren dispositivos y trabajos de montaje para formar las partes de unión, es significativamente, preferentemente, desde el punto de vista económico. Además, dado que no están presentes en esta estructura partes de unión, puede esperarse además el efecto de reducción de la resistencia aerodinámica y el efecto de supresión de la degradación causada por la intrusión de la humedad en las partes de unión. El tamaño del elemento estructural obtenido por el procedimiento de fabricación de la presente invención es de 3 m<sup>2</sup> o más en vista en planta, y las principales aplicaciones del mismo no se limitan específicamente; sin embargo, por ejemplo, una parte o la totalidad de un fuselaje, el ala principal, la unidad de cola, el dique de contención, el suelo y el estabilizador "canard" de una aeronave pueden estar formados por el elemento estructural que se ha descrito anteriormente.

La piel -51- puede tener una superficie plana o una superficie irregular; Sin embargo, dado que la rigidez de la superficie es esencial, la piel tiene, preferentemente, propiedades isotrópicas en el plano, y es preferente que las direcciones de orientación de las fibras que se describen a continuación se crucen entre sí ortogonalmente (a continuación estructura ortogonal o estructura 0/90), se crucen entre sí en las direcciones que forman un ángulo de 45° (a continuación estructura cuasisotrópica), o se crucen entre sí en las direcciones que forman un ángulo de 60° (a continuación estructura triaxial o estructura cuasisotrópica). Cuando una parte del fuselaje se corresponde con la piel, dado que el esfuerzo de tracción se genera en la dirección circunferencial del fuselaje por una presión interna, se orientan, preferentemente, una mayor cantidad de fibras de refuerzo en la dirección circunferencial dentro de un intervalo que no se desvíe considerablemente de la estructura cuasisotrópica descrita anteriormente, y como intervalo particular, una relación en el intervalo del 25% al 35% de las fibras de refuerzo es preferente. En el caso descrito anteriormente, cuando la relación es menor del 25%, la resistencia en la dirección circunferencial se vuelve insuficiente, y cuando la relación excede el 35%, la resistencia diferente a la de la dirección circunferencial tiende a disminuir. Además, en el caso de una parte de la piel del fuselaje, que se encuentra en la parte superior (a continuación, "posición de corona"), con el fin de mejorar la rigidez a la flexión y la resistencia en la dirección entre el frente y la parte posterior de la aeronave, una mayor cantidad de fibras continuas está alineada, preferentemente, en la dirección longitudinal, y en más detalle, preferentemente, en una proporción en el intervalo del 25% al 40% de las fibras de refuerzo.

En la superficie superior de las pieles del ala y el "canard", dado que una tensión de compresión causada por una potencia de elevación se aplica a la dirección longitudinal del ala, las fibras continuas están alineadas, preferentemente, en la dirección longitudinal del ala. En este caso, cuando las fibras alineadas en la dirección longitudinal están dispuestas más cerca de la superficie superior más externa de la piel, es preferente dado que se aumenta la rigidez a la flexión; sin embargo, dado que se aumenta también la probabilidad de recibir un impacto tal como la caída de una herramienta, las fibras están, preferentemente, dispuestas ligeramente dentro (lado interior de la superficie superior en la que se alinean las fibras a fin de formar 45° con la dirección longitudinal del ala principal) de la superficie superior.

Pieles para el suelo o el dique de contención están soportadas en muchos casos por largueros desde los dos lados, y con el fin de reducir la deformación de la piel, las fibras continuas se alinean, preferentemente, a cada 45° o a cada 60° para formar la estructura cuasisotrópica.

La parte de larguero se forma a fin de mejorar la rigidez de la piel en las direcciones deseadas. Es decir, en el caso del fuselaje, los largueros están formados integralmente con la piel en la dirección circunferencial y la dirección longitudinal. En el caso del ala, los largueros se proporcionan en la dirección longitudinal, y las costillas se proporcionan en la dirección ortogonal a la misma. Tal como se muestra en las figuras 8 y 9, hay varias secciones transversales de los largueros -52-, por ejemplo, un tipo I, tipo Z, tipo L, tipo T, tipo J, tipo Y, tipo sombrero, o un larguero en forma de caja -52C- a -52J-. Además, tal como se muestra en la figura 7, una parte de brida -53- puede tener una curvatura a lo largo de la superficie curvada de la piel, o el área de la sección transversal de la misma puede variar también. Dado que la rigidez y la resistencia a la torsión en la dirección longitudinal son importantes para el larguero, una mayor cantidad de fibras continuas están alineadas en la dirección longitudinal. Como intervalo preferente de las fibras continuas que están alineadas, la proporción está en el intervalo del 25% al 60% de las fibras de refuerzo. Además, una mayor cantidad de las fibras continuas se alinea, preferentemente, en la dirección que forma un ángulo de 40 a 50° con la dirección longitudinal, y como intervalo preferente de las fibras que están alineadas, la relación está, preferentemente, en el intervalo del 25% al 50% de las fibras de refuerzo. Además, tal como se muestra en la figura 8, por ejemplo, en la parte de esquina -54- del larguero -52C- de sección transversal en Z, dado que puede producirse el pelado en la parte curvada del larguero debido a la generación de una fuerza hacia fuera del plano, el refuerzo se realiza, preferentemente, en la parte curvada mediante puntos utilizando fibras o pasadores de refuerzo en la dirección del espesor. En particular, cuando el espesor del larguero es superior a 3 mm, es eficaz el refuerzo en la dirección del espesor. Por supuesto, se puede realizar también el refuerzo de la parte de brida mediante puntos o similares, tal como se ha descrito anteriormente.

Estos elementos estructurales primarios grandes están obligados a tener una fiabilidad significativamente superior, se requiere que tengan las resistencias a los daños que se han descrito anteriormente (aunque reciban un cierto daño interno grande, el elemento estructural tiene una resistencia a la compresión remanente que es suficiente para continuar el vuelo), y además, están obligados a tener una resistencia al calor. Entre los descritos anteriormente, dado que una parte del fuselaje de la quilla (la parte inferior del fuselaje) está sujeta a la colisión con piedras, y las superficies superior e inferior del ala principal están sujetas a impactos de herramientas o similares, la presente invención se aplica, preferentemente, a las mismas. Cuando se aumenta el tamaño del elemento, por ejemplo, mediante la integración de los componentes, es preferente en el punto de vista económico dado que se puede disminuir el número de componentes y el número de etapas de montaje; sin embargo, cuando el tamaño es demasiado grande, pueden surgir problemas en los que se hace difícil asegurar puertos de acceso, la inspección no destructiva no se puede realizar fácilmente, y similares. En consecuencia, el límite superior adecuado puede ser de aproximadamente 100 m<sup>2</sup>.

Con el fin de obtener de manera eficiente diversos componentes deseados y similares a partir del elemento, preferentemente, la dimensión máxima longitudinal del elemento es de 30 m o menos. La dimensión longitudinal

máxima es la longitud máxima entre las longitudes entre dos puntos, que se seleccionan opcionalmente, en el elemento.

En el procedimiento de fabricación de un elemento estructural de piel-largueros realizado de PRFC, según la presente invención, en comparación con el moldeo por un procedimiento de preimpregnado/autoclave tradicional, se puede utilizar un molde de una sola cara, y siempre que resista una presión de vacío, el molde puede ser un molde de bajo coste realizado de un material no metálico o similares que tiene una resistencia débil. Además, no son necesarias instalaciones costosas, tales como equipos de autoclave y un congelador para almacenar productos preimpregnados en un estado de aislamiento en frío, y se puede utilizar aire caliente producido a un coste asequible como fuente de calor. Además, en comparación con productos preimpregnados, se puede utilizar una tela de fibras de refuerzo de bajo coste, y se puede disminuir el número de etapas de moldeo. Además, dado que el equipo autoclave, el congelador para almacenar productos preimpregnados, y similares no son necesarios, el espacio utilizado para el moldeo puede ser pequeño, y las etapas desde la deposición de la tela de fibras de refuerzo, de inyección de resina, curado, hasta la liberación de molde se puede llevar a cabo en el mismo lugar. En consecuencia, pueden reducirse de manera significativa el coste de instalación de la producción y el coste de producción y, además, se pueden fabricar fácilmente a un coste asequible elementos estructurales primarios de aviones que tienen una estructura tipo piel-largueros.

### Ejemplos

A continuación, se describen ejemplos más particulares. En cuanto a las condiciones de moldeo y la especificación estructural del dispositivo de moldeo, se llevaron a cabo los siguientes ejemplos y el ejemplo comparativo.

#### Ejemplo 1

(1) Estructura: la totalidad tiene sustancialmente una estructura de tipo sándwich, una placa plana que tiene una longitud de aproximadamente 5 m y una anchura de aproximadamente 3 m, la parte de extremo tiene 100 mm de ancho a lo largo de toda la periferia de la placa que tiene una estructura de piel (suponiendo un elemento estructural secundario de aeronaves, tal como un carenado)

(2) Estructura de un material de base de fibras de refuerzo:

(2-1) Partes de superficie plana de la estructura de tipo sándwich (ambas superficies superior e inferior);

Tela tejida "Torayca" bidireccional (200 g/m<sup>2</sup> x 6 capas), fabricada por Toray Industries, Inc.

(2-2) Parte de red de la estructura de sándwich;

Tela tejida "Torayca" bidireccional (200 g/m<sup>2</sup> x 8 capas), fabricada por Toray Industries, Inc.

(2-3) Parte de estructura de piel de la parte de extremo de la periferia;

Tela tejida "Torayca" bidireccional (300 g/m<sup>2</sup> x 10 capas), fabricada por Toray Industries, Inc.

(3) Material de núcleo: un núcleo de espuma producido de polimetacrilimida (Rohacell); una relación de expansión de 15 veces x 25 mm de espesor, ranuras rectangulares (3 mm x 3 mm, 25 mm de hueco) en la dirección transversal para el flujo de resina proporcionadas en las superficies superior e inferior del núcleo de una manera escalonada.

(4) Matriz de moldeo: se utilizó un molde de 10 mm de espesor producido de PRFC compuesto de fibras de carbono y una resina epoxi, y la base del molde era una estructura de marco realizada de barras de ángulo.

La placa plana se formó mediante el procedimiento siguiente, la placa plana que tiene una estructura de PRFC de tipo sándwich de 5 m o más de longitud y 3 m de ancho o más, formándose en la parte de extremo de la placa plana una cubierta provisional "peel ply" de PRFC de 100 mm de ancho a lo largo del periferia de la misma.

(a) Después de que los materiales de base de fibras de refuerzo se cortaron para tener un tamaño y forma predeterminados y posteriormente se laminaron entre sí a fin de formar la estructura descrita anteriormente, se calentaron y se fundieron partículas de adhesivo (una resina termoendurecible y un agente de curado se mezclaron juntos y posteriormente se conformaron en un polvo) que se habían aplicado con anterioridad a los materiales de base de fibra de refuerzo en posiciones en las que la estabilidad de forma es especialmente importante, para unir fuertemente los materiales de base de fibras de refuerzo laminados entre sí. Dos laminados de los materiales de base de fibras de refuerzo unidos se prepararon de este modo. Sobre la superficie de la matriz de moldeo descrita anteriormente, se dispusieron los laminados de los materiales de base de fibras de refuerzo tal como se muestra en la figura 3, que es una vista en sección transversal vertical, perpendicular a la dirección longitudinal, es decir, se dispusieron un material de base de fibras de refuerzo -11-, un material de núcleo -12- y el material de base -11- descritos anteriormente en este orden. A continuación, se dispuso una placa de compresión -21- (1,5 mm de

espesor) de material plástico reforzado con fibra de vidrio sobre la base superior del material -11-, y se formaron a continuación los puertos de inyección de resina -16a- y -16b-, y el puerto de aspiración -17-.

5 (b) Posteriormente, toda la parte de moldeo de una matriz de moldeo -20- se cubrió con un material de embolsado -23-, y la periferia se selló utilizando cintas adhesivas de sellado -22a- y -22b-. En esta etapa, la proporción en volumen de fibras de refuerzo V<sub>pf</sub> de la parte de material de base de fibras de refuerzo de la parte de estructura de piel en la preforma fue del 48%.

10 (c) A continuación, la parte de moldeo se evacuó mediante una bomba de vacío -29- a través de un tubo de aspiración de presión reducida -27- y un purgador de vacío -28- comunicada con el puerto de aspiración -17-. El grado de vacío del interior alcanzó aproximadamente 0,8 kPa.

15 (d) A continuación, toda la matriz de moldeo -20- que incluye una base del molde -31- se calentó con aire caliente suministrado por un generador de aire caliente -33- (a fin de aumentar rápidamente la temperatura, la temperatura del aire caliente se estableció inicialmente a 150°C y se cambió a continuación a 80°C). La periferia de la matriz de moldeo -20- se cubrió con una placa de aislamiento térmico que tiene un elevado efecto aislante térmico y se formó una caja de aislamiento térmico -32- que soporta la placa que se ha mencionado anteriormente y se realizó con un cuerpo de soporte de tubos de acero pequeños. Con el fin de utilizar con eficacia la cantidad de calor del aire caliente generado por el generador de aire caliente -33- y suministrado a la caja de aislamiento térmico -32-, la estructura se realizó de manera que el aire caliente descargado desde un tubo de escape -34- de la caja de aislamiento térmico -32- regresó al generador de aire caliente -33- (circulación de aire caliente) a través de un conducto de escape con aislamiento térmico (no mostrado).

25 (e) A continuación, cuando la temperatura T<sub>v</sub> del material de embolsado controlada por un termopar -14a- y un termómetro -15a- alcanzó 80°C, y la temperatura T<sub>m</sub> de la matriz de moldeo controlada por un termopar -14b- y un termómetro -15b- alcanzó 75°C (es decir, la ΔT fue de 5°C), se abrió una válvula -26a-, para iniciar de este modo la inyección de una resina epoxi -24a- almacenada en un baño de resina a presión atmosférica, resina que ya se había desespumado después de que una resina de base y un agente de curado se mezclaran entre sí y que estaba lista para ser inyectada. Sin embargo, dado que la resina -24a- está dispuesta en una posición más elevada que la de la matriz de moldeo -20-, para ser exactos, la inyección se realizó a una presión mayor que la presión atmosférica. El termopar -14b- estaba dispuesto dentro de la parte de moldeo a una distancia de 3 mm desde la superficie de la matriz de moldeo. La viscosidad inicial de esta resina a 80°C fue de 70 mPa·s, la viscosidad inicial a 75°C fue de 100 mPa·s, y la diferencia fue de 30 mPa·s.

35 La resina -24a- impregnó gradualmente los materiales de base de fibras de refuerzo, a la vez que fluyó desde el puerto de inyección de resina -16a- hacia el puerto de aspiración -17- a través de las ranuras -13- formadas en el material del núcleo, y la velocidad de flujo de la resina -24- se redujo significativamente cuando se alcanzó otro puerto de inyección resina -16b-. En consecuencia, casi al mismo tiempo en que la válvula -26a- en el lado del puerto de inyección de resina -16a- se cerró, se abrió una válvula -26b-, comenzando de este modo la inyección de una resina -24b- desde el puerto de inyección de resina -16b-. La resina -24b- que fluía desde el puerto de inyección de resina -16b- llegó finalmente a un tubo de aspiración de vacío -28- a través de un puerto de aspiración -17-. Después de que se confirmó el flujo de la resina, la válvula -26b- en el lado del puerto de inyección de resina -16b- también se cerró, parando de ese modo la inyección de la resina. En la etapa descrita anteriormente, un sensor de detección de resina dispuesto en el lado del puerto de inyección de resina -16a- a una distancia de 50 mm desde el puerto de inyección de resina -16b- detectó que la resina alcanzó el puerto de inyección de resina -16b-.

50 (f) Posteriormente, mientras continuó la evacuación por la bomba de vacío -29- a través del puerto de aspiración -17-, la resina impregnada en los materiales de base de fibra de refuerzo se curó mediante el ajuste de la temperatura del aire caliente de manera que la temperatura T<sub>pc</sub> de la matriz de moldeo se mantuvo a aproximadamente 130°C durante aproximadamente 3 horas.

55 (g) Después de que se confirmó que la resina se había curado lo suficiente para retirarse del molde, se eliminaron los materiales auxiliares, tales como los diversos tubos, material de embolsado y similares, y posteriormente el cuerpo del PRF moldeado se recuperó de la matriz de moldeo.

60 Cuando se inspeccionó el cuerpo moldeado del PRF, no se pudieron detectar agujeros ni huecos y por lo tanto se confirmó que se llevó a cabo un moldeo significativamente superior. La proporción en volumen de fibras de refuerzo V<sub>f</sub> del elemento de fibras de refuerzo de la estructura tipo piel en el cuerpo PRF moldeado fue del 48%.

<Ejemplo comparativo 1>

65 Se realizó el moldeo de la misma manera que en el ejemplo, excepto en que en la etapa (e) descrita anteriormente, cuando la temperatura T<sub>v</sub> del material de embolsado alcanzó 80°C, y la temperatura T<sub>m</sub> de la matriz de moldeo fue de 60°C (que es decir, la ΔT era de 20°C), se inició la inyección de resina.



Cuando se inspeccionó el cuerpo moldeado del PRF, se generaron varias partes no impregnadas y vacíos, la calidad era insatisfactoria y, como resultado, se confirmó que el moldeo no se realizó bien.

Ejemplo 2

5 La matriz de moldeo -1- que se muestra en la figura 2 fue una matriz producida de PRF de 21 m de largo por 2,5 m de ancho. Aunque no se muestra en esta figura, toda la matriz se colocó en una cámara de moldeo sencilla (una longitud de 25 m, una anchura de 3,5 m, y una altura de 2 m), y se formó toda la periferia de la misma de un material aislante térmico y estaba lista para calentarse mediante aire caliente generado por un generador de aire caliente proporcionado fuera de la cámara de moldeo. Se hizo circular el aire caliente a través de un recorrido predeterminado. El material de base de fibras de refuerzo utilizado en este ejemplo fue una tela tejida lisa de fibra de carbono "Torayca" T700 (200 g/m<sup>2</sup> en peso superficial en fibra), fabricado por Toray Industries, Inc., y se dispusieron totalmente 16 capas de la misma. Además, la resina era una resina epoxi curable mediante poliamina: TR-C32, fabricada por Toray Industries, Inc., y la figura 4 es un gráfico que muestra el cambio en la viscosidad a 70 y 80°C medido mediante un viscosímetro de tipo E: modelo TVE-30, fabricado por Toki Sangyo Co., LTD.

En el material de base de fibras de refuerzo -2-, una tela tejida de malla de polietileno (# 200 mesh), siendo la resistencia al flujo de la resina de la misma una décima parte o menos de la del material de base de fibras de refuerzo, se dispuso como medio de distribución de resina con una tela tejida de liberación realizada de nylon proporcionada entre los mismos. En posiciones predeterminadas sobre la tela tejida de malla, se fijaron los sensores de detección de resina. Además, la totalidad del material de base y los materiales auxiliares estaban cubiertos con la película de embolsado. El sellado entre esta película de embolsado y la superficie de la matriz de moldeo se llevó a cabo mediante la utilización de una cinta de sellado hecha de un caucho sintético y que tiene propiedades adhesivas elevadas.

25 Tal como se muestra en la figura 2, se proporcionaron las líneas de inyección de resina en cuatro lugares a intervalos regulares de 5 m. Los sensores de detección de resina que detectan el flujo de la resina se dispusieron, cada uno, en una posición a una distancia de aproximadamente 100 mm de cada una de las líneas de inyección de resina. Con el fin de reducir el error de la detección del flujo de resina en la dirección de la anchura, se proporcionaron dos sensores en la dirección transversal en la ubicación de la correspondiente línea de inyección de resina.

El sensor de detección de resina utilizado en este ejemplo fue un sensor de fibra óptica de plástico que se da a conocer en la publicación de solicitud de patente japonesa no examinada No. 2001-27.678. En el sensor, se disponen una primera fibra óptica y una segunda fibra óptica adyacentes entre sí, una superficie de emisión de la primera fibra óptica y una superficie incidente de la segunda fibra óptica están inclinadas cada una, y las superficies inclinadas se oponen entre sí, con lo cual el sensor puede determinar si el líquido está presente o no.

Estas fibras ópticas están unidas entre sí por fusión del revestimiento de las mismas para formar una forma de capullo que tiene una estructura de doble núcleo. Como alternativa, dos fibras ópticas de núcleo único pueden estar dispuestas lado a lado mediante la adhesión de las fibras entre sí con un adhesivo. Además, dos fibras ópticas de núcleo único pueden estar dispuestas en paralelo sin adherirse entre sí; sin embargo, en este caso, las fibras deben estar conformadas de manera que los bordes frontales de las mismas no roten.

45 Mediante la detección de la presencia de una sustancia líquida a partir del cambio en la luz emitida o en la luz dispersada en los bordes delanteros de las dos fibras ópticas adyacentes, las herramientas de fijación para las fibras ópticas y el agente de hinchamiento no son necesarias y, por lo tanto, las herramientas no interferirán en el flujo de la sustancia líquida.

50 Como sensor de detección de resina, además de la fibra óptica, se pueden utilizar varios sensores, y como uno de los diversos sensores, también se pueden utilizar un sensor dieléctrico -30- muestran en la figura 5. Este sensor se compone de un sustrato de base flexible -7- (por ejemplo, una película delgada de poliimida que tiene un espesor de 0,2 a 0,4 mm) y dos circuitos de peine -8- opuestos entre sí dispuestos sobre el sustrato, y los circuitos de peine están formados de una pasta de plata conductora (DOTITE). Cuando una resina fluye en el circuito y la impregna, cambia el coeficiente electrostático (capacidad electrostática) según la zona impregnada y, por lo tanto, se puede detectar la posición en la que la resina se impregna.

Después de que se completó el embolsado, la totalidad de la matriz de moldeo se cubrió con una caja de aislamiento térmico (no mostrada en la figura) formada de paneles aislantes térmicos, y posteriormente se realizó circulación de aire caliente en la que el aire caliente a una temperatura de 80° C se suministró mediante el generador de aire caliente en la caja aislante térmica desde un lado de la misma en la dirección longitudinal y posteriormente se devolvió al generador de aire caliente después de haber sido expelido en el otro lado. Al mismo tiempo, se inició la evacuación del interior de la cavidad, que estaba embolsada, a partir de la línea de aspiración de vacío -B- y antes de que la temperatura de moldeo alcanzara 80°C, la presión se redujo a 1,3 kPa (10 Torr) o menos.

65

A continuación, se inició la inyección de resina cuando la temperatura de moldeo de matriz  $T_m$  alcanzó aproximadamente  $80^{\circ}\text{C}$ . La temperatura  $T_v$  del material de embolsado en este momento fue también de  $80^{\circ}\text{C}$  aproximadamente. Es decir, la  $\Delta T$  fue sustancialmente  $0^{\circ}\text{C}$ . En primer lugar, se abrió la válvula -D1- proporcionada para el tubo que comunica la primera línea de inyección de resina -A1-, de modo que la resina se inyectó a la primera línea de inyección de resina -A1- desde el recipiente de resina -E1- mediante una presión de vacío. Mientras fluía en el medio de distribución de resina que tiene una baja resistencia al flujo, la resina inyectada impregnó el material de base. Sin embargo, cuando el flujo de la resina se acercó a la segunda línea de inyección de resina, la velocidad de flujo disminuyó de forma no lineal. La razón de esto es que la resistencia al flujo se incrementó gradualmente, dado que la resina fluía a fin de empujar o pasar la resina ya impregnada en el medio de distribución de resina.

Cuando el tiempo de gelificación de la resina se toma en consideración, el tiempo para que la resina fluya a temperatura elevada es limitado. En consecuencia, es necesario que se detenga la inyección de la resina cuya velocidad se reduce considerablemente, y que la resina se inyecte de nuevo desde una posición en la que la resistencia al flujo es baja. Las posiciones, que están determinadas por la consideración de las posiciones y la limitación de tiempo, son posiciones para la segunda y siguientes líneas de inyección de resina.

En consecuencia, cuando la resina inyectada desde la primera línea de inyección de resina -A1- llegó a la segunda línea de inyección de resina -A2-, se abrió la válvula -D2-, comenzando de este modo la inyección de la resina desde la segunda línea de inyección de resina -A2-. En esta etapa, la llegada de la resina inyectada desde la primera línea de inyección de resina -A1- a la segunda línea de inyección de resina -A2- se confirmó mediante el sensor de detección de resina -C2- dispuesto a una distancia de aproximadamente 100 mm por detrás de la segunda línea de inyección de resina -A2-. La posición en la que se proporciona el sensor de detección de resina está, preferentemente, en las inmediaciones de una posición que pasa a través de una nueva posición de inyección de resina; sin embargo, cuando el sensor está dispuesto justo antes de la nueva posición de inyección de resina (por ejemplo, de 50 a 100 mm por delante de la misma), apenas se producen problemas.

La resina inyectada desde la segunda línea de inyección de resina -A2- alcanzó finalmente la tercera línea de inyección de resina -A3-, y las etapas posteriores fueron las mismas que las descritas para la segunda línea de inyección de resina -A2-. Cuando la resina inyectada de una cuarta línea de inyección de resina -A4- finalmente alcanzó la línea de aspiración de vacío -B- proporcionada en la parte más extrema, también se detuvo la inyección de resina desde la cuarta línea de inyección de resina -A4-.

Posteriormente, la aspiración por vacío se continuó durante aproximadamente 30 minutos, y posteriormente se cerró una válvula -D5- en la parte de aspiración. Cuando se utiliza una resina termoendurecible que contiene un disolvente volátil, después de que toda la zona se impregne con la resina, la aspiración de vacío se continúa, preferentemente, con el fin de impedir la generación de huecos.

En este ejemplo, la viscosidad inicial de la resina a  $80^{\circ}\text{C}$  fue de 35 mPa·s, y la diferencia fue sustancialmente de 0 mPa·s.

### Ejemplo 3

Como otro ejemplo de la presente invención, un ejemplo de moldeo utilizando un molde de dos caras -40-, según la presente invención, se describirá con referencia a la figura 6 (vista en sección transversal vertical de un molde), en este moldeo el flujo de la resina no se puede observar en absoluto.

Tal como se muestra en la figura 6, se colocó un núcleo de espuma -44- enrollado con un material de base de fibras de refuerzo -43- ("Torayca" T300 x 200 g/m<sup>2</sup> en el peso de área de fibra, tela tejida lisa, dos capas, fabricado por Toray Industries, Inc.) en una cavidad formada en el centro de la parte inferior del molde -42- con un molde superior de metal -41-. El núcleo de espuma se realizó de un poliuretano rígido estable al calor (una tasa de expansión de 20 veces, con un tamaño que tiene un espesor de 12 mm, una longitud de 2,5 m, y una anchura de 1,2 m) y tenía pequeñas ranuras (una anchura de 1,5 mm, una profundidad de 2,5 mm, y un hueco de 15 mm) en las dos superficies principales y las superficies laterales en la dirección longitudinal como trayectorias de flujo de resina. Además, en el centro de la superficie superior, una ranura amplia (una anchura de 4 mm y una profundidad de 4 mm) se formó linealmente en la dirección de la anchura, con el fin de estar comunicada con las ranuras en la dirección longitudinal.

Como puertos de inyección de resina, se proporcionó el puerto de inyección de una resina -46- en una parte central del molde superior -41-, y se proporcionaron ranuras -45- que se extendían de forma lineal en la dirección de la anchura del mismo en los dos lados de la parte superior del molde -41- en la dirección longitudinal. Sin embargo, las ranuras que se extienden linealmente en la dirección de la anchura también se utilizaron como conductos de aspiración de vacío iniciales.

Como sensores de detección de resina, se proporcionaron sensores dieléctricos -6- en tres ubicaciones, es decir, una parte central y dos partes extremas en la superficie del molde inferior -42-.

## ES 2 596 505 T3

La resina utilizada en este ejemplo fue, como en el ejemplo 2, una resina epoxi curable con poliamina, TR-C32, fabricada por Toray Industries, Inc.

5 Se calentó a 70°C un molde -40-, que incluía los moldes superior e inferior, y posteriormente se inició la aspiración de vacío desde las líneas de aspiración de vacío -45- proporcionadas en los dos lados. Cuando el nivel de vacío fue inferior a 6,5 kPa (5 torr), se cerraron las líneas de aspiración de vacío -45-, y se inició la inyección de la resina desde el puerto de inyección de resina central -46-. La inyección de la resina se realizó a una presión de inyección relativamente baja de 196 kPa (2 kg/cm<sup>2</sup>) de manera que el material de base no se desordenara por la presión  
10 dinámica de la resina. La resina inyectada de este modo fluyó en la ranura, que se proporcionó en la dirección de la anchura y en el centro de la superficie superior del núcleo -44-, a través del material de base -43- y posteriormente se trasladó a los dos extremos, a la vez que fluía en las pequeñas ranuras en la dirección longitudinal. A la vez que fluía en las ranuras pequeñas, la resina impregnó también el material de base. Posteriormente, la resina hizo un giro en los dos extremos y, a continuación, fluyó en el lado de la superficie inferior. Cuando los sensores de inducción (-G1- y -G3-) proporcionados en las inmediaciones de los dos extremos en el lado de la superficie inferior detectaron que la resina llegó a la superficie inferior, se inició la inyección de la resina desde las líneas de inyección de resina -45- en los dos lados. Posteriormente, cuando se detectó que la resina alcanzaba la parte central del lado de la superficie inferior, la presión de la resina inyectada desde las líneas de inyección de resina -45- en los dos lados aumentó a 490 kPa (5 kg/cm<sup>2</sup>) y se mantuvo hasta que se curó la resina. Tal como se ha descrito anteriormente, cuando la resina se curó mientras se aplicaba una presión relativamente elevada, se solucionaron los defectos tales como poros y vacíos en el lado de la superficie, dado que se destruyeron por la presión aplicada de este modo, se pudo suprimir la retracción provocada por la contracción por curado de la resina y, como resultado, se pudo obtener una superficie que tenía un buen aspecto.

25 En este ejemplo, la viscosidad inicial de la resina a 70°C fue de 55 mPa·s, y la diferencia fue sustancialmente de 0 mPa·s.

Además, después de que se completó la inyección de resina, se pudo realizar además el seguimiento de una etapa de curado mediante el sensor dieléctrico. En particular, se pudo captar en detalle la diferencia en el tiempo para el curado entre las dos partes de extremo y la parte central.

### Ejemplo 4

35 (1) Estructura: una placa plana que tiene una longitud de 5 m y una anchura de 3 m (asumiendo un elemento estructural primario de aeronaves (por ejemplo, una placa de piel de un ala principal o una unidad de cola))

(2) Material de base de fibras de refuerzo: tela tejida unidireccional, la totalidad de una de las superficies recubierta con partículas adhesivas

40 Hilos de urdimbre: "Torayca" fabricados por Toray Industries, Inc., que tienen una resistencia a la tracción de 5830 MPa, un módulo de tracción de 294 GPa, una energía de tensión destructiva de 58 MJ/m<sup>3</sup>, Tex = 1.030, 2,8 hilos/cm y un peso superficial de fibra de carbono de 295 g/m<sup>2</sup>

45 Hilo de trama: Hilo de vidrio ECE225 1/0 1.0Z aglutinante DP, 3 años/cm, fabricado por Nitto Boseki Co., Ltd.

Partículas adhesivas: una resina termoplástica como componente principal que tiene una temperatura de transición vítrea de 40°C, y una cantidad de partículas de 40 g/m<sup>2</sup>

50 (3) Laminado cuasisotrópico [-45/0/45/90]<sub>3L</sub>

(4) Medio de distribución de resina: malla de aluminio (malla 16, y una abertura de 1,4 mm)

(5) Matriz de moldeo: placa plana de acero inoxidable con un espesor de 2 mm

55 El cuerpo moldeado del PRF descrito anteriormente se moldeó mediante el procedimiento siguiente.

(a) Después de que los materiales de base de fibras de refuerzo se cortaron para tener un tamaño y forma predeterminados, posteriormente, se laminaron entre sí en la superficie de la matriz de moldeo. En la superficie del laminado formado por los materiales de base de fibras de refuerzo, se dispusieron una cubierta provisional "peel ply", el medio de distribución de resina, una placa de compresión (2 mm de espesor) de aluminio en este orden, y a continuación se formó una pluralidad de líneas de inyección de resina y líneas de aspiración. La disposición de las líneas de inyección de resina y las líneas de aspiración fue la misma que se muestra en la figura 3.

65 (b) La totalidad de la parte de moldeo se selló, tal como en el ejemplo 1.

(c) La parte de moldeo se evacuó de manera que el nivel de vacío del interior se ajustó a 0,8 kPa, como en el ejemplo 1.

5 (d) Posteriormente, tal como en el ejemplo 1, toda la matriz de moldeo se calentó con aire caliente a 70°C y posteriormente se mantuvo durante 1 hora. Mediante la aplicación de una presión con calentamiento que se realizó tal como se ha descrito anteriormente, se unieron entre sí los materiales de base de fibras de refuerzo laminados entre sí con las partículas de adhesivo en la dirección del espesor, para conformar una preforma. La proporción en volumen de las fibras de refuerzo  $V_{pf}$  en esta preforma fue del 49%.

10 (e) Cuando la temperatura  $T_v$  del material de embolsado controlada por un termopar alcanzó 70°C, y la temperatura  $T_m$  de la matriz de moldeo fue de 67°C (es decir, la  $\Delta T$  fue 3°C), se inyectó una resina epoxi almacenada en un baño de resina, resina que ya se había desespumado después de que una resina de base y un agente de curado se mezclaran entre sí y que estaba lista para inyectarse. La viscosidad de esta resina a 70°C fue de 130 mPa·s, la viscosidad a 68°C fue de 175 mPa·s, y la diferencia fue de 45 mPa·s. La resina se dispuso en una posición inferior a la de la matriz de moldeo, y para ser exactos, la inyección se realizó a una presión inferior a una presión atmosférica. Los termopares se dispusieron en la superficie posterior de la matriz de moldeo y la superficie exterior del material de embolsado.

20 Tal como en el ejemplo 1, la resina se inyectó desde un primer puerto de inyección de resina a través del medio de distribución de resina. Después de que la resina inyectada desde el primer puerto de inyección de resina casi alcanzara el segundo puerto de inyección de resina, se detuvo la inyección desde el primer puerto de inyección de resina, y al mismo tiempo, se inyectó la resina desde el segundo puerto de inyección de resina. Además, después de que la resina alcanzara el puerto de aspiración, se detuvo la inyección de resina.

25 (f) Posteriormente, mientras se continuó la evacuación a través de la boca de aspiración, se aumentó la temperatura de la matriz de moldeo desde la  $T_m$  (75°C) a una velocidad de 1,5°C/min para llegar a la  $T_{pc}$  (130°C), que era la temperatura de curado, y se mantuvo a 130°C durante 2 horas, para de esta manera curar la resina impregnada de este modo en los materiales de base de fibras de refuerzo. La proporción en volumen de fibras de refuerzo  $V_f$  en el PRF en esta etapa fue del 53%.

30 (g) La temperatura de la matriz de moldeo se redujo hasta la temperatura ambiente a una velocidad de 2,5°C/min, se eliminaron los materiales auxiliares, tales como la cubierta provisional "peel ply", el medio de distribución de resina, los tubos, el material de embolsado, y a continuación el cuerpo de PRF moldeado se recuperó de la matriz de moldeo. La temperatura de transición vítrea de la resina en esta etapa fue de 134°C.

35 (h) Utilizando un generador de aire caliente y una caja aislante térmica diferentes, el PRF desmoldeado de este modo se calentó a una temperatura de curado completa  $T_{ac}$  (180°C) a una velocidad de 1,5°C/min desde temperatura ambiente y se mantuvo a 180°C durante 2 horas, para de esta manera curar adicionalmente la resina.

40 (i) Posteriormente, la temperatura se disminuyó a un ritmo de 2,5°C/min hasta temperatura ambiente. La temperatura de transición vítrea de la resina en esta etapa fue de 176°C.

45 Cuando se inspeccionó el cuerpo moldeado del PRF, no se pudieron observar en ningún lugar agujeros y huecos, y se confirmó que se llevó a cabo un moldeo significativamente superior.

Los resultados de los ejemplos y el ejemplo comparativo se muestran colectivamente en la tabla 1 siguiente.

#### Ventajas de la invención

50 Tal como se ha descrito anteriormente, según el procedimiento de moldeo de la presente invención, en el caso en el que se proporciona una pluralidad de puertos de inyección o líneas de resina, incluso cuando no se puede inspeccionar visualmente el estado de flujo de la resina, mediante la utilización de sensores de detección de resina dispuestos en las posiciones importantes, se puede entender con precisión el flujo de la resina en cada posición importante y, por lo tanto, se pueden determinar de manera apropiada la sincronización de la inyección de la resina desde los puertos de inyección de resina. Por consiguiente, se puede obtener un cuerpo moldeado del PRF de elevada calidad, sin partes no impregnadas o huecos. El procedimiento de moldeo descrito anteriormente se utiliza adecuadamente para la fabricación de cuerpos moldeados relativamente grandes, tales como elementos de placa exteriores o materiales estructurales primarios de automóviles; materiales estructurales primarios (fuselajes, alas principales o unidades de cola) o materiales estructurales secundarios (carenados o superficies de control) de aeronaves; elementos en forma de ala (aspas de molinos de viento); o vehículos ferroviarios.

Tabla 1

	EJEMPLO 1	EJEMPLO COMPARATIVO 1	EJEMPLO 2	EJEMPLO 3	EJEMPLO 4
Tamaño de cuerpo moldeado (m x m)	5 x 3		21 x 2,5	2,5 x 1,2	2,5 x 1,2
Temperatura Tm de la matriz de molde	75°C	60°C	80°C	70°C	70°C
Temperatura Tv del material de embolsado	80°C		80°C	70°C	67°C
Diferencia ΔT entre Tm y Tv	5°C	20°C	0°C	0°C	3°C
Temperatura de curado Tpc	Aproximadamente 130°C		80°C	70°C	130°C
Método de calentamiento	Circulación de aire caliente				
Cámara de molde	Cámara sellada sencilla realizada en material aislante térmico				
Medio de distribución de resina	Material de núcleo que tiene ranuras rectangulares (3 mm de anchura, 3 mm de profundidad, 25 mm de hueco)		Tela tejida de malla	Espuma de núcleo que tiene pequeñas ranuras en las dos superficies principales y las superficies laterales (3 mm de anchura, 3 mm de profundidad, 25 mm de hueco)	Malla de aluminio
Viscosidad ηp a la Tm o Tv, la que sea inferior	100 mPa·s	290 mPa·s	35 mPa·s	55 mPa·s	175 mPa·s
Diferencia Δη entre las viscosidades a Tm y Tv	30 mPa·s	230 mPa·s	0 mPa·s	0 mPa·s	45 mPa·s
Proporción de volumen Vpf de fibras de refuerzo en la preforma	48%		-	-	49%
Evacuación de la parte de molde a través de los puertos de aspiración	Figura 3		Figura 2	Figura 6	Figura 3
Control de la sincronización del inicio de la inyección mediante señales del sensor de detección de resina	Puertos de inyección 16a → 16b		Líneas de inyección A1 → A2 → A3 → A4	Puertos de inyección 46 → 45	Puertos de inyección 16a → 16b
Proporción de volumen Vf de fibras de refuerzo en PRF	48%	-	-	-	53%
Calidad del miembro de PRF grande	Sin huecos ni espacios vacíos, significativamente superior	Varias partes no impregnadas y espacios vacíos, calidad inferior	Sin huecos ni espacios vacíos, significativamente superior		

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para la fabricación de un elemento de PRF grande que comprende las siguientes etapas (A) a (F),
- 5 la etapa (A) que es una etapa de disponer una preforma que comprende un material de base de fibras de refuerzo (2; 11) y un medio de distribución de resina que comprende una lámina con forma de red, sobre una superficie de una matriz de moldeo (1; 20);
- 10 la etapa (B) que es una etapa de cubrir una parte de moldeo con un material de embolsado (3; 23) o un molde para el sellado y proporcionar, como mínimo, un puerto de aspiración (B; 17) y, como mínimo, un puerto de inyección de resina (A1; A2; 16a; 16b);
- la etapa (C) que es una etapa de evacuar la parte de moldeo a través del puerto de aspiración (B; 17),
- 15 la etapa (D) que es una etapa de calentar la parte de moldeo o el molde colocando la matriz de moldeo (1; 20) en una cámara sellada que está aislada térmicamente con material aislante térmico (32), y la totalidad de la parte de moldeo se calienta suministrando aire caliente,
- 20 la etapa (E) que es una etapa de inyectar una resina termoendurecible (24a; 24b) desde el puerto de inyección de resina (A1; A2; 16a; 16b) para impregnar el material de base de fibras de refuerzo (2; 11) con la resina, mientras que una temperatura  $T_m$  de la matriz de moldeo (1; 20) y una temperatura  $T_v$  del material de embolsado (3; 23) o el molde se establecen ambas a temperatura ambiente o superior y una diferencia de temperatura  $\Delta T$  entre ellas se establece a 10°C o menos, realizándose la medición de  $T_m$  y  $T_v$  en la dirección del grosor,
- 25 la etapa (F) que es una etapa de curar la resina manteniendo la parte de moldeo a una temperatura predeterminada  $T_{pc}$  que es igual a la temperatura ambiente o superior a la misma, y
- la lámina con forma de red se elimina de un PRF después de la etapa de curado (F).
- 30 2. Procedimiento para la fabricación de un elemento de PRF grande, según la reivindicación 1, en el que en la etapa de calentamiento (D), se suministra y se recircula aire caliente.
3. Procedimiento para la fabricación de un elemento de PRF grande, según la reivindicación 1, en el que se utiliza, como medio de distribución de resina, un medio de distribución de resina en forma de lámina.
- 35 4. Procedimiento para la fabricación de un elemento de PRF grande que comprende las siguientes etapas (A) a (F),
- la etapa (A) que es una etapa de disponer una preforma que comprende un material de base de fibras de refuerzo (2; 11) y un medio de distribución de resina que comprende un material de núcleo (12), dotado de ranuras de flujo de resina (13);
- 40 la etapa (B) que es una etapa de cubrir una parte de moldeo con un material de embolsado (3; 23) o un molde para el sellado y proporcionar, como mínimo, un puerto de aspiración (B; 17) y, como mínimo, un puerto de inyección de resina (A1; A2; 16a; 16b);
- 45 la etapa (C) que es una etapa de evacuar la parte de moldeo a través del puerto de aspiración (B; 17),
- la etapa (D) que es una etapa de calentar la parte de moldeo o el molde colocando la matriz de moldeo en una cámara sellada que está aislada térmicamente con material aislante térmico (32), y la totalidad de la parte de moldeo se calienta suministrando aire caliente,
- 50 la etapa (E) que es una etapa de inyectar una resina termoendurecible (24a; 24b) desde el puerto de inyección de resina (A1; A2; 16a; 16b) para impregnar el material de base de fibras de refuerzo (2; 11) con la resina mientras que una temperatura  $T_m$  de la matriz de moldeo (1; 20) y una temperatura  $T_v$  del material de embolsado (3; 23) o el molde se establecen ambas a temperatura ambiente o superior y una diferencia de temperatura  $\Delta T$  entre ellas se establece a 10°C o menos, realizándose la medición de  $T_m$  y  $T_v$  en la dirección del grosor,
- 55 la etapa (F) que es una etapa de curar la resina manteniendo la parte de moldeo a una temperatura predeterminada  $T_{pc}$  que es igual a la temperatura ambiente o superior a la misma, y
- 60 y se permite al material de núcleo permanecer en el PRF después de la etapa de curado (F).
5. Procedimiento para la fabricación de un elemento de PRF grande, según la reivindicación 1, en el que la temperatura  $T_m$  de la matriz de moldeo o la temperatura  $T_v$  del material de embolsado o el molde está en el intervalo de 50 a 160°C, y la temperatura  $T_{pc}$  predeterminada de la parte de moldeo está en el intervalo de 80 a 180°C en la etapa de curado (F).
- 65

6. Procedimiento para la fabricación de un elemento de PRF grande, según la reivindicación 1, que comprende además las etapas (G) y (H) siguientes después de la etapa de curado (F),
- 5 la etapa (G) que es una etapa de recuperar un PRF,
- la etapa (H) que es una etapa de curar completamente la resina mediante el mantenimiento del PRF recuperado a una temperatura predeterminada  $T_{ac}$  que es mayor que la temperatura  $T_{pc}$  predeterminada de la parte de moldeo y que es 100°C o más.
- 10 7. Procedimiento para la fabricación de un elemento de PRF grande, según la reivindicación 1, en el que se utiliza, como resina termoendurecible, una resina que tiene una temperatura de transición vítrea de 120°C o más después del curado.
- 15 8. Procedimiento para la fabricación de un elemento de PRF grande, según la reivindicación 7, en el que una viscosidad  $\eta_p$  a la temperatura  $T_m$  de la matriz de moldeo o la temperatura  $T_v$  del material de embolsado o el molde, la que sea menor, es de 500 mPa·s o menos, y una diferencia  $\Delta\eta$  entre la viscosidad a la  $T_m$  y la viscosidad a la  $T_v$  es de 200 mPa·s o menos.
- 20 9. Procedimiento para la fabricación de un elemento de PRF grande, según la reivindicación 1, en el que la parte de moldeo se evacua a través de una pluralidad de puertos de aspiración (B), y la resina se inyecta desde una pluralidad de los puertos de inyección de resina (A1; A2; 16a; 16b).
- 25 10. Procedimiento para la fabricación de un elemento de PRF grande, según la reivindicación 9, en el que la sincronización del inicio de la inyección de la resina a partir de dicha pluralidad de los puertos de inyección de resina (A1; A2; 16a; 16b) es escalonada.
- 30 11. Procedimiento para la fabricación de un elemento de PRF grande, según la reivindicación 9, en el que la sincronización del inicio de la inyección de la resina a partir de dicha pluralidad de los puertos de inyección de resina (A1; A2; 16a; 16b) se controla, según las señales suministradas desde un sensor de detección de resina (C) proporcionado en la matriz de moldeo.
- 35 12. Procedimiento para la fabricación de un elemento de PRF grande, según la reivindicación 11, en el que el sensor de detección de resina (C) es un sensor de detección que comprende una primera fibra óptica que tiene una superficie de emisión en las inmediaciones del borde frontal de la misma para la emisión de luz, y una segunda fibra óptica que tiene una superficie incidente en las inmediaciones de un borde frontal de la misma para la recepción de la luz emitida.
- 40 13. Procedimiento para la fabricación de un elemento de PRF grande, según la reivindicación 11, en el que el sensor de detección de resina (C) es un sensor de detección que comprende un sustrato de circuito dieléctrico flexible, que detecta el cambio en la constante dieléctrica.
- 45 14. Procedimiento para la fabricación de un elemento de PRF grande, según la reivindicación 1, en el que, en la etapa de inyección de resina (E), la proporción de volumen de fibras de refuerzo  $V_{pf}$  del material de base de fibras de refuerzo en la preforma se establece en el 45% al 62%, y se inyecta la resina termoendurecible.
- 50 15. Procedimiento para la fabricación de un elemento de PRF grande, según la reivindicación 1, en el que la proporción de volumen de fibras de refuerzo  $V_f$  del material de base de fibras de refuerzo en el elemento de PRF grande se establece en el 45% al 65% en la etapa de curado (F).
- 55 16. Procedimiento para la fabricación de un elemento de PRF grande, según la reivindicación 1, en el que el material de base de fibras de refuerzo es un material de base de fibras de refuerzo que comprende fibras de carbono.
17. Procedimiento para la fabricación de un elemento de PRF grande, según la reivindicación 1, en el que el material de base de fibras de refuerzo (2; 11) es un material de base de fibras de refuerzo que comprende una tela tejida de fibras de carbono.
- 60 18. Procedimiento para la fabricación de un elemento de PRF grande, según la reivindicación 1, en el que una pluralidad de materiales de base de fibras de refuerzo se laminan entre sí y se disponen.
19. Procedimiento para la fabricación de un elemento de PRF grande, según la reivindicación 16, en el que partes de los materiales de base de fibras de refuerzo (2; 11) se fijan entre sí.
- 65 20. Procedimiento para la fabricación de un elemento de PRF grande, según la reivindicación 1, en el que un baño de resina se dispone en una posición más elevada que la de una superficie de moldeo, en la etapa de inyección de resina (E).

21. Procedimiento para la fabricación de un elemento de PRF grande, según la reivindicación 1, en el que la evacuación se continúa desde el puerto de aspiración (B; 17) en la etapa de inyección de resina (E) hasta que la resina inyectada gelifica.
- 5 22. Procedimiento para la fabricación de un elemento de PRF grande, según la reivindicación 1, en el que se moldea un PRF que tiene una longitud máxima de 3 m o más.
- 10 23. Procedimiento para la fabricación de un elemento de PRF grande, según la reivindicación 1, en el que el elemento de PRF grande es un elemento estructural primario, un elemento estructural secundario, un elemento exterior, un elemento interno o un componente de los mismos, para instalaciones de transporte de aeronaves, automóviles, vehículos ferroviarios o barcos y buques.
- 15 24. Procedimiento para la fabricación de un elemento de PRF grande, según la reivindicación 21, en el que el elemento estructural primario es un fuselaje, un ala principal, o un componente de los mismos de una aeronave.
25. Procedimiento para la fabricación de un elemento de PRF grande, según la reivindicación 22, en el que el elemento estructural principal es un elemento estructural de PRFC de tipo piel-largueros (52) para un fuselaje o un ala principal de una aeronave.



Fig. 1

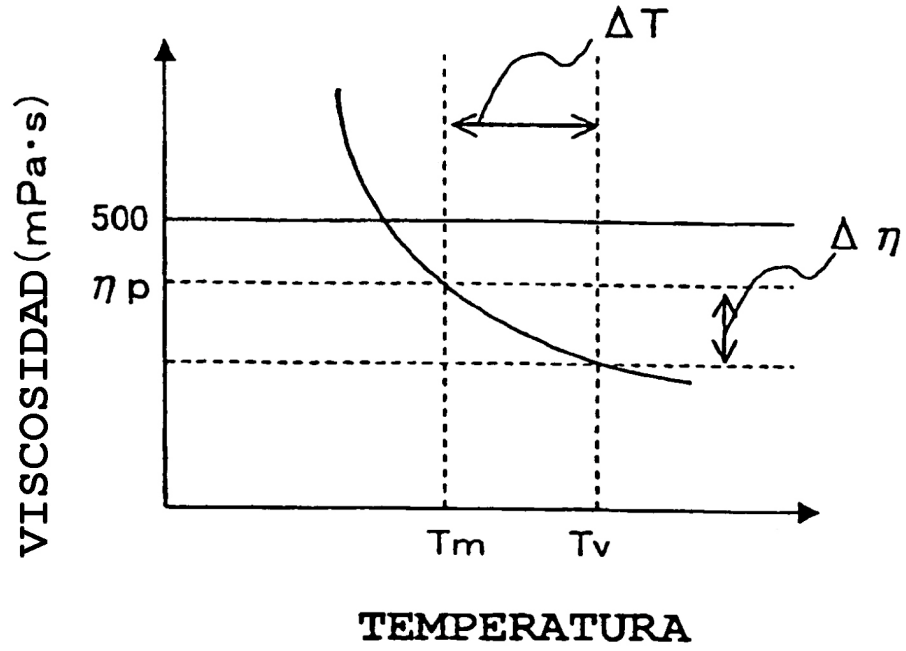


Fig. 2

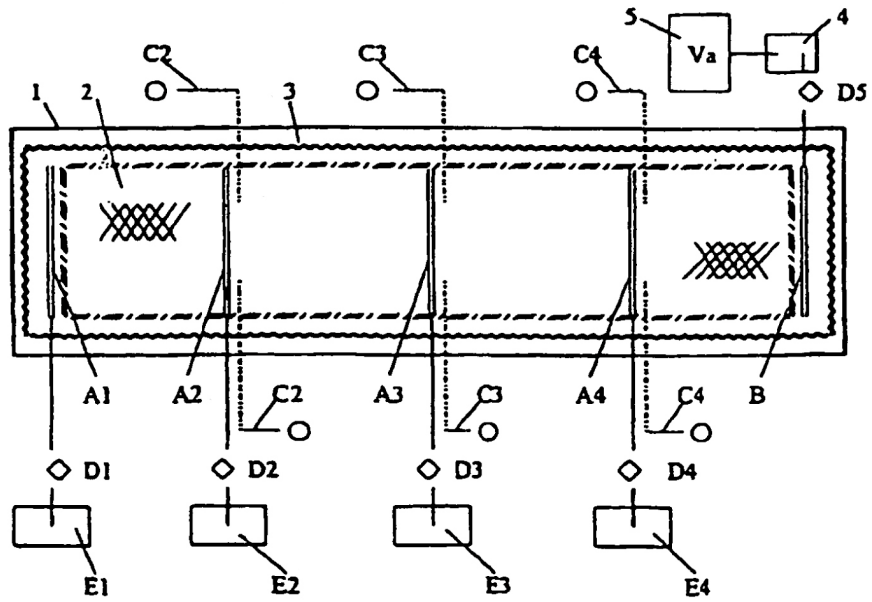


Fig. 3

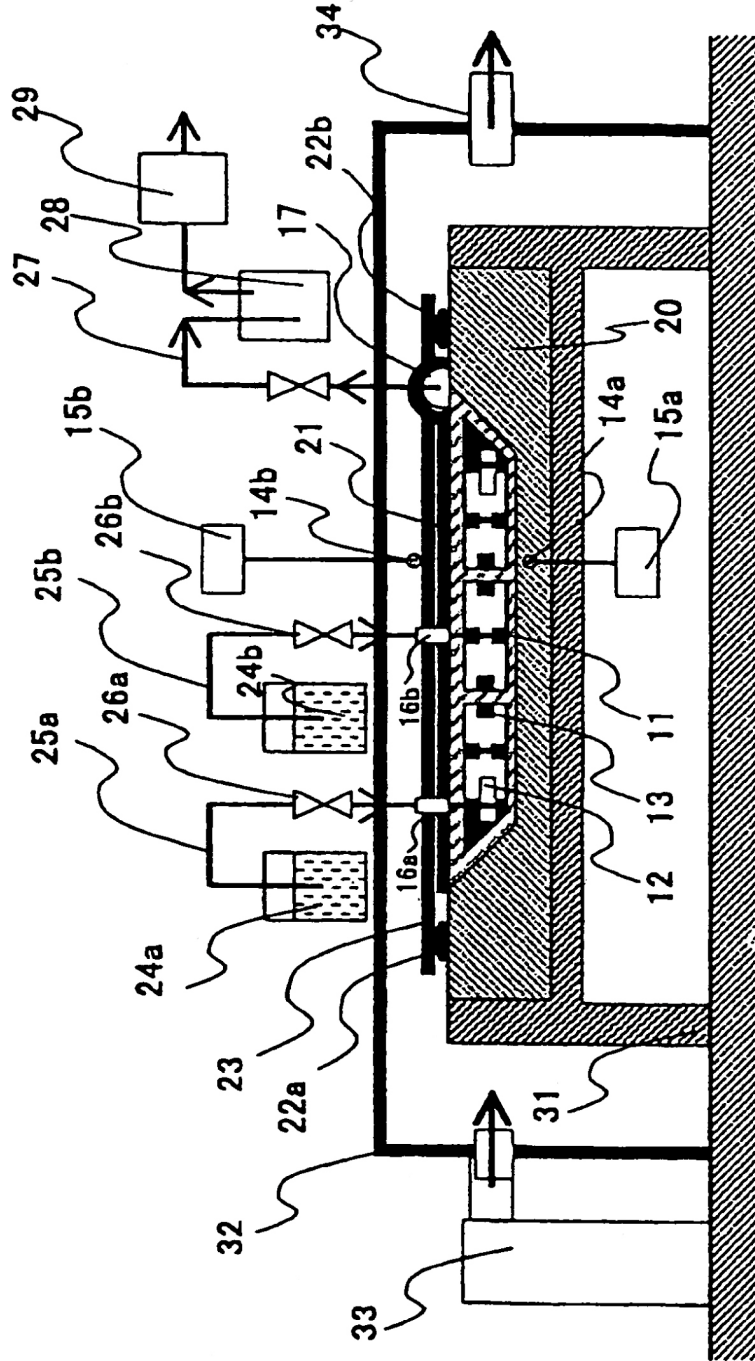


Fig. 4

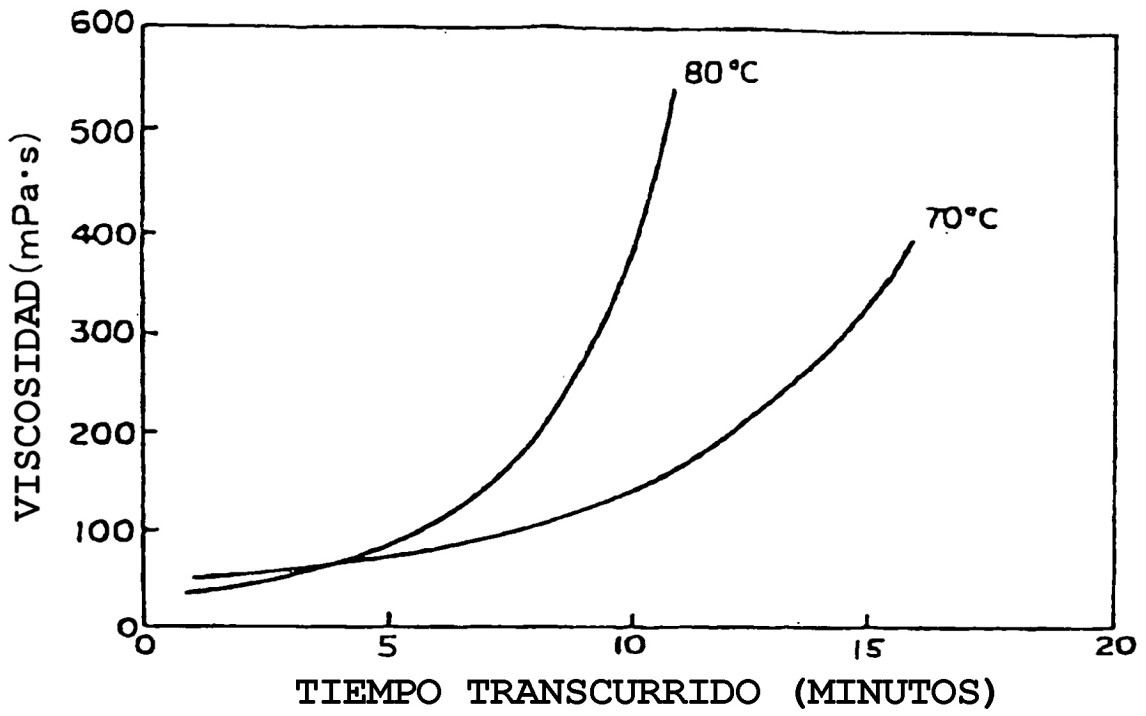


Fig. 5

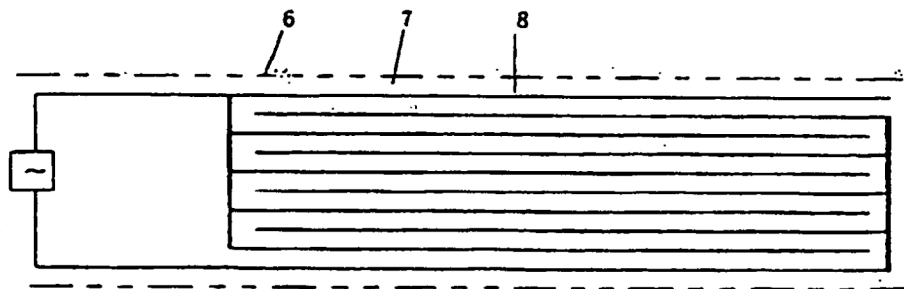


Fig. 6

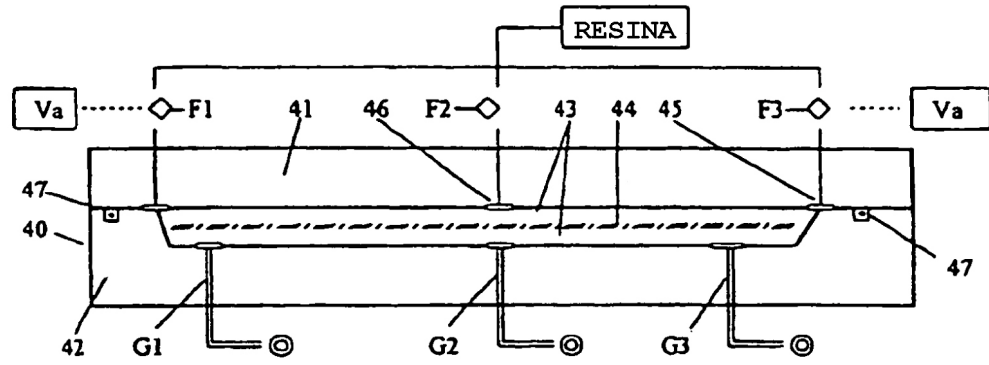


Fig. 7

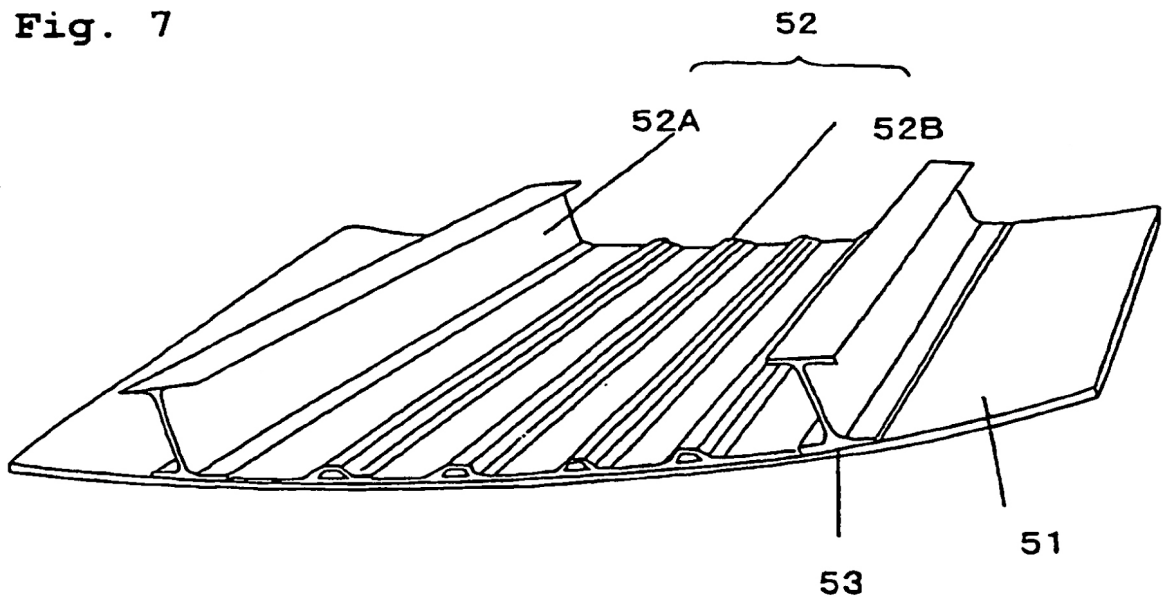


Fig. 8

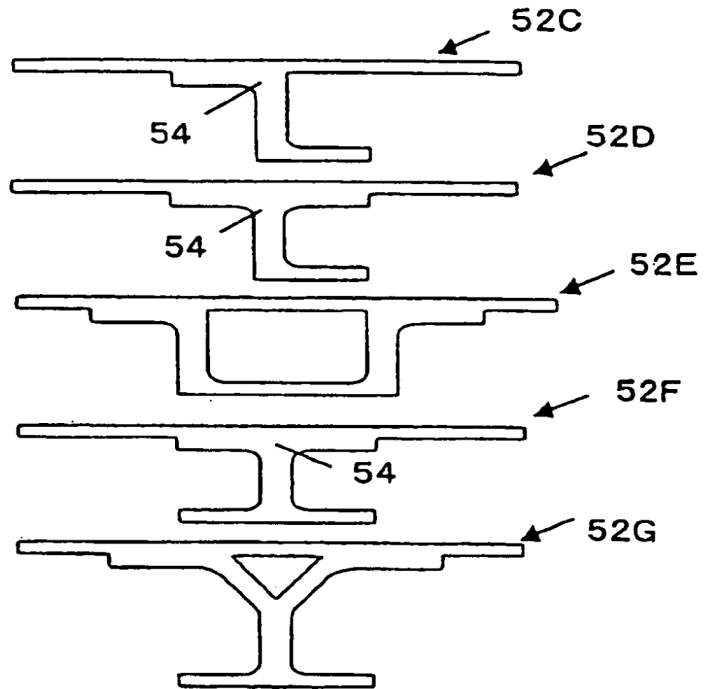


Fig. 9

