

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 586 734**

51 Int. Cl.:

|                   |           |                    |           |
|-------------------|-----------|--------------------|-----------|
| <b>B29C 45/14</b> | (2006.01) | <b>B29K 701/10</b> | (2006.01) |
| <b>B29C 70/88</b> | (2006.01) | <b>B29K 705/00</b> | (2006.01) |
| <b>B29C 70/46</b> | (2006.01) |                    |           |
| <b>B32B 15/14</b> | (2006.01) |                    |           |
| <b>B32B 15/20</b> | (2006.01) |                    |           |
| <b>B29C 70/02</b> | (2006.01) |                    |           |
| <b>B29C 70/08</b> | (2006.01) |                    |           |
| <b>B32B 1/00</b>  | (2006.01) |                    |           |
| <b>H05K 7/02</b>  | (2006.01) |                    |           |
| <b>H05K 9/00</b>  | (2006.01) |                    |           |

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.11.2011 E 11845386 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.06.2016 EP 2647486**

54 Título: **Método para producir un material compuesto metálico, y chasis para equipo electrónico**

30 Prioridad:

**02.12.2010 JP 2010269150**  
**15.02.2011 JP 2011029457**  
**17.03.2011 JP 2011058929**  
**17.03.2011 JP 2011058930**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**18.10.2016**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**FUJIOKA, TAKASHI y**  
**HONMA, MASATO**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 586 734 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**

Método para producir un material compuesto metálico, y chasis para equipo electrónico

**5 Campo técnico**

La presente invención se refiere a un método para producir un material compuesto metálico para un material compuesto metálico y un chasis para equipo electrónico producido con el método.

**10 Antecedentes de la técnica**

Un material compuesto metálico producido mediante la estratificación de un material metálico y un material de resina reforzado con fibra y unidos entre sí combinan de forma homogénea la resistencia y módulo elástico, excelente resistencia al impacto, conductividad térmica y otras características proporcionada por el metal con una excelente ligereza, resistencia específica, módulo específico, anisotropía del refuerzo de acuerdo con la dirección de la fibra y otras características proporcionadas con una resina reforzada con fibra. Por este motivo, se utilizan en una variedad de aplicaciones, incluyendo piezas para el cuerpo de aeronaves, piezas para el cuerpo de vehículos, piezas para embarcaciones, piezas mecánicas para máquinas, clubs de golf, y piezas para ordenadores portátiles, cámaras de vídeo y otros aparatos electrónicos (véanse los documentos de patente 1 a 5).

Convencionalmente, generalmente ha sido el caso, cuando se produce un material compuesto metálico de ese tipo, en primer lugar, se moldea un material metálico con una forma predeterminada, y a continuación fibras de refuerzo impregnadas con una resina termoendurecible se ponen en contacto con el material metálico, seguido por el curado de la resina termoendurecible para formar un material de resina reforzado con fibra que se integra con el material metálico. En el documento de patente 4, por ejemplo, se produce un material compuesto estructural que comprende un metal y una resina reforzada con fibra mediante la inyección de las fibras de refuerzo y la resina termoendurecible en una tubería de metal moldeado y curar la resina termoendurecible.

De manera similar, también ha sido generalmente el caso, cuando se produce un material compuesto metálico donde dos o más materiales metálicos se unen mediante una resina termoendurecible, en primer lugar, los materiales metálicos se moldean a sus respectivas formas predeterminadas y a continuación se coloca la resina termoendurecible entre los materiales metálicos, seguido del curado de la resina termoendurecible para unir dichos materiales metálicos.

Sin embargo, dicho método de fabricación es problemático porque requiere por separado una etapa de moldeo del material metálico y una etapa de moldeo para cualquier otro material estructural a componente con el material metálico, dando como resultado una baja eficacia de producción del material compuesto. Adicionalmente, como la resina termoendurecible se introduce una vez que el material metálico se ha moldeado con una forma compleja, es difícil garantizar que el proceso de fabricación proporcione la fuerza de unión necesaria y, por este motivo, existe el riesgo de que si, por ejemplo, la resina termoendurecible no está bien colocada, aunque sea solo en una parte, pueden aparecer problemas tales como la descamación de los materiales compuestos metálicos durante el uso.

También convencionalmente, generalmente ha sido el caso, para los materiales compuestos metálicos para chasis de equipos electrónicos, una resina que sirve como capa aglutinante entre el material metálico y la resina reforzada con fibra se coloca para integrarlos. El documento de patente 1, por ejemplo, divulga una configuración que incorpora una capa intermedia de resina que contiene partículas de resina termoplástica para mejorar la fuerza de unión entre el material metálico y la resina reforzada con fibra. Incluso en lo que respecta al conformado de un material compuesto metálico, generalmente ha sido el caso, cuando se necesita una forma compleja, el material metálico se procesa a la forma deseada por adelantado mediante moldeo en prensa o moldeo con punzón antes de integrarlo con la resina reforzada con fibra (documentos de patente 6 y 7).

Adicionalmente, como dicho chasis para equipos electrónicos requiere una capa de resina destinado a proporcionar la unión, existe una deficiencia en la capacidad de diseño de paredes delgadas y en el grado de libertad del diseño, y esto ha dado lugar al problema de debilitar los esfuerzos continuados realizados para reducir el peso de los equipos electrónicos. Existe otro problema en que, puesto que se requieren etapas de procesamiento independientes para el material metálico y la resina reforzada con fibra, el coste de producción del chasis es elevado debido a la necesidad de una gran cantidad de equipos de producción necesarios.

**Documentos de la técnica anterior**

Documentos de patente

Documento de patente 1: JP 2006-297929 A

Documento de patente 2: JP 2010-131789 A

Documento de patente 3: JP 2005-161852 A

Documento de patente 4: JP 2006-123209 A

5 Documento de patente 5: JP 2009-045129 A

Documento de patente 6: JP 2001-298277 A

10 Documento de patente 7: JP 2001-315162 A

Documento de patente 8: JP 03-177418 A

Documento de patente 9: JP 03-296525 A

15 Documento de patente 10: JP 64-070523 A

El documento GB 2108427 A se refiere a un proceso para producir continuamente un estratificado chapado de cobre para placas de circuitos impresos. Se pueden producir de forma continua estratificados chapados de cobre para placas de circuitos impresos sin prácticamente combado sin necesidad de utilizar disolvente colocando un sustrato fibroso continuo, que suministra de forma parcial e intermitente una mezcla de resina termoendurecible sin disolvente sobre el sustrato en movimiento, estratificando una lámina de cobre en al menos una superficie del sustrato en movimiento, moldeando con presión y calentando el sustrato estratificado con la lámina de cobre en un molde que comprende una par de placas planas, al menos una de las cuales tiene partes salientes ahusadas hacia el centro de la placa plana en la periferia de la misma, capturando y cortando el estratificado moldeado.

25 El documento US 4.390.489 A divulga composiciones de resina termoplástica que se forman en objetos conformados en un proceso de estampado rápido cuando dichas composiciones se precalientan y soportan sobre un soporte de lámina metálica. La composición calentada y relativamente fluida se transfiere fácilmente a continuación mediante el soporte de lámina a una prensa de estampación por medios automáticos o manuales. La composición termoplástica puede estar rellena y/o reforzada, y puede estar en forma de láminas, prismas, torras, u otros objetos de forma irregular.

**Sumario de la invención**

35 **Problemas que debe resolver la invención**

La tarea de la presente invención es proporcionar métodos de fabricación para materiales compuestos metálicos que integran materiales metálicos juntos o materiales metálicos y otros materiales estructurales mediante una capa o capas de resina curada, que consiguen fácilmente una capacidad para procesar materiales metálicos de elevada rigidez con una disponibilidad excelente a formar paredes delgadas y ligereza de peso y un alto grado de libertad de diseño para conseguir formas complejas y una capacidad de composición rápida tal como exige el mercado, y que sea capaz de producir materiales compuestos metálicos que tengan una excelente fuerza de unión, así como un chasis para equipos electrónicos que utilizan los materiales compuestos metálicos obtenidos mediante dichos procesos de fabricación.

45 **Medios para resolver los problemas**

En un primer aspecto de la invención, el método de fabricación de materiales compuestos metálicos es como se describe a continuación:

50 Un método para producir un material compuesto metálico que se moldea mediante calentamiento y presurización de una preforma incluyendo una lámina sustrato que contiene una resina termoendurecible y un material metálico dispuestos en contacto con la lámina sustrato, o estratificados sobre la misma para formar el material compuesto metálico que comprende el material metálico y una capa de resina curada formada mediante el curado de la resina termoendurecible proporcionada a lo largo del material metálico, donde el método comprende:

una etapa 1 para introducir la preforma en un molde donde el metal se calienta mediante al menos una de las valvas del molde a una temperatura superior a 180 °C a la vez que se calienta la lámina sustrato para semicurar la resina termoendurecible, y

60 una etapa 2 para aplicar una presión a la preforma que se ha calentado en la etapa 1 para formar un material compuesto metálico; y donde la resina termoendurecible es al menos una seleccionada entre el grupo que consiste en resina epoxi, resina fenólica, resina de benzoxazina y resina de poliéster.

65 Preferentemente, en la etapa 1, la temperatura superficial del material metálico se aumenta a más de 180°C durante el semicurado de la resina termoendurecible, y se añade una etapa 3 para enfriar el material compuesto moldeado en la etapa 2 bajo presión de forma que la temperatura superficial del material metálico disminuya a 180 °C o menos.

En el segundo aspecto, es preferible que la presión aplicada al material compuesto de la etapa 3 sea igual o mayor a la presión aplicada a la preforma durante la etapa 2.

5 Es preferible que el molde tenga una temperatura superficial de 200 a 300 °C cuando la preforma se introduce durante la etapa 1.

En un segundo aspecto de la invención, el método de fabricación de materiales compuestos metálicos es como se describe a continuación.

10 Un método para producir un material compuesto metálico que incluye un material metálico y una capa de resina curada provista a lo largo del material metálico, donde el método comprende:

15 una etapa 1-1 para calentar una lámina de sustrato que contiene al menos una resina termoendurecible seleccionada entre el grupo que consiste de resina epoxi, resina fenólica, resina de benzoxazina y resina de poliéster, para semicurar la resina termoendurecible,  
una etapa 1-2 para precalentar el material metálico hasta una temperatura de su superficie superior a 180 °C, pero no superior a 400 °C, y  
20 una etapa 2 para ponerlas en contacto entre sí o estratificar la lámina de sustrato, que ha experimentado la etapa 1-1, y el material metálico, que se ha precalentado en la etapa 1-2, en el interior de un molde que tiene una temperatura superficial de 180 °C o inferior y aplicando una presión para moldearlo al material compuesto metálico.

Preferentemente, el calentamiento de la etapa 1-1 y el calentamiento de la etapa 1-2 se llevan a cabo en equipos diferentes entre sí.

25 Además, preferentemente, la etapa 1-1 y la etapa 1-2 se realizan en paralelo.

Es además preferible que la etapa 1-1 y la etapa 1-2 se completen prácticamente a la vez.

30 Es además preferible que se prepare una preforma que combine la lámina sustrato y el material metálico antes de moldear el material compuesto metálico en la etapa 2.

En el primer o el segundo aspecto, es preferible que la resina termoendurecible incluida en la lámina de sustrato alcance un estado curado cuando se calienta a 130 °C durante 10 minutos.

35 En el primer o el segundo aspecto, es preferible que la resina termoendurecible incluya un acelerador del curado.

En el primer o el segundo aspecto, es preferible que la preforma tenga una estructura en sándwich configurada mediante estratificación del material metálico en ambas caras de la lámina sustrato o de un estratificado de dichos sustratos.

40 En el primer o el segundo aspecto, es preferible que la resina termoendurecible alcance un estado curado en la etapa 2 o en la etapa 3.

45 En el primer o el segundo aspecto, es preferible que un borde de la preforma experimente un tratamiento de doblado o de cierre mecánico en la etapa 2 o en la etapa 3.

En el primer o el segundo aspecto, es preferible que la lámina sustrato sea un prepreg obtenido mediante la impregnación de una base de fibra con una resina termoendurecible.

50 En el primer o el segundo aspecto, es preferible que el material metálico sea un cuerpo plano que tenga un espesor de 0,1 a 1 mm.

En el primer o el segundo aspecto, es preferible que el material metálico haya experimentado un desbastado físico, químico o eléctrico sobre una superficie del mismo que entre en contacto con la lámina sustrato.

55 En el primer o el segundo aspecto, es preferible que una superficie del material metálico que entra en contacto con la lámina sustrato tenga múltiples poros de un tamaño de 0,01 a 100 µm.

60 En el primer o el segundo aspecto, es preferible que el metal que constituye el material metálico sea al menos uno seleccionado entre el grupo que consiste de una aleación de aluminio, aleación de magnesio y aleación de titanio.

En el primer o el segundo aspecto, es preferible que la fuerza de unión entre el material metálico y la capa de resina curada del material compuesto metálico a producir sea de 10 MPa o más.

65

Un chasis para equipos electrónicos obtenidos mediante la integración de un material compuesto metálico A que se produce mediante cualquiera de los métodos de fabricación de materiales compuestos metálicos de la presente invención, y una pieza B compuesta de una resina termoplástica b.

5 Es preferible que, en el chasis para equipos electrónicos, la parte B sea al menos un tipo de pieza conformada seleccionada entre el grupo que consiste de un cubo, arista, bisagra, bastidor, base para teclado, pared vertical y asiento.

10 Es preferible que, en el chasis para equipos electrónicos, una capa de resina C compuesta de una resina termoplástica c se forme sobre la superficie del material compuesto metálico A.

Es preferible que, en el chasis para equipos electrónicos, el punto de fusión o temperatura de transición vítrea de la resina termoplástica c sea menor que el de la resina termoplástica b.

15 Es preferible que, en el chasis para equipos electrónicos, los poros formada sobre la superficie del material metálico se rellenen con al menos un tipo de resina seleccionado entre el grupo que consiste de la resina termoendurecible, la resina termoplástica b y la resina termoplástica c.

20 Es preferible que, en el chasis para equipos electrónicos, se proporcione al material compuesto metálico A al menos un tipo de tratamiento de conformado seleccionado entre el grupo de ahusamiento, ranurado, taladrado y emparejamiento de juntas, donde la pieza B se une al material compuesto metálico A por encaje en dicha forma.

25 Es preferible que, en el chasis para equipos electrónicos, el material compuesto metálico A y la pieza B se unan introduciendo el material compuesto metálico A en un molde y moldeando por inyección la pieza B en el interior del mismo.

#### **Efectos ventajosos de la invención**

30 La presente invención proporciona métodos de fabricación para materiales compuestos metálicos que integran materiales metálicos juntos o materiales metálicos y otros materiales estructurales mediante una capa o capas de resina curada, que consiguen fácilmente una capacidad para procesar materiales metálicos de elevada rigidez que tienen una disponibilidad excelente a formar paredes delgadas y ligereza de peso y un alto grado de libertad de diseño para conseguir formas complejas y una capacidad de composición rápida tal como exige el mercado, y que sea capaz de producir materiales compuestos metálicos que tengan una excelente fuerza de unión, así como un chasis para equipos electrónicos que utilizan los materiales compuestos metálicos obtenidos mediante dichos procesos de fabricación. También proporciona un chasis para equipos electrónicos que incorpora capacidad de apantallamiento electromagnético y una característica de antena tal como requiere el equipo electrónico provisto de elementos de telecomunicación.

#### **Breve descripción de los dibujos**

Las Figs. 1 (a), 1 (b) y 1 (c) son un conjunto de dibujos esquemáticos en sección que ilustran el procedimiento de fabricación de una realización la presente invención con respecto a los métodos de fabricación de materiales compuestos.

45 La Fig. 2 es un gráfico que ilustra un ejemplo de la relación entre temperatura, duración y presión para un método de fabricación para materiales compuestos metálicos de la presente invención.

La Fig. 3 es un gráfico que ilustra otro ejemplo de la relación entre temperatura, duración y presión para un método de fabricación para materiales compuestos metálicos de la presente invención.

50 Las Figs. 4 (a-1), 4 (a-2), 4 (b) y 4 (c) son un conjunto de dibujos esquemáticos en sección que ilustran el procedimiento de fabricación de otra realización la presente invención con respecto a los métodos de fabricación de materiales compuestos.

La Fig. 5 es un gráfico que ilustra otro ejemplo de la relación entre temperatura, duración y presión para un método de fabricación para materiales compuestos metálicos de la presente invención.

55 Las Figs. 6 (a), 6 (b) y 6 (c) son un conjunto de dibujos esquemáticos en sección que ilustran el procedimiento de fabricación de otra realización la presente invención con respecto a los métodos de fabricación de materiales compuestos.

La Fig. 7 es un dibujo en perspectiva esquemático de un ejemplo de un chasis para equipos electrónicos de la presente invención.

60 Las Figs. 8 (a), 8 (b), 8 (c) y 8 (d) son un conjunto de dibujos esquemáticos en sección que ilustran el procedimiento de producción de una realización la presente invención con respecto al chasis para equipos electrónicos.

La Fig. 9 es un dibujo en perspectiva esquemático de un ejemplo de un chasis para equipos electrónicos de la presente invención que utiliza dos piezas B, comprendiendo cada una de ellas una resina termoplástica b.

65 Las Figs. 10 (a), 10 (b) and 10 (c) son un conjunto de dibujos esquemáticos en sección que ilustran el procedimiento de doblado del Ejemplo 1-(11) de la presente invención.

Las Figs. 11 (a-1), 11 (a-2), 11 (b) y 11 (c) son un conjunto de dibujos esquemáticos en sección que ilustran el

procedimiento de fabricación de otra realización la presente invención con respecto a los métodos de fabricación de materiales compuestos.

Fig. 12 es un dibujo en perspectiva esquemático parcial de un ejemplo de un material compuesto metálico provisto mediante un tratamiento de emparejamiento de juntas del Ejemplo 4-(5) de la presente invención. Las Figs. 13 (a) y 13 (b) con un conjunto de dibujos de una vista en planta de un despiece esquemático en un ejemplo de un molde para el molde para moldeo por inyección usado en el Ejemplo 4-(8) de la presente invención.

La Fig. 14 es un dibujo en perspectiva esquemático que ilustra una probeta para medir la fuerza de unión de un material compuesto metálico de la presente invención.

La Fig. 15 es un dibujo en perspectiva esquemático que ilustra un ejemplo de una evaluación de rigidez de un chasis para equipos electrónicos de la presente invención.

### Descripción de las realizaciones

Se describen a continuación las realizaciones preferidas de la presente invención con respecto a los métodos de fabricación de materiales compuestos metálicos y chasis para equipos electrónicos basados en los anteriores:

En la presente realización, un material compuesto metálico que presenta un material metálico y una capa de resina curada formada de tal manera que reviste el material metálico se produce a partir de una preforma que comprende una lámina sustrato, que contiene dicha resina termoendurecible, y dicho material metálico, puestos en contacto con la lámina sustrato o estratificada sobre el mismo, usando un método de fabricación que comprende una etapa 1 a una etapa 2 y/o una etapa 3 que se describen más adelante.

Lámina sustrato:

La lámina sustrato incluye una resina termoendurecible, que comienza a experimentar una reacción de curado en la etapa 1 y/o en la etapa 1-1 que se describen más adelante. La lámina sustrato se moldea con un material metálico en la etapa 2 y/o la etapa 3 que se describen más adelante para formar una capa de resina curada en el material compuesto metálico.

La lámina sustrato no está sometida a ninguna restricción particular salvo la de ser un material basado en una resina termoendurecible o en una composición de resina que contiene una resina termoendurecible que se ha procesado para garantizar su idoneidad para manipularla en forma de lámina. Por ejemplo, puede ser una película de resina obtenida mediante el revestimiento de una lámina sobre papel de despegado o similar. También puede ser un prepeg obtenido mediante impregnación de una base de fibra con una resina termoendurecible o una composición de resina que contiene una resina termoendurecible.

En este sentido, no existen restricciones específicas sobre el grado de impregnación, y los estados de impregnación aceptables incluyen: impregnación completa sin huecos, impregnación semicompleta, donde están presentes huecos en la totalidad del interior de la base de fibra, impregnación parcial, donde la base de fibra contiene regiones impregnadas y regiones no impregnadas distribuidas de forma desigual, y depósito superficial, donde la composición de resina se deposita y se fija sobre la capa superficial del material de base.

Mediante el uso de al menos un tipo de resina seleccionada de un conjunto que contiene una resina epoxi, resina fenólica, resina de benzoxazina y resina de poliéster insaturado como tal resina termoendurecible se posibilita la obtención de un material compuesto metálico con una excelente productividad y eficacia económica. De estos, una resina epoxi es preferible por el alto grado de libertad de diseño que ofrece de acuerdo con la fuerza de unión necesaria y el tipo de entorno donde se utiliza el producto final.

Normalmente, dicha resina epoxi es una que contiene dos o más grupos epoxi en su molécula. Los ejemplos concretos de una resina epoxi que se puede usar incluyen resina epoxi de tipo bisfenol A, resina epoxi de tipo bisfenol F, resina epoxi de tipo bisfenol S, resina epoxi de tipo novolac, resina epoxi de tipo naftaleno, resina epoxi de estructura de flúor, resina epoxi obtenida a partir de un compuesto fenólico y copolímero de ciclopentadieno como ingredientes, composición de resina epoxi de tipo éter, tal como diglicidilresorcinol, tetraquis(glicidiloxifenil)etano o tris(glicidiloxifenil)metano, resina epoxi de tipo glicidilamina, tal como tetraglicidildiaminodifenilmetano, triglicidilaminofenol, triglicidilaminocresol o tetraglicidilxileno diamina, resina epoxi de tipo bifenilo, resina epoxi modificada con cianato, así como una mezcla de las mismas.

Cualquiera de estas resinas epoxi se puede utilizar en solitario o como mezcla. En particular, cuando se requiere un material compuesto con propiedades de resistencia térmica y resistencia mecánica bien equilibradas, se prefiere una combinación de una resina epoxi polifuncionalizada y una resina epoxi difuncionalizada, por ejemplo, una que combina una resina epoxi de tipo fenol novolac como la resina epoxi polifuncionalizada y una resina epoxi de tipo bisfenol A como la resina difuncionalizada.

Es preferible que la resina termoendurecible incluida de la lámina sustrato alcance el curado en condiciones de 130°C x10 minutos. Para obtener este tipo de sustrato laminar, se puede añadir un agente de curado a la composición de resina que contiene la resina termoendurecible.

El tipo de agente de curado se puede cambiar según necesidad de acuerdo con la resina termoendurecible. Por ejemplo, cuando se utiliza una resina epoxi como la resina termoendurecible, las posibilidades de agente de curado incluyen un tipo de polimerización mediante poliadición, tal como un compuesto de amina, anhídrido, fenol, mercaptano o isocianato, y uno que funcione como iniciador de la polimerización por aniones o la polimerización por cationes, tal como una amina terciaria, imidazol o ácido de Lewis. De estos, un compuesto de amina es especialmente preferible por el alto grado de libertad de diseño que ofrece de acuerdo con la aplicación.

Un agente de curado basado en amina se refiere a un agente de curado que contiene un átomo de nitrógeno en su molécula. Los ejemplos de un compuesto que se puede utilizar como dicho agente de curado incluyen un compuesto de poliamina aromática que tiene átomos de hidrógeno activos, tales como 4,4'-diaminodifenil metano, 4,4'-diaminodifenil sulfona, 3,3'-diaminodifenil sulfona, m-fenilendiamina, m-xililendiamina o dietiltoluenodiamina, una amina alifática que tiene átomos de hidrógeno activos, tal como dietilentriamina, trietilentetramina, isoforona diamina, bis(aminometil) norbornano, bis(4-aminociclohexil) metano, un éster de ácido dimérico de polietilenimina, una amina terciaria que no tiene átomos de hidrógeno activos, tal como una amina modificada obtenida por sustitución de cualquiera de las aminas que contienen hidrógeno activo anteriores por un compuesto epoxi, acrilonitrilo, un compuesto de fenol y formaldehído, tiourea, y similares, dimetil anilina, dimetil bencilamina, 2,4,6-tris-(dimetil aminometil) fenil, o imidazol monosustituido, una hidrazida de poli(ácido carboxílico), tal como diciandiamida, tetrametil guanidina, hidrazida de ácido adípico o hidrazida del ácido naftalenodicarboxílico, y un complejo de ácido de Lewis, tal como un complejo de trifluoruro de boro con etilamina.

De los compuestos anteriores, la diciandiamida y un compuesto de poliamina aromática se utilizan preferentemente como agentes de curado basados en aminas. Cuando se utiliza la diciandiamida o un compuesto de poliamina aromática, se puede obtener a partir de la resina termoendurecible un material endurecido que tiene elevado módulo elástico y resistencia térmica. De dichos compuestos, diciandiamida, 3,3'-diaminodifenil sulfona, y 4,4'-diaminodifenil sulfona son especialmente preferibles por motivos tales como la capacidad para proporcionar una composición de resina con excelente resistencia térmica, especialmente la humedad y la resistencia térmica, y estabilidad en almacenamiento cuando se mezclan en una resina epoxi que es parte de una resina epoxi monocomponente.

En cualquiera de las composiciones de resina anteriores, el agente de curado se puede combinar con un acelerador del curado adecuado para potenciar la actividad de curado. Por ejemplo, un derivado de urea, tal como 3-fenil-1,1-dimetil urea, 3-(3,4-diclorofenil)1,1-dimetil urea (DCMU), 3-(3-cloro-4-metilfenil)-1,1-dimetil urea o 2,4-bis(3,3-dimetil ureido) tolueno, o un derivado de imidazol, se pueden utilizar ventajosamente como acelerador del curado junto con la diciandiamida. Es particularmente preferible una combinación entre diciandiamida y un compuesto que tiene dos o más enlaces urea en una sola molécula. Como compuesto que tiene dos o más enlaces urea en una sola molécula, es preferible 1,1'-4(metil-m-fenileno) bis(3,3-dimetilurea) o 4,4'-metileno bis(fenil dimetilurea), especialmente cuando se utilizan en materiales eléctricos/electrónicos y en aplicaciones similares, ya que el uso de este tipo de compuesto mejora en gran medida la capacidad ignífuga en el uso como placa fina.

Otro ejemplo de acelerador del curado que se puede combinar es un complejo de trifluoruro de boro con etilamina.

También se puede utilizar como agente de curado un agente de curado latente que se activa a temperaturas comprendidas entre 70 y 125 °C. Aquí, "que se activa a temperaturas comprendidas entre 70 y 125 °C" significa que la temperatura de inicio de reacción está comprendida en el intervalo entre 70 y 125 °C. La temperatura de inicio de la reacción (denominada a partir de ahora en el presente documento como "temperatura de activación") se puede encontrar con un análisis realizado mediante calorimetría de barrido diferencial (abreviada a partir de ahora en el presente documento como "DSC").

En concreto, con respecto a una composición de resina epoxi donde 10 partes en peso del agente de curado a evaluar se añade a 100 partes en peso de una resina epoxi de tipo bisfenol A con un equivalente de epoxi de aproximadamente 184 a 194, la temperatura de activación se calcula a partir de la intersección entre la línea tangente en el punto de inflexión de la curva de generación de calor obtenida en el DSC y la línea base. Si la temperatura de activación es inferior a 70 °C, la estabilidad durante el almacenamiento a veces no es adecuada, mientras, si excede de 125 °C, la eficacia de curado a veces es inferior a la esperada.

En el caso de los agentes de curado latentes que se activan a temperaturas comprendidas entre 70 y 125 °C, no se aplican restricciones especiales siempre que tengan dicha temperatura de activación. Los ejemplos incluyen un agente de curado latente de tipo aducto de amina, agente de curado latente de tipo microcápsula, amina imida, isocianato en bloque, compuesto con un anillo oxazolidinona obtenido mediante la reacción de un grupo epoxi con un éster de ácido carbámico, éter de vinilo en bloque con ácido carboxílico, sal de imidazol y ácido carboxílico, sal de amina de ácido carbámico, y una sal de 'onio'.

Aquí, un agente de curado latente de tipo aducto de amina se refiere a un compuesto que tiene un grupo amino primario, secundario o terciario o un compuesto de alto peso molecular insoluble a las temperaturas de almacenamiento que se obtiene mediante la reacción de los componentes activos en el imidazol o compuesto similar con cualquier compuesto que pueda reaccionar con el mismo. Los agentes de curado latentes de tipo aducto comercialmente disponibles incluyen "Amicure" (marca comercial registrada) PN-23 y MY-24 (ambas fabricadas por

- 5 Ajinomoto Fine-Techno Co., Inc.), "Adeka Hardener" (marca comercial registrada) EH-32935, EH-3615S y EH-4070S (todas fabricadas por Asahi Dennka Kogyo K.K.), y "Fujicure" (marca comercial registrada) FXE1000 y FXR1020 (ambas fabricadas por Fuji Kasei Kogyo Co., Ltd.), mientras que los agentes de curado latentes de tipo microcápsula incluyen "Novacure" (marca comercial registrada) HX-3721 y HX-3722 (ambos fabricados por Asahi Chemical Industry Co., Ltd.). De estos, "Amicure" PN-23 y otros agentes de curado latentes de tipo aducto de amina se utilizan de forma especialmente ventajosa porque presentan una excelente estabilidad en almacenamiento a temperatura ambiente, y un notable comportamiento de endurecimiento rápido.
- 10 Los agentes de curado latentes de tipo microcápsula están diseñados para reducir el contacto entre la resina epoxi y el agente de curado mediante, por ejemplo, la cobertura del agente de curado, como el núcleo, con un polímero, tal como una resina epoxi, resina de poliuretano, derivado de poliestireno o poliimida, ciclodextrina o similares, como envoltura.
- 15 La combinación de un agente de curado latente que se activa a una temperatura comprendida entre 70 a 125 °C con un agente de curado determinado posibilita un rápido curado a baja temperatura. Por ejemplo, una familia de agentes de curado que combinan un agente de curado latente, tal como el "Amicure" PN-23, y una dihidrazida de ácido orgánico, y otro que combina un agente de curado latente y un acelerador del curado, tal como DCMU, se utilizan ventajosamente, ya que tardan solamente unos 10 minutos en activarse a una temperatura de 110 °C.
- 20 También es posible utilizar un agente de curado de tipo lote maestro basado en un compuesto de agente de curado obtenido mediante la exposición de un compuesto de amina, una resina epoxi y urea a una reacción térmica como se describe en el documento de patente 8, un componente de curado obtenido cuando una N, N-dialquil aminoalquilamina, una amina cíclica que contiene un átomo de nitrógeno que tiene átomo de hidrógeno activos, e isocianato, así como un epóxido, se someten a una reacción térmica como se describe en el documento de patente 9, o un compuesto de amina concreto como se describe en el documento de patente 10 como el núcleo y un producto de reacción entre el núcleo y una resina epoxi como envoltura, cada uno de ellos en solitario o en combinación de dos o más.
- 25
- 30 Compuestos diferentes a los anteriormente mencionados también se pueden combinar en la composición de resina, incluyendo los ejemplos una resina termoplástica destinada a controlar la viscoelasticidad o a agregar ductilidad. Para mejorar la capacidad ignífuga, también es posible mezclar un compuesto halogenado, compuesto de fósforo, compuesto basado en nitrógeno, óxido metálico, hidróxido metálico, o similares.
- 35 Si la lámina sustrato es un prepreg, la base de fibra puede tener una de una gama de estructuras de fibra, tales como las siguientes: fibra larga (estirada en una dirección), arrastre simple, tela tejida, tela tricotada, tela no tejida, estera, y trenza.
- 40 Se utiliza ventajosamente un prepeg unidireccional ya que sus fibras están alineadas en una sola dirección, dando como resultado poco combado de la fibra y una elevada resistencia en dirección de la fibra durante el uso. El uso de dos o más preregs unidireccionales en forma de estratificado con una configuración de capa adecuada como base de fibra es también una ventaja, ya que permite controlar libremente el módulo elástico y la resistencia en cada dirección. Un prepreg de tela tejida es también una ventaja porque proporciona un material compuesto de baja anisotropía en la resistencia y el módulo elástico. Es posible preparar una base de fibra utilizando dos o más tipos de preregs diferentes, por ejemplo, un prepreg unidireccional y un prepreg de tela tejida.
- 45
- 50 Aunque no existen restricciones especiales respecto al tipo de fibra utilizada en la base de fibra, se prefieren las denominadas fibras de refuerzo, y la fibra de carbono, que tiene un valor excelente de módulo elástico y resistencia específica, es especialmente preferible en aplicaciones donde los materiales están sometidos a requisitos de dureza a la vez de peso bajo y elevada resistencia.
- 55 Además de la fibra de carbono, la fibra de vidrio, fibra de aramida, fibra de boro, fibra de PBO, fibra de polietileno de alta resistencia, fibra de alúmina y fibra de carburo de silicio pueden, por ejemplo, utilizarse como fibras de refuerzo, y es posible utilizar dos o más de estas fibras en una mezcla.
- 60 Una resina termoendurecible o una composición de resina que contiene una resina termoendurecible puede penetrar en el interior de la base de fibra, pero al mismo tiempo, en el caso de una lámina de prepreg, se puede situar cerca de la superficie.
- 65 Un prepreg se puede preparar usando el método por vía húmeda, donde una resina termoendurecible o una composición de resina que contiene una resina termoendurecible se disuelve en un disolvente, tal como metil etil cetona o metanol, para reducir su viscosidad y hacer que impregne las fibras de refuerzo, el método de fundido en caliente (método por vía seca), donde una resina termoendurecible o una composición de resina que contiene una resina termoendurecible se calienta para reducir su viscosidad y hacer que impregne las fibras de refuerzo, o algún otro método.

En el segundo por vía húmeda, las fibras de refuerzo se disuelven en primer lugar en una solución de resina termoendurecible o una composición de resina que contiene una resina termoendurecible y se recupera, y a continuación el disolvente se elimina mediante evaporación usando un horno, etc. para obtener un prepreg.

- 5 El método de fundido en caliente se puede implementar impregnando las fibras de refuerzo directamente con una resina termoendurecible o una composición de resina que contiene una resina termoendurecible, fluidificada previamente mediante calentamiento, o revistiendo en primer lugar una pieza o piezas de papel de despegado o similar con un resina termoendurecible o una composición de resina que contiene una resina termoendurecible para su uso como película de resina y a continuación colocar la película sobre uno o ambos lados de la base de fibra, seguido por la aplicación de calor y presión para impregnar las fibras de refuerzo con la resina. El método de fundido en caliente es preferible porque el prepreg prácticamente carece de disolvente residual sobre el mismo.

15 Cuando un prepreg se produce con el método de fundido en caliente, es preferible que la temperatura de la resina termoendurecible durante la etapa de revestimiento con la película de resina sea de 30 a 80 °C, más preferentemente de 40 a 70 °C. Si la temperatura es inferior a 30 °C, la densidad del revestimiento (peso por unidad de área superficial) de la película de resina puede volverse incoherente debido a una viscosidad demasiado elevada, pero al mismo tiempo, si la temperatura supera 80 °C, el curado puede progresar durante el revestimiento, dando como resultado un aumento brusco de la viscosidad.

20 Material metálico:

El material metálico se calienta a una temperatura superior a 180 °C en la etapa 1 y/o en la etapa 1-1 que se describen más adelante y se moldea en una etapa 2 que se describe más adelante para formar la pieza de material metálico de un material compuesto metálico.

25 Hablando de manera general, es difícil moldear un material metálico en una forma compleja durante el procesamiento de metal caliente a una temperatura de 180 °C o inferior debido a la baja moldeabilidad del metal. Sin embargo, el método de fabricación de la presente realización posibilita moldear fácilmente un material metálico en una forma compleja ya que puede reblandecer lo suficiente el material metálico calentándolo a una temperatura superior a 180 °C.

Es preferible que el material metálico comprenda al menos un tipo de metal seleccionado entre un conjunto que comprende una aleación de aluminio, aleación de magnesio y aleación de titanio.

35 El metal se puede seleccionar dependiendo de la aplicación deseada y de las propiedades físicas. Los ejemplos de aleación de aluminio incluyen A2017 y A2024 basados en la combinación Al-Cu, A3003 y A3004 basados en la combinación Al-Mn, A4032 basado en la combinación Al-Si, A5005 y A5052 basados en la combinación Al-Mg, A5083, A6061 y A6063 basados en la combinación Al-Mg-Si, y A7075 basado en la combinación Al-Zn. También es posible utilizar aluminio industrial puro donde se basan todas las aleaciones de aluminio, tales como A1050, A1100 o A1200.

Los ejemplos de aleación de magnesio incluyen AZ31, AZ61 y AZ91 basados en la combinación Mg-Al-Zn. Aunque el magnesio puro en forma de placa es escaso, se puede seguir usando como material metálico de la presente invención.

45 Los ejemplos de aleación de titanio incluyen las Calidades 11 a 23, que comprenden aleaciones con adición de paladio, y aleaciones con adición de cobalto y paladio, y Ti-6Al-4V, que abarca la Calidad 50 (aleación  $\alpha$ ), Calidad 60 (aleación  $\alpha$ - $\beta$ ) y Calidad 80 (aleación  $\beta$ ). También es posible utilizar titanioaluminio industrial el que se basan todas las aleaciones de aluminio, tales como TP270H, que abarca las Calidades 1 a 4.

50 Dichos metales son preferibles para conseguir paredes finas, ligereza y una elevada rigidez durante el método de fabricación de la presente realización, ya que se pueden moldear a una forma compleja con especial facilidad, siendo al mismo tiempo muy rígido.

55 No existen restricciones específicas sobre la forma del material metálico. Puede estar sin moldear como materia prima para el moldeo, moldearse a una forma deseada, o preformarse a una forma cercana a la deseada.

60 Desde el punto de vista de la eficiencia económica, es preferible el estado sin moldear como materia prima para el moldeo, y el uso de un cuerpo de placa con un espesor de, por ejemplo, 0,1 a 1 mm es más preferible, siendo de 0,3 a 0,8 mm lo más preferible. El uso de este tipo de material metálico hace que la conformación compleja sea especialmente sencilla.

65 El metal puede haber experimentado un desbastado físico, químico o eléctrico, y es preferible proporcionar al material metálico un desbastado superficial en la superficie que entra en contacto con la lámina sustrato desde el punto de vista de obtener un material compuesto metálico con una unión excelente entre el material metálico y la capa de resina curada.

Como el método de dicho desbastado superficial, se puede utilizar cualquier método generalmente conocido. Los ejemplos de desbastado superficial físico incluyen el chorro de arena y el lijado. Los métodos de desbastado superficial químico incluyen la inmersión de la superficie deseada del material metálico en una solución de pulido capaz de erosionar el material. Los métodos de desbastado superficial eléctrico incluyen el desbastado superficial electroquímico mediante la inmersión de la superficie deseada del material metálico en una solución electrolítica. Dichos métodos de desbastado superficial se pueden utilizar individualmente, o en combinación de dos o más.

Es preferible que se formen múltiples poros de un tamaño de 0,01 a 100  $\mu\text{m}$ , más preferentemente de un tamaño de 0,1 a 10  $\mu\text{m}$ , sobre la superficie del material metálico que entra en contacto con la lámina sustrato. Dicho material metálico posibilita producir un material compuesto metálico que muestra un comportamiento de unión entre el material metálico y la capa de resina curada incluso más notable todavía.

Preforma:

La preforma presenta una lámina sustrato como se ha descrito anteriormente y un material metálico puesto en contacto con la lámina sustrato o estratificada con la lámina sustrato. La preforma se calienta en la etapa 1 que se describe más adelante y se moldea por compresión en la etapa 2 que se describe más adelante para convertirse en un material compuesto metálico.

La preforma puede tomar una variedad de estructuras de acuerdo con el material compuesto metálico a obtener. Esto incluye una estructura bicapa que se obtiene estratificando una lámina sustrato y un material metálico entre sí, una estructura en sándwich obtenida mediante estratificado de un material metálico sobre ambos lados de la lámina sustrato, y una estructura en paralelo obtenida comprimiendo el material metálico contra una cara lateral de la lámina sustrato.

Adicionalmente, otras estructuras preformadas se pueden derivar de lo anterior, incluyendo, por ejemplo, una estructura de estratificación alternante de láminas sustratos y materiales metálicos, una estructura de estratificación compleja obtenida estratificando un material metálico sobre una estratificado de láminas sustratos, y una estructura en sándwich obtenida mediante incorporación adicional de un material metálico sobre fin generalista normalmente conocido en cualquiera de estas estructuras. Dichas estructuras de estratificación son preferibles desde el punto de vista de una configuración simétrica de la capa, que pueden minimizar la deformación o el pandeo del material compuesto metálico obtenido.

De las estructuras preformadas anteriores, son preferibles las estructuras en sándwich obtenida mediante la estratificación de un material metálico sobre ambos lados de la lámina sustrato y otra estructura sándwich obtenida mediante la estratificación de un material metálico sobre ambos lados de sustratos de láminas estratificadas. Las preformas con este tipo de estructuras posibilitan producir materiales compuestos metálicos con una estructura en sándwich basada en el revestimiento con un material metálico de ambas caras de una resina curada.

Concretamente, al implementar el método de fabricación de la presente realizando usando dicha preforma posibilita producir el material compuesto metálico con una excelente precisión dimensional y hacerlo fácilmente en un tiempo corto, en comparación con otros métodos, tales como aquel en que dos materiales metálicos se moldean independientemente y se unen entre sí con una resina termoendurecible.

Aunque no existen restricciones especiales respecto al espesor de la preforma anterior, de 0,5 a 5 mm es preferible, o más preferiblemente de 1 a 3 mm, desde el punto de vista de moldear un material compuesto metálico con una forma compleja.

Método de fabricación para materiales compuestos metálicos:

A continuación, se describen detalladamente diferentes etapas implicadas en el método de fabricación de los materiales compuestos metálicos de las presentes realizaciones.

Primer aspecto:

En una etapa 1, los materiales metálicos que constituyen la preforma introducida en el molde se calientan a una temperatura superior a 180  $^{\circ}\text{C}$ , y esto también calienta simultáneamente la lámina sustrato para semicurar la resina termoendurecible.

Aquí, "semicurar" significa poner una resina termoendurecible en un estado semicurado, un estado que está a medio camino entre el estado no curado y el estado curado. Un estado semicurado está asociado con un grado de fluidez. En concreto, por ejemplo, si se representa gráficamente la viscosidad frente al tiempo mientras se calienta una resina termoendurecible, "semicurado" se puede definir como el estado de una resina termoendurecible donde muestra del 10 al 90 % de viscosidad de saturación, que se mide expresando la diferencia entre la viscosidad de saturación y la viscosidad mínima en términos de porcentaje. El estado curado es un estado en el cual la resina termoendurecible no fluye ni se deforma, y se definir como el estado de una resina termoendurecible cuando

presenta una viscosidad mayor del 90 % de la viscosidad de saturación de acuerdo con la medición anterior.

También existen formas de dilucidar el estado curado a partir de la temperatura de transición vítrea de la resina termoendurecible (abreviada a partir de ahora en el presente documento como "Tg"). Por ejemplo, "semicurado" se define como el estado de una resina termoendurecible donde su valor de Tg es de 10 al 90 % del valor de la Tg saturada cuando la diferencia entre la Tg saturada y la Tg mínima se expresa en términos de porcentaje sobre la base de mediciones de Tg obtenidas en el intervalo desde la Tg saturada a la Tg mínima, realizadas previamente. El estado curado se define como un estado donde Tg es superior al 90 % de la Tg saturada. Además, si la relación entre la temperatura de calentamiento y la duración del calentamiento se representaron gráficamente mientras se calienta la resina termoendurecible, los valores aproximados de la Tg se pueden obtener a partir de las condiciones de moldeo mediante interpolación. De esta forma, la Tg se puede medir como parte de la DSC utilizando un método generalmente conocido.

Adicionalmente, existen formas de dilucidar el estado curado de una resina termoendurecible a partir del valor calorífico medido como parte de la DSC. Por ejemplo, "semicurado" se define como un estado donde la tasa de reacción residual es de 10 al 90 %, donde se puede descubrir un valor aproximado de la tasa de reacción residual a partir del valor calorífico después del calentamiento de la resina termoendurecible como un porcentaje del valor calorífico después del calentamiento de la resina termoendurecible medido previamente. El estado donde el valor calórico es inferior al 10 % es el estado curado.

Para el fin de la presente invención, se puede considerar que una resina termoendurecible está en un estado semicurado y el estado semicurado se confirma por cualquiera de los métodos de medición descritos anteriormente.

Al experimentar la etapa 1 y/o la etapa 1-1, la resina termoendurecible alcanza un estado semicurado, y a continuación se moldea en la etapa 2 junto con los materiales metálicos sin volverse excesivamente fluido. En su lugar, alcanza un estado curado tras asumir una forma dirigida por los materiales metálicos.

No existen restricciones específicas sobre el calentamiento de los materiales metálicos. Por ejemplo, se puede llevar a cabo poniendo los materiales metálicos en contacto con un molde que se ha calentado hasta una determinada temperatura. A este respecto, se puede calentar con un calentador, horno, antorcha, o similar para acortar la duración del calentamiento.

En la etapa 2, la preforma, que se ha calentado en la etapa 1, se moldea a la forma deseada mediante compresión.

En la etapa 1, los materiales metálicos que constituyen la preforma introducida en el molde se pueden calentar hasta una temperatura superficial superior a 180 °C, mientras que la lámina sustrato se calienta a la vez para quedar curada durante el proceso y, en su caso, semicurar la resina termoendurecible. Esto también presenta una etapa 3, que proporciona enfriamiento bajo presión hasta que la temperatura superficial de los materiales metálicos disminuye a 180 °C o menos.

En la etapa 3, el material compuesto metálico, que se ha moldeado en la etapa 2, se enfría hasta que la temperatura superficial del material metálico disminuye a 180 °C o menos bajo presión (presión P3). El periodo de tiempo durante el cual el material compuesto metálico se mantiene a temperaturas de 180 °C o menos en la etapa 3 es preferentemente de hasta 10 minutos, más preferentemente de hasta 5 minutos, y lo más preferentemente de hasta 3 minutos.

Desde el punto de vista de mantener el pandeo o deformación asociado con el enfriamiento bajo control, es preferible que la presión P3, aplicada durante el enfriamiento, sea mayor o igual que, más preferentemente que supere, la presión P2, aplicada en la etapa 2. En términos concretos, es preferible que la presión P3 se configure por encima de la presión P2 en de 0 a 10 MPa, más preferentemente en de 3 a 5 MPa. Aunque no existen restricciones especiales respecto al límite superior, aproximadamente 30 MPa se considera un óptimo en consideración del riesgo de sobrecarga del molde.

En la etapa 1, es preferible que la temperatura superficial del material metálico se mantenga de 200 a 300 °C. Dicho método de fabricación convierte el moldeo de los materiales metálicos en una forma compleja en la etapa 2 siguiente en algo más sencillo mediante su reblandecimiento. El material metálico solamente necesita calentarse al menos parcialmente a la temperatura anterior.

No existen restricciones específicas sobre la forma de calentar los materiales metálicos. Por ejemplo, los materiales metálicos se pueden calentar poniéndolos en contacto con un molde calentado a una temperatura superficial superior a 180 °C, preferentemente de 200 a 300 °C, más preferentemente de 200 a 250 °C. Aquí, la temperatura superficial del molde significa la temperatura de la cavidad en la cual se moldea el material compuesto metálico. No existen restricciones específicas sobre la forma de aumentar la temperatura superficial del molde. Los ejemplos incluyen montar el molde en una prensa caliente, incluir un calentador dentro del molde, y calentamiento directo desde el exterior usando un calentador por inducción electromagnética o un calentador halógeno. A este respecto, el molde se puede precalentar con un calentador, horno, antorcha, o similar para acortar la duración del calentamiento.

En la etapa 1, la presión se puede aplicar a la preforma según necesidad. Los ejemplos incluyen presurización para sujetar la preforma desde arriba y desde abajo, y una compresión preliminar para moldear la preforma a la forma deseada. Es preferible que la presión aplicada a la preforma de esta forma sea de 0 a 3 MPa, más preferentemente de 0,2 a 2 MPa.

5 Aquí, la lámina sustrato también se calienta, pero nunca alcanza la misma temperatura que los materiales metálicos debido a que tiene una conductividad térmica inferior, en comparación con los materiales metálicos, solamente se calienta a través del material metálico, situado lejos de la fuente de calor, de elevado calor específico, y así sucesivamente. Concretamente, para calentar la totalidad de la lámina sustrato a la temperatura anterior, se requiere calentamiento adicional, y esto posibilita controlar la reacción de curado de la resina termoendurecible. Esto se considera como uno de los motivos por los que la presente invención tiene un efecto ventajoso.

10 Según la presente invención, los materiales metálicos se calientan a una temperatura superior a 180 °C, preferentemente de 200 a 250 °C, en la etapa 2.

15 Segundo aspecto:

20 Es segundo aspecto presenta una etapa 1-1 diseñada para calentar la lámina sustrato hasta semicurar la resina termoendurecible, una etapa 1-2 diseñada para precalentar los materiales metálicos hasta una temperatura superficial superior a 180 °C, pero no superior a 400 °C, y una etapa 2 diseñada para moldear la lámina sustrato, cuya resina termoendurecible se ha semicurado, y los materiales metálicos, que se han precalentado, en un material compuesto metálico mediante compresión.

25 En la etapa 1-1, la lámina sustrato se calienta para semicurar su resina termoendurecible. La temperatura a la que se calienta la lámina sustrato en la etapa 1-1 es preferentemente de 100 a 180 °C. No existen restricciones específicas sobre el método de calentamiento, y un calentador u horno cuya temperatura ambiente se ajusta a la temperatura anterior o bien, por ejemplo, se puede utilizar una antorcha. Como alternativa, la lámina sustrato se puede calentar mediante el contacto con el molde usado en la etapa 2.

30 En la etapa 1-2 del método de fabricación de la presente invención, los materiales metálicos se precalientan hasta una temperatura superficial superior a 180 °C, pero no superior a 400 °C, preferentemente de 200 a 300 °C, más preferentemente de 200 a 250 °C.

35 No existen restricciones específicas sobre el método para precalentar los materiales metálicos en la etapa 1-2 y están disponibles una variedad de métodos. Los ejemplos incluyen, el uso de las mismas técnicas que en la etapa 1-1, inserción en una prensa caliente, y calentamiento directo desde el exterior usando un calentador por inducción electromagnética o un calentador halógeno.

40 No existen restricciones específicas sobre cómo realizar el calentamiento de la etapa 1-1 y de la etapa 1-2, pero es preferible utilizar diferentes piezas de equipo desde el punto de vista de seleccionar un método de calentamiento óptimo para cada tipo de material, aunque esto no excluye la utilización de los mismos equipos.

45 Desde el punto de vista de mejorar adicionalmente la productividad, es preferible que la etapa 1-1 y la etapa 1-2 se realicen en paralelo, y también es preferible que la etapa 1-1 y la etapa 1-2 se completen virtualmente a la vez. Esto posibilita minimizar las pérdidas de tiempo en producción.

50 En la etapa 2, un estratificado que comprende una lámina sustrato o sustratos y un material metálico se moldea a la forma deseada mediante compresión en el interior de un molde que tiene una temperatura superficial de 180 °C o menos. Aunque no existen restricciones especiales respecto a la temperatura superficial del molde de la etapa 2, es preferentemente de 100 °C o más, más preferentemente de 130 °C o más. Si la temperatura de la superficie del molde es demasiado baja, la temperatura superficial de la preforma y/o de los materiales metálicos no aumenta lo suficiente cuando entran en contacto con el molde, dificultando moldear la preforma a la forma deseada. Si, por otra parte, es demasiado elevada, el consumo de energía resulta excesivo, lo que aumenta el coste.

55 Es preferible que los materiales metálicos que se han calentado en la etapa 1-2 se pasen a la etapa 2 mientras la temperatura de su superficie está por encima de 180 °C, más preferentemente de 200 a 300 °C. Antes de moldearse a un material compuesto metálico, la preforma que comprende e integra una lámina sustrato o sustratos y el material metálico se puede formar, por ejemplo, de la forma que se muestra a continuación. Aunque la etapa 2 se puede llevar a cabo en un molde diferente al de la etapa 1-1, es preferible que estas se lleven a cabo en el mismo molde.

60 Es preferible que, en la etapa 2, la preforma se moldee aplicando una presión de, por ejemplo, 3 a 30 MPa, más preferentemente de 5 a 25 MPa. Dicho moldeo por compresión facilita el moldeo, incluso el de una forma complicada. También es preferible que la presión se mantenga hasta que la preforma se ha moldeado a la forma deseada, aunque se puede reducir posteriormente.

65

Es preferible que, en la etapa 2 y/o la etapa 3, la resina termoendurecible se cura hasta que alcanza el estado curado. Por ejemplo, la resina termoendurecible se puede curar manteniendo la preforma en el interior del molde incluso después de que la preforma se haya moldeado a la forma deseada. En este sentido, no existen restricciones específicas sobre la duración de la pausa, pero cuanto más corta sea, mejor será desde el punto de vista de la productividad, por ejemplo, preferentemente de hasta 10 minutos, más preferentemente de hasta 3 minutos, y lo más preferentemente de hasta 1 minuto.

Es preferible que, desde el punto de vista de la reacción de curado, la temperatura de mantenimiento sea de 180 °C o menos, más preferentemente de 160 °C o menos, en términos de la temperatura de la lámina sustrato. El efecto ventajoso se puede obtener permitiendo que la reacción de curado progrese lo suficiente en la etapa 1, y acortando de esta forma la duración del mantenimiento.

El método de fabricación de la presente realización también puede incorporar una etapa 4 diseñada para proporcionar un curado posterior después del desmoldeo. Las ventajas de incorporar la etapa 4 incluyen, por ejemplo, un acortamiento de la duración del mantenimiento de la preforma en el interior del molde. El método de curado posterior puede ser cualquier método capaz de curar una resina termoendurecible, de forma que se pueden utilizar métodos generalmente conocidos, tales como desmoldear el material compuesto metálico en el interior de una secadora u horno calentado a una temperatura predeterminada.

Adicionalmente, se puede proporcionar a un borde de la preforma un tratamiento de doblado o de cierre mecánico en la etapa 2 del primer, segundo o tercer aspecto, o en la etapa 3 del segundo aspecto. Dicho tratamiento no solamente potencia el aspecto de los bordes del material compuesto metálico sino también refuerza la unión entre los materiales metálicos y la capa de resina curada. Este tratamiento se puede proporcionar después de la etapa 2 como etapa adicional.

La Fig. 1 es un conjunto de dibujos esquemáticos en sección que ilustran una realización del primer aspecto de un método de fabricación para materiales compuestos metálicos. Como se muestra en la Fig. 1 (a), el molde tiene un molde superior 11 y un molde inferior 12. La preforma 10 tiene una estructura en sándwich donde un material metálico 1 en forma de placa y un material metálico 3 se estratifican en ambas superficies de la lámina sustrato 2.

En la etapa 1, la preforma 10 se intercala entre el molde superior 11 y el molde inferior 12 como se muestra en la Fig. 1 (b). Aquí, tanto el molde superior 11 como el molde inferior 12 se han calentado a una temperatura superior a 180 °C, y el material metálico 1 y el material metálico 3 se calientan a una temperatura superior a 180 °C mediante el molde superior 11 y el molde inferior 12, con los que están respectivamente en contacto. La lámina sustrato 2, entre tanto, se calienta a través del material metálico 1 y el material metálico 3, y esto desencadena la reacción de curado de la resina termoendurecible incluida en la lámina sustrato 2 y lleva la resina termoendurecible hasta un estado semicurado.

A continuación, la etapa 2 se lleva a cabo usando un conjunto idéntico del molde superior 11 y el molde inferior 12. En la etapa 2, como se muestra en la Fig. 1 (c), la preforma 10 se comprime mediante el molde superior 11 y el molde inferior 12 y se va a moldear mediante deformación a la forma del molde.

La Fig. 2 es un gráfico que ilustra un ejemplo de la relación entre temperatura (lado izquierdo del eje longitudinal), duración (eje horizontal) y presión (lado derecho del eje longitudinal) según un primer aspecto de un método de fabricación para materiales compuestos metálicos. En la Fig. 2, la temperatura del molde T2 indica la temperatura superficial del molde superior 11 y el molde inferior 12. En la etapa 1 (S1), la temperatura de la superficie Tm de los materiales metálicos 1, 3 aumenta por encima de 180 °C a medida que los materiales metálicos 1, 3 se calientan como resultado de estar en contacto con un molde que se ha calentado a una temperatura superior a 180 °C (T1), T2. Esto desencadena la reacción de curado de la resina termoendurecible incluida en la lámina sustrato 2 y lleva la resina termoendurecible hasta un estado semicurado (II).

A continuación, la preforma 10 se moldea mediante compresión a una presión predeterminada en la etapa 2 (S2). En ese momento, los materiales metálicos 1, 3 se han calentado a una temperatura comparable a la temperatura del molde. Al mismo tiempo, la reacción de curado de la resina termoendurecible progresa, preferentemente directamente al estado curado (II). De forma notable, como la resina termoendurecible está en un estado semicurado, no fluye excesivamente mientras se comprime, y esto permite que una capa de resina curada 2a se forma directamente entre los materiales metálicos 1, 3.

Cuando la etapa 2 (S2) se completa, el material compuesto metálico se desmolda liberando el cierre del molde superior 11 y el molde inferior 12.

La Fig. 3 es un gráfico que ilustra un ejemplo de la relación entre temperatura (lado izquierdo del eje longitudinal), duración (eje horizontal) y presión (lado derecho del eje longitudinal) según un segundo aspecto de un método de fabricación para materiales compuestos metálicos. En la Fig. 3, las temperaturas de los moldes T2 y T3 son las temperaturas de la superficie del molde superior 11 y el molde inferior 12, respectivamente. En la etapa 1 (S1), la temperatura de la superficie Tm de los materiales metálicos 1, 3 aumenta hasta un nivel comparable a la

temperatura del molde como resultado de estar en contacto con el molde, que se ha calentado a una temperatura superior a 180 °C (T1), T2. Esto desencadena la reacción de curado de la resina termoendurecible incluida en la lámina sustrato 2 y lleva la resina termoendurecible hasta un estado semicurado.

- 5 A continuación, la preforma 10 se moldea mediante compresión a una presión predeterminada en la etapa 2 (S2). Durante este proceso, como la resina termoendurecible está en un estado semicurado (I), no fluye excesivamente mientras se comprime, y esto permite que una capa de resina curada 2a se forma directamente entre los materiales metálicos 1, 3.
- 10 A continuación de la etapa 2 (S2), la temperatura del molde se reduce a una temperatura de 180 °C o menos (T3) manteniendo al mismo tiempo la presión aplicada. En la etapa 3 (S3), la resina termoendurecible alcanza el estado curado (II) a medida que los materiales metálicos 1, 3 se mantienen a una temperatura de superficie de T3 durante un determinado periodo de tiempo. Es preferible que el periodo de tiempo en el cual la temperatura superficial de los materiales metálicos 1, 3 comienza a disminuir tras alcanzar un punto superior a 180 °C en la etapa 2 (S2) y el tiempo en que disminuye por debajo de 180 °C no sea superior a 3 minutos.
- 15

Cuando la etapa 3 (S3) se completa, el material compuesto metálico se desmolda liberando el cierre del molde superior 11 y el molde inferior 12.

- 20 La Fig. 4 es un conjunto de dibujos esquemáticos en sección que ilustran otra realización la presente invención con respecto a los métodos de fabricación de materiales compuestos. En la etapa 1-1, una lámina sustrato 2 se calienta mediante el contacto con el molde inferior 12 como se muestra en la Fig. 4 (a-1). En la etapa 1-2, que preferentemente se realiza en paralelo con la etapa 1-1, un material metálico 1 en forma de placa se precalienta dentro de un horno eléctrico como se muestra en la Fig. 4 (a-2).

- 25 En la etapa 2, el material metálico 1 precalentado se estratifica sobre la lámina sustrato 2, y el estratificado se mantiene entre el molde superior 11 y el molde inferior 12 para formar una preforma 10 como se muestra en la Fig. 4 (b). A continuación, la preforma 10 se comprime mediante el molde superior 11 y el molde inferior 12 como se muestra en la Fig. 4 (c) y se moldea en un material compuesto metálico, presentando una capa de resina curada 2a que se ha formado a partir de la lámina sustrato 2a mediante conformación a la forma del molde.
- 30

- La Fig. 5 es un gráfico que ilustra otro ejemplo de la relación entre temperatura (lado izquierdo del eje longitudinal), duración (eje horizontal) y presión (lado derecho del eje longitudinal) según un método de fabricación para materiales compuestos metálicos. En la Fig. 5, la temperatura del molde T2 es la temperatura superficial del molde superior 11 y el molde inferior 12. En la etapa 1-2 (S12), el material metálico 1 se precalienta hasta una temperatura superficial superior a 180 °C en el interior de un horno eléctrico EF. Al mismo tiempo, la lámina sustrato 2 se calienta en la etapa 1-1 (S11), sujeta entre el molde superior 11 y el molde inferior 12 para semicurar su resina termoendurecible.
- 35

- 40 A continuación, en la etapa 2, la lámina sustrato 2 y el material metálico 1 se moldean mediante compresión a una presión predeterminada en el interior de un molde configurado a una temperatura superficial de 180 °C o menos. De forma notable, como la resina termoendurecible está en un estado semicurado, no fluye excesivamente mientras se comprime, y esto permite que una capa de resina curada 2a se forme directamente a lo largo del material metálico 1. Durante este proceso, la temperatura superficial del material metálico 1 disminuye a 180 °C o menos. Este estado se mantiene durante un periodo de tiempo determinado, y la resina termoendurecible alcanza el estado curado.
- 45

Cuando la etapa 2 se completa, el material compuesto metálico se desmolda liberando el cierre del molde superior 11 y el molde inferior 12.

- 50 Dicho método de fabricación posibilita acortar el periodo de tiempo durante el que el molde se utiliza para moldear el material compuesto metálico instalando el mecanismo de precalentamiento y el mecanismo de moldeo diferentes piezas del equipo. Por este motivo, constituye un método de fabricación de elevada productividad cuando se aplica al moldeo continuo, basándose en una línea de producción, etc.

- 55 Como el método de fabricación de la presente realización semicura la resina termoendurecible durante la etapa 1 y/o la etapa 1-1, puede evitar el flujo de material en exceso, tal como la resina que fluye al exterior del molde durante un procesamiento en caliente del metal durante la etapa 2, debido a la presión aplicada como parte del proceso, mientras desarrolla una estructura fuertemente unida que comprende un material metálico 1 y una capa de resina curada 2a.
- 60

- Hablando de manera general, es difícil moldear un material metálico en una forma compleja durante el procesamiento de metal caliente a una temperatura de 180 °C o inferior debido a la baja moldeabilidad del metal. Sin embargo, el método de fabricación de la presente realización posibilita moldear fácilmente un material metálico en una forma compleja ya que puede reblandecer lo suficiente el material metálico calentándolo a una temperatura superior a 180 °C.
- 65

La Fig. 6 es un dibujo esquemático en sección de una realización de la presente invención con respecto a métodos de fabricación para materiales compuestos metálicos. Como se muestra en la Fig. 6, etapa 2, "moldeo" no implica necesariamente una deformación de un material metálico, y puede incluir la unión de un material metálico 1 en forma de placa y un material metálico 3 en forma de placa mediante una lámina sustrato 2 por compresión, lo que les permite mantener sus formas planas a través del proceso.

Material compuesto metálico:

El material compuesto metálico producido usando el método de fabricación de la presente realización se basa en materiales metálicos y una capa de resina curada intercalada entre los materiales metálicos. Aquí, la capa de resina curada es una capa creada mediante el curado de la resina termoendurecible incluida en la lámina sustrato mediante calentamiento.

Un ejemplo del método de fabricación de la presente realización posibilita formar una estructura de unión entre los materiales metálicos y la capa de resina curada, y esto se puede atribuir parcialmente a la presencia de irregularidades finas o gruesas sobre la superficie de los materiales metálicos diseñados para rellenarse con la resina termoendurecible y generar de esta forma un agarre adicional tras el curado de la resina y a un enlace químico mejorado entre la resina termoendurecible y los materiales metálicos porque se produce una reacción de curado a una temperatura relativamente elevada.

Es preferible que la fuerza de unión entre los materiales metálicos y la capa de resina curada sea de 10 MPa o más, más preferentemente 20 MPa o más. Estas cifras indican que un material compuesto metálico que integra materiales metálicos juntos o materiales metálicos y otras piezas estructurales mediante una capa o capas de resina curada tiene una fuerza de unión adecuada, de acuerdo con los entornos o aplicaciones de uso.

Si la fuerza de unión es de 10 MPa o más, existe una fuerza de unión aplicada durante las aplicaciones donde se usaría un adhesivo general como medio alternativo para producir la unión, y el material compuesto metálico tiene mejor durabilidad que el que utiliza un adhesivo. Si la fuerza de unión es de 20 MPa o más, existe una fuerza de unión aplicada durante las aplicaciones que implican un entorno de uso riguroso, y el material compuesto metálico tiene mejor durabilidad que el que utiliza un adhesivo estructural.

La fuerza de unión se puede medirse utilizando métodos conocidos de una forma general, tales como el JIS

ensayo de resistencia a la tracción de la unión adhesiva K 6849. Sin embargo, si el material compuesto metálico tiene una forma compleja, a veces es difícil de realizar un ensayo de fuerza de unión basado en normas conocidas. En esos casos, es posible obtener una indicación aproximada de la fuerza de unión de un material compuesto metálico con respecto a la fuerza de unión de un adhesivo cuya fuerza de unión se conoce recortando una probeta del material compuesto metálico, uniendo ambos extremos a un portapiezas y realizar un ensayo de fuerza de unión a través del portapiezas. En concreto, si el portapiezas se rompe por la capa adhesiva, la fuerza de unión del material compuesto metálico, como regla general, se considera mayor que la del adhesivo. Si, por otra parte, se rompe por despegado del material compuesto metálico, la fuerza de unión del material compuesto metálico, como regla general, se considera menor que la del adhesivo.

Es también preferible que el material compuesto A esté provisto de al menos un tipo de tratamiento de conformado seleccionado entre ahusamiento, ranurado, taladrado y emparejamiento de juntas, donde la pieza B se une al material compuesto metálico A por encaje en dicha forma. Para obtener un chasis para equipos electrónicos de alta rigidez, es muy importante que el material compuesto metálico A y la pieza B de resina termoplástica está fuertemente unida, y desde este punto de vista, es preferible que el material compuesto metálico A y la pieza B se integren como resultado del fluido de la pieza B al interior de la zona ahusada, ranuras, orificios, o plantilla de unión.

Aunque no existen restricciones especiales respecto a la forma en que el material compuesto metálico A asume desde el tratamiento de ahusado, ranurado, taladrado o unión de juntas, es preferible que, desde el punto de vista de mantener la rigidez del material compuesto metálico A, en área utilizada para dicho tratamiento sea un 50 % o menos, más preferiblemente 30 % o menos, que el área total del material compuesto A. Si dicho tratamiento implica un área demasiado grande, da lugar al riesgo de reducir demasiado la rigidez del material compuesto metálico A.

Los campos de aplicación de los materiales compuestos metálicos incluyen, por ejemplo, piezas para el cuerpo de aeronaves, piezas para el cuerpo de vehículos, piezas para el cuerpo de motocicletas, piezas para embarcaciones, piezas mecánicas para máquinas, piezas para ingeniería civil, materiales de construcción, y piezas para equipos electrónicos. A la vista de su efecto potenciador de la productividad, los materiales compuestos metálicos se utilizan ventajosamente en piezas para el cuerpo de vehículos, y debido a sus excelentes efectos sobre la ligereza de peso, características mecánicas, comportamiento frente a la radiación térmica, y así sucesivamente, se utilizan incluso más ventajosamente en chasis para equipos electrónicos.

Chasis para equipos electrónicos:

Un chasis para equipos electrónicos consta de una parte estructural que integra un material compuesto metálico A, obtenido con el método de fabricación de la presente invención, y una pieza B formada por la resina termoplástica b.  
 5 La pieza B formada por una resina termoplástica b puede ser una pieza de forma compleja que comprende al menos un tipo seleccionado entre un cubo, arista, bisagra, bastidor, base para teclado, pared vertical, y asiento. Como la pieza B, que está unida al material compuesto metálico, está compuesta por una resina termoplástica b, que es adecuada para su moldeo en una forma compleja, se le puede proporcionar una forma incluso más compleja que la de un material compuesto metálico.

10 La Fig. 7 es un dibujo en perspectiva esquemático de un ejemplo de un chasis para equipos electrónicos de la presente invención. En la Fig. 7, el chasis para equipos electrónicos 33 se ha formado a partir de la pieza B, compuesta por la resina termoplástica b, y un material compuesto metálico 31 (material compuesto metálico A) de la presente invención mediante moldeo integrado.

15 Pieza B constituida por la resina termoplástica b:

Los ejemplos de resina termoplástica en la pieza B constituida de una resina termoplástica b incluyen poli(tereftalato de polietileno) (PET), poli(tereftalato de butileno) (PBT), poli(tereftalato de trimetileno) (PTT), naftalato de polietileno, resina de tipo poliéster, tal como un poliéster de cristal líquido, polietileno (PE), polipropileno (PP), poliolefina, tal como polibutileno, resina de tipo estireno, y resina de uretano, así como polioximetileno (POM), poliamida (PA), policarbonato (PC), poli(metacrilato de metilo) (PMMA), poli(cloruro de vinilo) (PVC), poli(sulfuro de fenileno) (PPS), poli(éter de fenileno) (PPE), PPE modificado, poliimida (PI), poliamida-imida (PAI), polieterimida (PEI), polisulfona (PSU), PSU modificada, polietersulfona (PES), policetona de poliacrílico butadieno (PK), poliéter cetona (PEK), poliéter éter cetona (PEEK), poliéter cetona (PEKK), polialilato (PAR), poliéter nitrilo (PEN), resina fenólica y resina de fenoxi. Otras elecciones de resina termoplástica incluyen un copolímero o compuesto modificado de cualquiera de las resinas anteriores y/o una combinación de dos o más.

Es preferible que, para fines específicos, uno, dos o más de las resinas termoplásticas anteriores está incluida en la resina termoplástica b en un 60 % en peso o más. Desde el punto de vista de la fuerza y la resistencia al impacto del moldeo, la poliamida (PA) y el poliéster se utilizan ventajosamente. Desde el punto de vista de resistencia térmica y la resistencia química, el polisulfuro de arileno, especialmente el polisulfuro de fenileno (PPS), se utiliza ventajosamente. Desde el punto de vista del aspecto y la estabilidad dimensional del moldeo (por ejemplo, una pieza de un chasis para equipos electrónicos), el policarbonato (PC) y una resina de tipo estireno se utilizan de forma especialmente ventajosa. Desde el punto de vista de la moldeabilidad y la ligereza, una resina de tipo poliolefina, por ejemplo, una resina de polipropileno, es la preferida. Desde el punto de vista de la fuerza de la piza moldeada, una resina de poliamida es especialmente ventajosamente utilizada.

Para mejorar la resistencia al impacto de la resina termoplástica, se puede añadir un elastómero o componente de caucho. Esto proporciona un efecto protector para las piezas electrónicas internas, piezas de cristal líquido, etc. contra un impacto asociado con una caída del chasis para equipos electrónicos.

Para mejorar la resistencia y la rigidez de la pieza moldeada, se pueden añadir fibras de refuerzo. Los ejemplos incluyen aglomerados de resina termoplástica reforzada con fibra, tales como aglomerados reforzados con fibras largas y aglomerados reforzados con fibras cortas, un compuesto moldeado con una lámina termoplástica (TH-SMC), material termoplástico reforzado con una esterilla de fibra de vidrio (GMT), y resina termoplástica que contiene una esterilla de fibras de carbono.

La adición de fibras de refuerzo a una resina termoplástica posibilita obtener no solamente un chasis para equipos electrónicos/eléctricos con elevada rigidez, sino también una pieza B con poco acortamiento y con una precisión dimensional elevada, y esto, a su vez, es compatible con el diseño de precisión. Las fibras de refuerzo a añadir la resina termoplástica se pueden seleccionar mediante la aplicación del mismo tipo de filosofía que para las fibras añadidas a una lámina sustrato.

Además de las fibras de refuerzo, la resina termoplástica también puede incluir cargas y aditivos, según sea necesario dependiendo de la aplicación, etc., siempre que no socave los objetivos de la presente invención. Los ejemplos de una carga o aditivo incluyen una carga inorgánica, materiales ignífugos, potenciadores de la conductividad eléctrica, agentes nucleantes de la cristalización, absorbente del ultravioleta, antioxidante, humectante, agente antibacteriano, repelente de insectos, desodorante, agente de protección del color, estabilizante térmico, agente de liberación del molde, agente antiestático, plastificante, lubricante, agente colorante, pigmentos, colorante, agente espumante, agente de control de la espumación, y agente de acoplamiento.

Capa de resina c compuesta de resina termoplástica c:

Según la presente invención, es preferible que, para unir fuertemente el material compuesto metálico A y la pieza B entre sí, una capa de resina C compuesta por la resina termoplástica c se ha formado sobre al menos parte de la

superficie del material compuesto metálico A. Esto posibilita obtener una unión química además de una unión mecánica. Aunque no existen restricciones especiales sobre la resina termoplástica c contenida, al menos parcialmente, en la piel del material compuesto metálico A, es preferible seleccionar una resina termoplástica que sea compatible con la pieza B, que está compuesta por una resina termoplástica b.

5 Desde el punto de vista de la productividad, es preferible formar la capa de resina C simultáneamente con el curado de la resina termoendurecible colocando adicionalmente una lámina sustrato que contiene una resina termoplástica c entre una pareja de moldes. Aunque no existen restricciones especiales respecto a la técnica para formar la capa de resina C, esto se puede realizar, por ejemplo, como una preforma hecha en paralelo o estratificada de la misma forma que el material metálico a1 y la lámina sustrato a2, o mediante el uso de materiales metálicos revestidos con una capa de resina C.

15 Es preferible que el punto de fusión o la temperatura de transición vítrea de la resina termoplástica c sea inferior que la de la resina termoplástica b. Aunque no existen restricciones especiales sobre la diferencia entre los puntos de fusión o las temperaturas de transición vítrea de la resina termoplástica c y la resina termoplástica b, es preferible que sea de 10 °C o más, más preferentemente de 30 °C o más. La selección de resinas termoplásticas con una relación de ese tipo permite que el calor de la pieza B constituida por la resina termoplástica b, que está en un estado fundido en el interior del molde, haga que la resina termoplástica c se reblandezca y/o se funda y quede fuertemente adherida a los materiales metálicos durante su enfriamiento en el interior del molde.

20 La Fig. 8 ilustra el procedimiento de producción de un chasis para equipos electrónicos. Como se muestra en la Fig. 8 (a), el material compuesto metálico A se introduce en el lado móvil 41 del molde. A continuación, como se muestra en la Fig. 8 (b), el lado móvil 41 del molde, donde se ha introducido el material compuesto metálico A, se mueve hacia el lado fijo 42 del molde, y el molde se cierra. Posteriormente, la resina termoplástica b, que constituye la pieza B, se inyecta desde la máquina de moldeo por inyección 43, montada sobre el lado fijo 42 del molde, al interior del molde para formar la pieza B constituida por una resina termoplástica b alrededor del material compuesto metálico A de una forma integrada. Tras completar el moldeo, el lado móvil 41 del molde se desplaza como se muestra en la Fig. 8 (d), seguido por la eyección de la pieza moldeada EH desde el molde abierto, a saber, se desmoldea.

25 30 El método para integrar el material compuesto metálico A y la pieza B no está limitado al método de moldeo por inyección. Los ejemplos de método alternativo incluyen moldeo en prensa, donde el material compuesto metálico A y la pieza B se introducen en un molde y se integran mediante calentamiento y compresión, y el soldado térmico por láser y ultrasonidos, donde el material compuesto metálico A y la pieza B, ambos conformados si se desea, se ponen en contacto entre sí y se sueldan. Sin embargo, el moldeo por inyección es preferible ya que permite que piezas de forma compleja, tal como un cubo, arista, bisagra, bastidor, base para teclado, pared vertical y asiento, se conformen fácilmente, y facilita que la resina termoplástica b que constituye la pieza B fluya al interior de los rebajes del diseño creados sobre la superficie del material compuesto metálico A mediante un tratamiento de ahusado, ranurado, taladrado o unión de juntas, así como en los poros introducidos sobre las superficies de los materiales metálicos.

35 40 Es preferible que los poros introducidos sobre las superficies de los materiales metálicos utilizados en un chasis para equipos electrónicos se rellenen con al menos un tipo de resina seleccionada entre la resina termoendurecible que constituye la lámina sustrato a1, la resina termoplástica b, y la resina termoplástica c. La entrada de la resina en los poros introducidos sobre las superficies de los materiales metálicos resultantes de, por ejemplo, la compresión durante la preparación de un material compuesto metálico y la inyección de resina durante la preparación de un chasis para equipos electrónicos mejora la fuerza de unión entre los materiales metálicos y diferentes resinas.

45 50 Es preferible que la Pieza B constituida por la resina termoplástica b, que forma parte de un chasis para equipos electrónicos, tenga una resistencia volumétrica específica de  $10^4 \Omega \cdot \text{cm}$  o más desde el punto de vista de proporcionar características de antena. Aunque no existen restricciones especiales sobre el material que tiene este tipo de resistencia volumétrica específica, se puede seleccionar aplicando el mismo tipo de filosofía que para la resina termoplástica b anterior, y se pueden utilizar dos o más resinas termoplásticas b en combinación.

55 60 Como se muestra en la Fig. 9, por ejemplo, puede ser posible situar una pieza 51 constituida de una resina termoplástica b con una resistencia volumétrica específica de  $10^4 \Omega \cdot \text{cm}$  o más cerca de la pieza 53 de antena que forma parte del material compuesto metálico A en un chasis para equipos electrónicos 33, con una pieza 52 constituida por una resina termoplástica b diferente utilizada en otros lugares. No se aplican restricciones especiales a la disposición real, y existen pocas formas de colocar diferentes piezas B con respecto al material compuesto metálico A, incluyendo el moldeo de diferentes piezas B en múltiples rondas introduciendo materiales ficticios y el uso de piezas moldeadas multicolores, donde diferentes colores se asignan a diferentes piezas B.

Aunque se han descrito anteriormente las realizaciones preferidas de la presente invención, la presente invención no se limita a dichas realizaciones.

65

## Ejemplos

La presente invención se describe en términos más concretos usando ejemplos. Sin embargo, la presente invención no se limita a dichos ejemplos.

5

Ejemplo 1-(1):

Preparación de la composición de resina termoendurecible:

10 Usando la relación de mezclado mostrada en la Tabla 1, se preparó una composición de resina a partir de "Epikote" 828, "Epikote" 834, "Epikote" 1001 (todas ellas resinas epoxi de tipo bisfenol A, fabricadas por Japan Epoxy Resins Co., Ltd.) y "Epikote" 154 (una resina epoxi de tipo fenol novolac, fabricadas por Japan Epoxy Resins Co., Ltd.) como resinas epoxi, Dicy7 (dicianamida, fabricadas por Japan Epoxy Resins Co., Ltd.) como agente de curado, y "Omicure" 24 (2,4-tolueno bis(dimetilurea), fabricada por PTI Japan Co., Ltd.) como acelerador del curado.

15

Se midió la temperatura de transición vítrea (T<sub>g</sub>) de la composición de resina preparada. La medición se realizó a una velocidad de calentamiento de 10 minutos/min de acuerdo con el método descrito en JIS K 7121 usando Pyris 1DSC (un equipo de calorimetría de barrido diferencial, fabricado por PerkinElmer Instruments Inc.). El punto medio de la sección de la curva DSC obtenida, donde muestra un cambio brusco, se tomó como la temperatura de transición vítrea. En esta medición, la temperatura de transición vítrea (T<sub>g</sub>) inicial de la composición de resina obtenida fue de 6 °C, mientras que la temperatura de transición vítrea (T<sub>g</sub>) saturada fue de 138 °C. Se consideró que esta composición de resina estaba en un estado semicurado para un intervalo de temperatura de transición vítrea (T<sub>g</sub>) entre 19 y 125 °C.

20

25 La relación entre la temperatura de calentamiento, la duración del calentamiento y la temperatura de transición vítrea (T<sub>g</sub>) de la composición de resina preparada se analizó a continuación. Con la temperatura de calentamiento fijada a 130 °C y 150 °C, la temperatura de transición vítrea (T<sub>g</sub>) se midió a medida que cambiaba la duración del calentamiento, y la temperatura de transición vítrea (T<sub>g</sub>) pasó a 138 °C en condiciones de calentamiento de 130 °C x 10 minutos, lo que indica que la composición de resina ha alcanzado el estado curado. Aquí, temperatura de calentamiento significa la temperatura superficial de las placas de la prensa entre las que se intercala la probeta para su calentamiento.

30

Preparación de la lámina sustrato:

35 La composición de resina preparada se aplicó sobre un trozo de papel de despegado utilizando un revestidor de rodillo inverso para preparar una película de resina. La película de resina tuvo una densidad de revestimiento de resina de 25 g/m<sup>2</sup>.

40 Un prepreg unidireccional de prepreg reforzado con fibra continua (CF-PPg) que contiene 125 g de fibras por m<sup>2</sup> se preparó introduciendo filamentos de la fibra de carbono Torayca (marca comercial registrada) T700SC-12K-50C (fabricada por Toray Industries, Inc, resistencia a la tracción 4900 MPa y módulo de elasticidad 230 GPa) en una dirección para formar una forma de lámina, estratificando una película de resina sobre la lámina de fibra de carbono desde ambos lados, e impregnándola con la composición de resina mediante calentamiento y compresión.

45 Cuatro láminas de prepreg rectangulares de un tamaño predeterminado se recortaron del prepreg preparado. Tras designar la dirección del lado más largo de cada lámina de prepreg rectangular recortada como 0°, las cuatro láminas se estratificaron simétricamente de tal manera que sus fibras de refuerzo continuas estuvieran orientadas en las direcciones [0°/ 90°/ 90°/ 0°], produciendo de esta forma una lámina sustrato de 0,5 mm de espesor. Durante el proceso de estratificación, se introdujo un termopar (termopar K) entre las capas a 90° del sustrato prepreg.

50

Con un equipo de moldeo en prensa, la lámina sustrato se montó sobre una placa con una temperatura superficial de 130 °C y simultáneamente se calentó y se comprimió a 1 MPa durante 10 minutos. Cuando se midió la temperatura de transición vítrea (T<sub>g</sub>) de la pieza moldeada usando un método similar al anteriormente descrito, se encontró que era de 137 °C, confirmando de esta forma que la resina estaba en un estado curado.

55

Preparación de la preforma:

60 A continuación, Placas de aleación de aluminio de 0,5 mm de espesor (A5052) sobre cuya superficie se había aplicado un tratamiento con chorro de arena, se proporcionaron para su uso como materiales metálicos. Sobre las superficies de las placas de aleación de aluminio se observaron numerosos poros con un tamaño promedio de 30 μm.

65 La lámina sustrato preparada y los materiales metálicos se estratificaron en el orden material metálico/lámina sustrato/material metálico para producir una preforma. Durante el proceso de estratificación, un termopar (termopar K) se conectó a la superficie de uno de los materiales metálicos mediante una cinta adhesiva resistente al calor.

Producción del material compuesto metálico:

Como se muestra en la Fig. 1 (b), la preforma 10 se coloca entre el molde superior 11 y el molde inferior 12 y se mantiene a una presión de 0,5 MPa. Tanto el molde superior 11 como el molde inferior 12 tienen una temperatura superficial de 220 °C.

Aproximadamente 1 minuto después de introducir la preforma 10 dentro de un molde en la etapa 1, se comprimió a 10 MPa mediante el molde superior 11 y el molde inferior 12 en la etapa 2. Durante este proceso, la temperatura de los materiales metálicos 1, 3 fue 210 °C y la temperatura de la lámina sustrato 2 fue 150 °C. De acuerdo con las correlaciones entre la temperatura de calentamiento, la duración del calentamiento y la temperatura de transición vítrea (Tg), se encontró que la temperatura de transición vítrea (Tg) era 115 °C, que era el 82 % de la temperatura de transición vítrea (Tg) saturada, y esto indica que la resina estaba en un estado semicurado. El gráfico de la Fig. 2 muestra cómo la temperatura de los materiales metálicos 1, 3 y la presión de compresión cambian con el tiempo.

Después de aproximadamente 2 minutos de compresión, el molde se abre, y se extrae del mismo el material compuesto metálico A. En el material compuesto metálico A obtenido, los materiales metálicos 1, 3 estaban fuertemente unidos debido a la capa de resina curada 2a, de tal forma que eran difíciles de separar de forma manual. Adicionalmente, no se produjo un alineamiento incorrecto entre los dos materiales metálicos 1, 3, y se obtuvo un material compuesto metálico A de 1,5 mm de espesor sin acortamiento ni pandeo. El material compuesto metálico A se sometió a una medición de fuerza de unión que se describe más adelante, y se obtuvo una fuerza de unión de 16 MPa. Tras completar el ensayo de unión, se recortó una probeta de la capa de resina curada 2a, que se habían formado entre los materiales metálicos 1, 3, y se midió su temperatura de transición vítrea (Tg) para la que se encontró un valor de 137 °C, confirmando que la resina estaba en un estado curado. Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 1-(1) se muestra en la Tabla 1 y en la Tabla 2.

Ejemplo 1-(2):

Preparación de la preforma:

Para su uso como materiales metálicos, se proporcionaron placas de aleación de magnesio de 0,5 mm de espesor (AZ31) sobre cuya superficie se había aplicado un tratamiento con chorro de arena. Sobre las superficies de las placas de aleación de magnesio se observaron numerosos poros con un tamaño promedio de 50 µm. Usando la misma lámina sustrato que en el Ejemplo 1-(1), se produjo una preforma de la misma manera que en el Ejemplo 1-(1).

Producción de material compuesto:

Como se muestra en la Fig. 1 (b), la preforma 10 se introduce entre el molde superior 11 y el molde inferior 12 y se mantiene a una presión de 0,5 MPa. Tanto el molde superior 11 como el molde inferior 12 tienen una temperatura superficial de 210 °C.

Aproximadamente 1 minuto después de introducir la preforma 10 dentro de un molde en la etapa 1, se comprimió a 15 MPa con el molde superior 11 y el molde inferior 12 en la etapa 2. Durante este proceso, la temperatura de los materiales metálicos 1, 3 fue 200 °C y la temperatura de la lámina sustrato 2 fue 140 °C. La temperatura de transición vítrea (Tg) de la resina termoendurecible era de 108 °C, que era el 77 % de la temperatura de transición vítrea (Tg) saturada, y esto indica que la resina estaba en un estado semicurado.

Después de aproximadamente 2 minutos de compresión, el molde se abre, y se extrae del mismo el material compuesto metálico A. No se produjo un alineamiento incorrecto entre los dos materiales metálicos 1, 3, y se obtuvo un material compuesto metálico A de 1,5 mm de espesor sin defectos superficiales tales como arrugas, agrietamiento o desgarro. En el material compuesto metálico A obtenido, los materiales metálicos 1, 3, que presentaba rebajes diseñados sobre sus superficies, estaban fuertemente unidos debido a la capa de resina curada 2a, de tal forma que eran difíciles de separar de forma manual. Se realizó una medición de la fuerza de unión de la misma manera que en el Ejemplo 1-(1), y se encontró que la fuerza de unión era de 18 MPa. Tras completar el ensayo de unión, se recortó una probeta de la capa de resina curada 2a, que se habían formado entre los materiales metálicos 1, 3, y se midió su temperatura de transición vítrea (Tg) para la que se encontró un valor de 137 °C, confirmando que la resina estaba en un estado curado. Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 1-(2) se muestra en la Tabla 1 y en la Tabla 2.

Ejemplo 1-(3):

Usando el mismo método que en el Ejemplo 1-(1), salvo que se tomaron como materiales metálicos placas de aleación de aluminio de 0,5 mm de espesor (A5052) sobre cuyas superficies se había aplicado un tratamiento de alumita, se produjo y se evaluó un material compuesto metálico. Sobre las superficies de las placas metálicas se observaron numerosos poros con un tamaño promedio de 0,05 µm. Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 1-(3) se muestran en la Tabla 1 y en la Tabla 2.

Ejemplo 1-(4): Preparación de la lámina sustrato:

Usando la composición de resina termoendurecible preparada en la composición preparada en el Ejemplo 1-(1), se preparó una película de resina. La película de resina tuvo una densidad de revestimiento de resina de 50 g/m<sup>2</sup>.

5 Usando el mismo método que en el Ejemplo 1-(1), salvo que la película de resina anterior se tomó como la lámina sustrato, se produjo y se evaluó un material compuesto metálico. Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 1-(4) se muestran en la Tabla 3 y en la Tabla 4.

Ejemplo 1-(5):

10

Preparación de la preforma:

Usando el mismo método que en el Ejemplo 1-(1), salvo que la preforma se preparó como un estratificado bicapa en una configuración de material metálico/lámina sustrato usando la lámina sustrato y el material metálico preparados en el Ejemplo 1-(1) y en que la temperatura superficial del molde inferior se ajustó a 150 °C, se produjo y se evaluó un material compuesto metálico. Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 1-(5) se muestran en la Tabla 3 y en la Tabla 4.

15

Ejemplo 1-(6):

20

Usando el mismo método que en el Ejemplo 1-(1), salvo que, aproximadamente 0,5 minutos después de introducir la preforma 10 dentro de un molde en la etapa 1, se comprimió durante aproximadamente un minuto en la etapa 1-2, se produjo un material compuesto metálico. Después de este minuto de compresión, o valor aproximado, el molde se abre, y se extrae del mismo el material compuesto metálico, seguido de 10 minutos de periodo de curado posterior realizado por introducción del material compuesto metálico en un horno de aire caliente cuya temperatura ambiente se había ajustado a 150 °C. El material compuesto metálico obtenido se evaluó de la misma forma que en el Ejemplo 1-(1). Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 1-(6) se muestran en la Tabla 3 y en la Tabla 4.

25

Ejemplo 1-(7):

30

Usando una resina de benzoxazina de tipo F-a (fabricada por Shikoku Chemicals Corporation) como resina de benzoxazina y DY9577 (un complejo de tricloruro de boro con octilamina, fabricado por Huntsman Advanced Materials GmbH) como catalizador ácido, se preparó una composición de resina, en la relación de mezclado en masa indicada en la Tabla 17. Salvo que esta composición de resina se tomó como la resina termoendurecible para producir una lámina sustrato, se utilizó el mismo método que en el Ejemplo 1-(1). De los resultados de las medidas de viscosidad realizadas con un viscosímetro, se calculó el grado de curado de la resina, y se descubrió que la resina había estado en un estado semicurado en la etapa 1. Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 1-(7) se muestran en la Tabla 5 y en la Tabla 6.

35

40

Ejemplo 1-(8):

Se usó la misma configuración que en el Ejemplo 1-(1), salvo que, como resina fenólica, la PHENOLITE (marca comercial registrada) 5010 (una resina fenólica de tipo resol, fabricada por DIC) se suministró y se utilizó como la resina termoendurecible para preparar una lámina sustrato. Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 1-(8) se muestran en la Tabla 5 y en la Tabla 6.

45

Ejemplo 1-(9):

Usando el mismo método que en el Ejemplo 1-(1), salvo que se tomaron como materiales metálicos placas de aleación de aluminio de 0,2 mm de espesor (Ti-6Al-4V) sobre cuya superficie se había aplicado un tratamiento con chorro de arena, y en que la temperatura superficial del molde y la presión de moldeo se configuraron a 240 °C y 15 MPa, respectivamente, se produjo y se evaluó un material compuesto metálico. Sobre las superficies de los materiales metálicos se observaron numerosos poros con un tamaño promedio de 15 µm. Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 1-(9) se muestra en la Tabla 5 y en la Tabla 6.

50

55

Ejemplo 1-(10):

Usando el mismo método que en el Ejemplo 1-(1), salvo que la temperatura de los moldes superior e inferior se ajustó a 190 °C, se produjo y se evaluó un material compuesto metálico. La temperatura superficial de los materiales metálicos de la etapa 1 fue 185 °C. Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 1-(10) se muestra en la Tabla 7 y en la Tabla 8.

60

Ejemplo 1-(11):

Se suministró una placa de material metálico de aleación de aluminio en forma de U que se muestra en la Fig. 10 (a), preparada doblando cada uno de un par de lados opuestos hasta una forma de L de casi 90°. Se preparó una preforma colocando una lámina sustrato que es idéntica a la del Ejemplo 1-(5) que se ilustra como 1-(5) en la Fig. 10 (b) y doblando la pata vertical de la forma de L. Salvo por estas condiciones, el moldeo se realizó de la misma manera que en el Ejemplo 1-(5). La pata vertical de la forma de L, que se ha doblado hacia adentro, se aplanó a medida que quedaba comprimida por el molde, y esto proporcionó un material compuesto metálico con bordes doblados. Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 1-(11) se muestran en la Tabla 7 y en la Tabla 8.

Ejemplo 1-(12):

Se usó la misma configuración que en el Ejemplo 1-(1), salvo que se tomaron como materiales metálicos placas de aluminio industrial puro (A1100). Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 1-(12) se muestran en la Tabla 9 y en la Tabla 10.

Ejemplo 1-(13):

Se usó la misma configuración que en el Ejemplo 1-(9), salvo que se tomaron como materiales metálicos placas de titanio industrial puro (KS40). Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 1-(13) se muestran en la Tabla 9 y en la Tabla 10.

Ejemplo comparativo 1-(1):

Preparación de la preforma:

Usando el mismo método que en el Ejemplo 1-(1), salvo que la resina termoendurecible se mezcló en la relación en masa de la composición indicada en la Tabla 11, se produjo un material compuesto metálico.

Aquí, con un equipo de moldeo en prensa, la lámina sustrato se montó sobre una placa con una temperatura superficial de 130 °C y simultáneamente se calentó y se comprimió a 1 MPa durante 10 minutos. Se midió la temperatura de transición vítrea (Tg) de la resina del material compuesto metálico y se obtuvo un valor de 75 °C. Puesto que esta temperatura de transición vítrea (Tg) era un 52 % de la temperatura de transición vítrea (Tg) saturada, se confirmó que la resina estaba en un estado semicurado.

Producción del material compuesto metálico:

Como se muestra en la Fig. 1 (b), la preforma 10 se introduce entre el molde superior 11 y el molde inferior 12 y se mantiene a una presión de 0,5 MPa.

Aproximadamente 1 minuto después de introducir la preforma 10 dentro de un molde en la etapa 1, se comprimió a 10 MPa mediante el molde superior 11 y el molde inferior 12 en la etapa 1-2. Durante este proceso, la composición de resina rebotó de la línea de separación del molde.

Después de aproximadamente 2 minutos de compresión, el molde se abre, y se extrae del mismo el material compuesto metálico A. Se produjo un alineamiento incorrecto entre los materiales metálicos, mientras que parte de la lámina sustrato sobresalía de los materiales metálicos. Por tanto, no se pudo obtener el material compuesto metálico deseado. Además, cuando se expulsó el material compuesto metálico del molde, se descubrió que los materiales metálicos se habían pegado al molde, dificultando el desmoldeo como material compuesto. Por este motivo, fue imposible medir la fuerza de unión. Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo comparativo 1-(1) se muestra en la Tabla 11 y en la Tabla 12.

Ejemplo comparativo 1-(2):

Usando la preforma del Ejemplo 1-(2), se produjo un material compuesto metálico.

Producción del material compuesto metálico:

Como se muestra en la Fig. 1 (b), la preforma 10 se introduce entre el molde superior 11 y el molde inferior 12 y se mantiene a una presión de 0,5 MPa. Usando el mismo método que en el Ejemplo 1-(2), salvo que la temperatura superficial tanto del molde superior 11 como del molde inferior 12 se ajustó a 130 °C, se produjo y se evaluó un material compuesto metálico.

En el material compuesto metálico obtenido, se produjo un alineamiento incorrecto entre los materiales metálicos, donde una pequeña parte de la lámina sustrato se había salido de los materiales metálicos. Se observaron arrugas

en la superficie del lado aplastado del material compuesto metálico asociado con esta forma ondulada, y aparecían grietas en las zonas muy aplastadas. Además, era posible separar los materiales metálicos de forma manual. Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo comparativo 1-(2) se muestra en la Tabla 11 y en la Tabla 12.

5

Ejemplo comparativo 1-(3):

El calentamiento y la compresión se realizaron siguiendo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 1-(3), salvo que se había proporcionado una preforma que contenía como materiales metálicos placas de aleación de aluminio de 1,5 mm de espesor (A5052) sobre cuya superficie se había aplicado un tratamiento con alumita y en que la presión de moldeo se había configurado a 0,5 MPa.

10

Aproximadamente 3 minutos después de introducir la preforma en un molde, se abrió el molde. Se observó que la preforma no se había conformado a la forma deseada. Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo comparativo 1-(3) se muestra en la Tabla 11 y en la Tabla 12.

15

Ejemplo 2-(1):

Se suministraron la misma lámina sustrato y materiales metálicos que en el Ejemplo 1-(1), y se preparó una preforma a partir de los mismos.

20

Producción del material compuesto metálico:

Etapas 1:

25

Como se muestra en la Fig. 1 (b), la preforma 10 se introduce entre el molde superior 11 y el molde inferior 12 y se mantiene a una presión de 0,5 MPa. Tanto el molde superior 11 como el molde inferior 12 tienen una temperatura superficial de 220 °C. Este estado se mantuvo durante aproximadamente 1 minuto, y la composición de resina quedó semicurada. Durante este proceso, la temperatura superficial de los materiales metálicos fue de 215 °C y la temperatura de la lámina sustrato fue 150 °C.

30

Basándose en las correlaciones entre la temperatura de calentamiento, la duración del calentamiento y una temperatura de transición vítrea (Tg) medida por adelantado como se ha descrito anteriormente, se estimó que la temperatura de transición vítrea (Tg) de la composición de resina contenida en el material compuesto metálico era de 115 °C. Puesto que esta temperatura de transición vítrea (Tg) era un 82 % de la temperatura de transición vítrea (Tg) saturada, se encontró que la composición de resina había estado en un estado semicurado al finalizar la etapa 1.

35

Etapas 2:

40

Después, la preforma 10 se comprimió a 10 MPa mediante el molde superior 11 y el molde inferior 12, y se produjo un material compuesto metálico.

Etapas 3:

45

Aproximadamente 1 minuto después de iniciar la compresión en la etapa 2, se hizo pasar agua de refrigeración por el molde superior 11 y el molde inferior 12 para enfriarlos a 180 °C o menos, y la configuración de temperatura cambió a 150 °C. Aproximadamente 2 minutos después del inicio del enfriamiento, la temperatura superficial de los materiales metálicos disminuye a 180 °C o menos, y posteriormente se aplicó compresión durante aproximadamente 1 minuto.

50

Desmoldeo:

El molde se abre, y se extrae del mismo el material compuesto metálico. En el material compuesto metálico A obtenido, los materiales metálicos 1, 3 estaban fuertemente unidos debido a la capa de resina curada 2a, de tal forma que eran difíciles de separar de forma manual. No se produjo un alineamiento incorrecto entre los dos materiales metálicos, y el material compuesto metálico tenía un espesor de 1,5 mm y estaba exento de alabeos y deformaciones, sin que se observara acortamiento ni pandeo. Se midió la fuerza de unión del material compuesto metálico y se obtuvo un valor de 16 MPa. Tras completar el ensayo de unión, se recortó una probeta de la composición de resina, que se intercaló entre los materiales metálicos 1, 3, y se midió su temperatura de transición vítrea (Tg) para la que se encontró un valor de 137 °C, confirmando que la composición de resina había estado en un estado curado al finalizar la etapa 3.

55

60

Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 2-(1) se muestra en la Tabla 13 y en la Tabla 14.

65

Ejemplo 2-(2):

Preparación de la preforma:

5 Para su uso como materiales metálicos, se proporcionaron placas de aleación de magnesio de 0,5 mm de espesor (AZ31) sobre cuya superficie se había aplicado un tratamiento con chorro de arena. Sobre las superficies de las placas de aleación de magnesio se observaron numerosos poros con un tamaño promedio de 50  $\mu\text{m}$ . Se preparó una preforma de la misma manera que en el Ejemplo 2-(1), salvo que los materiales metálicos se cambiaron a placas de aleación de magnesio.

10

Producción del material compuesto metálico:

Etapa 1:

15 Como se muestra en la Fig. 1 (b), la preforma 10 se introduce entre el molde superior 11 y el molde inferior 12 y se mantiene a una presión de 0,5 MPa. Tanto el molde superior 11 como el molde inferior 12 tienen una temperatura superficial de 210 °C. Este estado se mantuvo durante aproximadamente 1 minuto, y la composición de resina quedó semicurada. Durante este proceso, la temperatura superficial de los materiales metálicos fue de 210 °C y la temperatura de la lámina sustrato fue 150 °C. Basándose en las correlaciones entre la temperatura de calentamiento, la duración del calentamiento y una temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) medida por adelantado, se estimó que la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) de la composición de resina contenida en el material compuesto

20 metálico era de 180 °C. Puesto que esta temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) era un 77 % de la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) saturada, se encontró que la composición de resina había estado en un estado semicurado al finalizar la etapa 1.

25

Etapa 2:

A continuación, la preforma 10 se comprimió a 15 MPa mediante el molde superior 11 y el molde inferior 12 y se produjo un material compuesto metálico.

30

Etapa 3:

Aproximadamente 1 minuto después de iniciar la compresión en la etapa 2, se hizo pasar agua de refrigeración por el molde superior 11 y el molde inferior 12 para enfriarlos a 180 °C o menos, y la configuración de temperatura cambió a 150 °C. Aproximadamente 2 minutos después del inicio del enfriamiento, la temperatura superficial de los materiales metálicos disminuye a 180 °C o menos, y posteriormente se aplicó compresión durante aproximadamente 1 minuto.

35

Desmoldeo:

40

El molde se abre, y se extrae del mismo el material compuesto metálico. No se produjo un alineamiento incorrecto entre los dos materiales metálicos, y el material compuesto metálico tenía un espesor de 1,5 mm y una forma ondulada. El material compuesto metálico estaba exento de alabeos y deformaciones, sin defectos superficiales, tales como arrugas, agrietamientos y desgarros, observados. Los materiales metálicos estaban fuertemente unidos,

45 de forma que eran difíciles de separarlos de forma manual. Usando un método que se describe más adelante, se midió la fuerza de unión del material compuesto metálico y se obtuvo un valor de 18 MPa. Tras completar el ensayo de unión, se recortó una probeta de la composición de resina, que se intercaló entre los materiales metálicos 1, 3, y se midió su temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) para la que se encontró un valor de 137 °C, confirmando que la composición de resina había estado en un estado curado al finalizar la etapa 3.

50

Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 2-(2) se muestran en la Tabla 13 y en la Tabla 14.

Ejemplo 2-(3):

55

Para su uso como materiales metálicos, se proporcionaron placas de aleación de aluminio de 0,5 mm de espesor (A5052) sobre cuya superficie se había aplicado un tratamiento con alumita. Sobre las superficies de las placas de aleación de aluminio se observaron numerosos poros con un tamaño promedio de 0,05  $\mu\text{m}$ . Usando el mismo método que en el Ejemplo 2-(1), salvo que los materiales metálicos se cambiaron a estas placas de aleación de aluminio, se produjo y se evaluó un material compuesto metálico. Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 2-(3) se muestran en la Tabla 13 y en la Tabla 14.

60

Ejemplo 2-(4):

65 Se preparó una película de resina usando la misma composición de resina que en el Ejemplo 2-(1). La densidad de revestimiento de resina de la película de resina fue de 50  $\text{g}/\text{m}^2$ . Usando el mismo método que en el Ejemplo 2-(1),

salvo que la lámina sustrato se cambió a esta película de resina, se produjo y se evaluó un material compuesto metálico. Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 2-(4) se muestran en la Tabla 15 y en la Tabla 16.

5 Ejemplo 2-(5):

Usando la lámina sustrato y el material metálico producidos en el Ejemplo 2-(1), se preparó una preforma bicapa con una configuración de material metálico/lámina sustrato. En la etapa 1, la temperatura superficial del molde inferior se ajustó a 150 °C. Usando el mismo método que en el Ejemplo 2-(1), salvo que se usó la preforma anterior, y se cambió la temperatura superficial del molde inferior, se produjo y se evaluó un material compuesto metálico. Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 2-(5) se muestran en la Tabla 15 y en la Tabla 16.

15 Ejemplo 2-(6):

Se usó la misma preforma que en el Ejemplo 2-(1). Aproximadamente 30 segundos después de iniciar el calentamiento en la etapa 1, se inició la compresión en la etapa 2, y aproximadamente 30 segundos después, se hizo pasar agua de refrigeración por el molde superior y el molde inferior como etapa 3 para enfriarlos a 180 °C o menos, y la configuración de temperatura cambió a 170 °C. Aproximadamente 2 minutos después del inicio del enfriamiento, la temperatura superficial del material metálico disminuye a 180 °C o menos, y posteriormente se aplicó compresión durante aproximadamente 1 minuto. Después de esto, el molde se abre, y se extrae del mismo el material compuesto metálico, seguido de 10 minutos de periodo de curado posterior realizado por introducción del material compuesto metálico en un horno de aire caliente cuya temperatura ambiente se había ajustado a 150 °C. El material compuesto metálico obtenido se evaluó de la misma forma que en el Ejemplo 2-(1). Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 2-(6) se muestran en la Tabla 15 y en la Tabla 16.

Ejemplo comparativo 2-(1):

Preparación de la preforma:

Usando el mismo método que en el Ejemplo 2-(1), salvo que la composición de resina termoendurecible se cambió a la relación en masa indicada en la Tabla 17, se produjo un material compuesto metálico. Con un equipo de moldeo en prensa, la lámina sustrato se montó sobre una placa con una temperatura superficial de 130 °C y simultáneamente se calentó y se comprimió a 1 MPa durante 10 minutos. Cuando se midió la temperatura de transición vítrea (Tg) de la pieza moldeada usando un método similar al anteriormente descrito, se encontró que era de 75 °C. Puesto que esta temperatura de transición vítrea (Tg) era un 52 % de la temperatura de transición vítrea (Tg) saturada, se encontró que la composición de resina estaba en un estado semicurado.

Producción del material compuesto metálico:

40 Etapa 1:

Como se muestra en la Fig. 1 (b), la preforma 10 se introduce entre el molde superior 11 y el molde inferior 12 y se mantiene a una presión de 0,5 MPa. Tanto el molde superior 11 como el molde inferior 12 tienen una temperatura superficial de 220 °C. La temperatura de la lámina sustrato fue 150 °C. Este estado se mantuvo durante aproximadamente 1 minuto para que la composición de resina experimentara la reacción. Basándose en las correlaciones entre la temperatura de calentamiento, la duración del calentamiento y una temperatura de transición vítrea (Tg) obtenida por adelantado como se ha descrito anteriormente, se estimó que la temperatura de transición vítrea (Tg) de la composición de resina contenida en el material compuesto metálico era de 14 °C. Puesto que esta temperatura de transición vítrea (Tg) era un 6 % de la temperatura de transición vítrea (Tg) saturada, se encontró que la composición de resina no había estado en un estado semicurado al finalizar la etapa 1.

Etapa 2:

55 A continuación, la preforma se comprimió a 10 MPa mediante el molde superior 11 y el molde inferior 12. Durante este proceso, una parte importante de la composición de resina rebotó de la línea de separación del molde.

Desmoldeo:

60 Tras proporcionar compresión durante aproximadamente 3 minutos sin proporcionar también enfriamiento, como en la etapa 3, el molde se abre. Sin embargo, no se pudo obtener el material compuesto metálico deseado porque los materiales metálicos estaban incorrectamente alineados, mientras que el material compuesto metálico estaba completamente torcido, con parte de la lámina sustrato sobresaliendo de los materiales metálicos. Además, cuando se expulsó el material compuesto metálico del molde, se descubrió que los materiales metálicos se habían pegado al molde, dificultando el desmoldeo como material compuesto. Por este motivo, fue imposible medir la fuerza de unión.

Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo comparativo 2-(1) se muestra en la Tabla 17 y en la Tabla 18.

Ejemplo comparativo 2-(2):

5 Como se muestra en la Fig. 1 (b), la preforma 10 se introduce entre el molde superior 11 y el molde inferior 12 y se mantiene a una presión de 0,5 MPa. Tanto el molde superior 11 como el molde inferior 12 tienen una temperatura superficial de 130 °C. Usando el mismo método que en el Ejemplo 2-(2), salvo por lo anterior, se produjo y se evaluó un material compuesto metálico. Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo comparativo 2-(2) se muestra en la Tabla 17 y en la Tabla 18.

15 En el material compuesto metálico obtenido, se produjo un alineamiento incorrecto entre los materiales metálicos, y una pequeña parte de la resina termoendurecible se había salido de los materiales metálicos. Se observaron arrugas en la superficie del lado aplastado del material compuesto metálico asociado con esta forma ondulada, apareciendo grietas superficiales en las zonas muy aplastadas. También fue posible separar manualmente los materiales metálicos. Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo comparativo 2-(2) se muestra en la Tabla 17 y en la Tabla 18.

Ejemplo 3-(1):

20 Se suministraron la misma lámina sustrato y materiales metálicos que en el Ejemplo 1-(1).

Producción del material compuesto metálico:

25 Etapa 1-1:

30 Como se muestra en la Fig. 4 (a-1), la lámina sustrato 2 se introduce en el molde inferior 12, y se inicia el calentamiento de la lámina sustrato 2. La temperatura superficial del molde inferior 12 era de 150 °C. Inmediatamente antes de pasar a una etapa 1-2 que se describe más adelante, la temperatura superficial de la lámina sustrato 2 era de 130 °C. Basándose en las correlaciones entre la temperatura de calentamiento, la duración del calentamiento y una temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) obtenida por adelantado como se ha descrito anteriormente, se estimó que la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) de la composición de resina contenida en el material compuesto metálico era de 80 °C. Puesto que esta temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) era un 57 % de la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) saturada, se encontró que la composición de resina había estado en un estado semicurado al finalizar la etapa 1-1.

Etapa 1-2:

40 En un proceso paralelo al de la etapa 1-1, el material metálico 1 se introdujo en un horno eléctrico EF como se muestra en la Fig. 4 (a-2) y se inició el precalentamiento del material metálico 1. La temperatura ambiente en el interior del horno eléctrico EF era de 250 °C. Inmediatamente antes de pasar a una etapa 2 que se describe más adelante, la temperatura superficial del material metálico 1 era de 245 °C.

Etapa 2:

45 Aproximadamente 1 minuto después de iniciar el calentamiento de la lámina sustrato 2 y el precalentamiento del material metálico 1, el material metálico 1, extraído del horno eléctrico EF, se estratificó sobre la lámina sustrato 2 como se muestra en la Fig. 4 (b) para producir una preforma 10. A continuación, como se muestra en la Fig. 4 (c), la preforma 10 se comprimió a 10 MPa durante aproximadamente 2 minutos mediante el molde superior 11 y el molde inferior 12 para moldearla en un material compuesto metálico A, mientras se curaba la composición de resina incluida en la lámina sustrato 2.

Desmoldeo:

55 El molde se abre, y se extrae del mismo el material compuesto metálico A. El material metálico y la lámina sustrato que constituyen el material compuesto metálico estaban fuertemente unidos, en la medida que era difícil separarlos de forma manual. El material compuesto metálico tenía un espesor de 1 mm, sin que se observara acortamiento ni pandeo. Se midió la fuerza de unión del material compuesto metálico usando un método que se describe más adelante y se encontró un valor de 14 MPa. Tras completar el ensayo de unión, se recortó una probeta de la composición de resina, que se habían unido al material metálico, y se midió su temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) para la que se encontró un valor de 137 °C. Puesto que esta temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) era un 100 % de la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) saturada, se confirmó que la composición de resina había estado en un estado curado al finalizar la etapa 1-2.

65 Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 3-(1) se muestra en la Tabla 19 y en la Tabla 20.

Ejemplo 3-(2):

Material metálico:

5 Para su uso como material metálico, se proporcionó una placa de aleación de magnesio de 0,5 mm de espesor (AZ31) sobre cuya superficie se había aplicado un tratamiento con chorro de arena. Sobre la superficie de la placa de aleación de magnesio se observaron numerosos poros con un tamaño promedio de 50  $\mu\text{m}$ . Producción del material compuesto metálico:

10 Etapa 1-1:

Como se muestra en la Fig. 4 (a-1), la lámina sustrato 2 se introduce en el molde inferior 12, y se inicia el calentamiento de la lámina sustrato 2. La temperatura superficial del molde inferior 12 era de 150 °C. Inmediatamente antes de pasar a una etapa 2 que se describe más adelante, la temperatura superficial de la lámina sustrato 2 era de 130 °C. Basándose en las correlaciones entre la temperatura de calentamiento, la duración del calentamiento y una temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) obtenida por adelantado como se ha descrito anteriormente, se estimó que la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) de la composición de resina contenida en el material compuesto metálico era de 80 °C. Puesto que esta temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) era un 57 % de la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) saturada, se encontró que la composición de resina había estado en un estado semicurado al finalizar la etapa 1-1.

Etapa 1-2:

25 En un proceso paralelo al de la etapa 1-1, el material metálico 1 se introdujo en un horno eléctrico EF como se muestra en la Fig. 4 (a-2) y se inició el precalentamiento del material metálico 1. La temperatura ambiente en el interior del horno eléctrico EF se configuró a 250 °C. Inmediatamente antes de pasar a una etapa 2 que se describe más adelante, la temperatura superficial del material metálico 1 era de 240 °C.

Etapa 2:

30 Aproximadamente 1 minuto después de iniciar el calentamiento de la lámina sustrato 2 y el precalentamiento del material metálico 1, el material metálico 1, extraído del horno eléctrico EF, se estratificó sobre la lámina sustrato 2 como se muestra en la Fig. 4 (b) para producir una preforma 10. A continuación, como se muestra en la Fig. 4 (c), la preforma 10 se comprimió a 10 MPa durante aproximadamente 2 minutos mediante el molde superior 11 y el molde inferior 12 para moldearla en un material compuesto metálico A, mientras se curaba la composición de resina incluida en la lámina sustrato 2.

Desmoldeo:

40 El molde se abre, y se extrae del mismo el material compuesto metálico A. No se produjo un alineamiento incorrecto entre los dos materiales metálicos. El material compuesto metálico tenía un espesor de 1 mm y una forma ondulada. El material compuesto metálico no mostró defectos superficiales, tales como arrugas, agrietamientos y desgarros. El material metálico y la lámina sustrato que constituyen el material compuesto metálico estaban fuertemente unidos, en la medida que era difícil separarlos de forma manual. Se midió la fuerza de unión del material compuesto metálico usando un método que se describe más adelante y se encontró un valor de 16 MPa. Tras completar el ensayo de unión, se recortó una probeta de la composición de resina, que se habían unido al material metálico, y se midió su temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) para la que se encontró un valor de 137 °C. Puesto que esta temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) era un 100 % de la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) saturada, se confirmó que la composición de resina había estado en un estado curado al finalizar la etapa 2.

50 Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 3-(2) se muestran en la Tabla 19 y en la Tabla 20.

Ejemplo 3-(3):

55 Para su uso como material metálico, se adoptó una placa de aleación de aluminio de 0,5 mm de espesor (A5052) sobre cuya superficie se había aplicado un tratamiento con alumita. Sobre la superficie de la placa metálica se observaron numerosos poros con un tamaño promedio de 0,05  $\mu\text{m}$ . Usando el mismo método que en el Ejemplo 3-(1), salvo que el material metálico se cambió a esta placa de aleación de aluminio, se produjo y se evaluó un material compuesto metálico. Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 3-(3) se muestran en la Tabla 19 y en la Tabla 20.

Ejemplo 3-(4):

65 Usando la composición de resina termoendurecible preparada en la composición preparada en el Ejemplo 3-(1), se preparó una película de resina. La película de resina tuvo una densidad de revestimiento de resina de 50  $\text{g}/\text{m}^2$ .

Usando el mismo método que en el Ejemplo 3-(1), salvo que esta película de resina se tomó como la lámina sustrato, se produjo y se evaluó un material compuesto metálico. Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 3-(4) se muestran en la Tabla 21 y en la Tabla 22.

5 Ejemplo 3-(5):

Usando el mismo método que en el Ejemplo 3-(1), salvo que aproximadamente 0,5 minutos después de iniciarse el calentamiento de la lámina sustrato en la etapa 1-1 y el precalentamiento del material metálico 1 en la etapa 1-2, se preparó una preforma, y la duración de la compresión en la etapa 2 se configuró a aproximadamente 1 minuto, se produjo un material compuesto metálico. El molde se abre, y se extrae del mismo el material compuesto metálico, seguido de 10 minutos de periodo de curado posterior realizado por introducción del material compuesto metálico en un horno de aire caliente cuya temperatura ambiente se había ajustado a 150 °C. El material compuesto metálico obtenido se evaluó de la misma forma que en el Ejemplo 3-(1). Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 3-(5) se muestran en la Tabla 21 y en la Tabla 22.

15 Ejemplo 3-(6):

Se proporcionó una lámina sustrato y dos materiales metálicos, del mismo tipo que los del Ejemplo 3-(1).

20 La lámina sustrato se introdujo en el horno de aire caliente, cuya temperatura ambiente se había calentado hasta 150 °C y se inició el calentamiento. Inmediatamente antes de pasar a una etapa 1-2 que se describe más adelante, la temperatura superficial de la lámina sustrato era de 130 °C. Basándose en las correlaciones entre la temperatura de calentamiento, la duración del calentamiento y una temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) obtenida por adelantado como se ha descrito anteriormente, se estimó que la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) de la composición de resina contenida en el material compuesto metálico era de 80 °C. Puesto que esta temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) era un 57 % de la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) saturada, se encontró que la composición de resina había estado en un estado semicurado al finalizar la etapa 1-1.

30 Etapa 1-2:

En un proceso paralelo al de la etapa 1-1, dos materiales metálicos se introdujeron en el interior de un horno eléctrico cuya temperatura ambiente se había calentado a 250 °C y se inició el precalentamiento. Inmediatamente antes de pasar a una etapa 2 que se describe más adelante, la temperatura superficial de los materiales metálicos fue de 245 °C.

35 Etapa 2:

Aproximadamente 1 minuto después de comenzar la etapa 1-1, los materiales metálicos, extraídos del horno eléctrico, y la lámina sustrato, extraída del horno de aire caliente, se introdujeron en un molde con una temperatura superficial de 150 °C en una configuración de material metálico/lámina sustrato/material metálico para producir una preforma. A continuación, el molde se cerró, y la preforma se comprimió a una presión de 10 MPa durante aproximadamente 2 minutos para moldearla, mientras se curaba la composición de resina incluida en la lámina sustrato.

45 Desmoldeo:

Aproximadamente 2 minutos después de iniciar la compresión en la etapa 2, el molde se abre, y se extrae del mismo el material compuesto metálico. No se produjo un alineamiento incorrecto entre los dos materiales metálicos. El material compuesto metálico tenía un espesor de 1,5 mm y una forma ondulada. El material compuesto metálico no mostró defectos superficiales, tales como arrugas, agrietamientos y desgarros. En el material compuesto metálico obtenido, los materiales metálicos estaban fuertemente unidos, de forma que eran difíciles de separarlos de forma manual. Se midió la fuerza de unión del material compuesto metálico usando un método que se describe más adelante y se encontró un valor de 16 MPa. Tras completar el ensayo de unión, se recortó una probeta de la composición de resina, que se intercaló entre el material metálico, y se midió su temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) para la que se encontró un valor de 137 °C. Puesto que esta temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) era un 100 % de la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) saturada, se confirmó que la composición de resina había estado en un estado curado al finalizar la etapa 2.

60 Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 3-(6) se muestran en la Tabla 21 y en la Tabla 22.

Ejemplo 3-(7):

Preparación de la resina termoendurecible:

65

La resina termoendurecible se preparó en forma de una composición de resina en las mismas condiciones que en el Ejemplo 3-(1), salvo que la relación en masa de la composición se cambió a la indicada en la Tabla 23.

5 La composición de resina preparada se sometió a una medición de la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) usando el mismo método de medición que el utilizado en el Ejemplo 3-(1). La temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) de la composición de resina fue de 6 °C, mientras que la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) saturada, que se había alcanzado durante el curado, fue 136 °C. Se puede decir que, cuando la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) está en el intervalo de 13 a 117 °C, la composición de resina está en un estado semicurado.

10 La relación entre la temperatura de calentamiento, la duración del calentamiento y la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) de la composición de resina preparada se analizó de la misma forma que en el Ejemplo 3-(1). Con la temperatura de calentamiento fijada a 130 °C y 150 °C, la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) se midió a medida que cambiaba la duración del calentamiento, y la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) pasó a 14 °C a una temperatura de calentamiento de 130 °C y una duración del calentamiento de 10 minutos, lo que indica que la  
15 composición de resina ha alcanzado el estado semicurado.

Preparación de la lámina sustrato:

20 Se preparó una lámina sustrato usando el mismo método que en el Ejemplo 3-(1) salvo que la composición de la resina se cambió a la anteriormente descrita.

Con un equipo de moldeo en prensa, la lámina sustrato se montó sobre una placa con una temperatura superficial de 130 °C y simultáneamente se calentó y se comprimió a 1 MPa durante 10 minutos. Se midió la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) de la pieza moldeada obtenida usando el mismo método que anteriormente, y se obtuvo un  
25 valor de 75 °C. Puesto que esta temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) era un 52 % de la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) saturada, se confirmó que la resina estaba en un estado semicurado. Se usó la misma configuración que en el Ejemplo 3-(6), salvo que se utilizó la lámina sustrato anterior.

Etapa 1-1:

30 La lámina sustrato 2 se introdujo en un horno de aire caliente HF a una temperatura de 150 °C como se muestra en la Fig. 11 (a-1), y se inicia el calentamiento de la lámina sustrato 2. Inmediatamente antes de pasar a una etapa 2 que se describe más adelante, la temperatura superficial de la lámina sustrato 2 era de 150 °C. Basándose en las correlaciones entre la temperatura de calentamiento, la duración del calentamiento y una temperatura de transición  
35 vítrea ( $T_g$ ) obtenida por adelantado como se ha descrito anteriormente, se estimó que la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) de la composición de resina contenida en el material compuesto metálico era de 120 °C. Puesto que esta temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) era un 86 % de la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) saturada, se encontró que la composición de resina había estado en un estado semicurado al finalizar la etapa 1-1.

40 Etapa 1-2:

En un proceso paralelo al de la etapa 1-1, los dos materiales metálicos 1 se introdujeron en un horno eléctrico EF con una temperatura ambiente de 250 °C como se muestra en la Fig. 11 (a-2), y se inició el precalentamiento. Inmediatamente antes de pasar a una etapa 1-2 que se describe más adelante, la temperatura superficial de los  
45 materiales metálicos 1 fue de 250 °C.

Etapa 2:

50 Aproximadamente 20 minutos después de comenzar la etapa 1-1, los dos materiales metálicos 1, extraído del horno eléctrico EF, y la lámina sustrato 2, extraída del horno de aire caliente HF, se introdujeron en un molde con una temperatura superficial de 150 °C en una configuración de material metálico/lámina sustrato/material metálico como se muestra en la Fig. 11 (b) para producir una preforma 10. A continuación, el molde se cerró como se muestra en la Fig. 11 (c), y la preforma se comprimió a una presión de 10 MPa durante aproximadamente 2 minutos para moldearla, mientras se curaba la composición de resina incluida en la lámina sustrato.

55 Desmoldeo:

Aproximadamente 2 minutos después de iniciar la compresión en la etapa 2, el molde se abre, y se extrae del mismo el material compuesto metálico A. No se produjo un alineamiento incorrecto entre los dos materiales metálicos. El material compuesto metálico tenía un espesor de 1,5 mm y una forma arqueada. El material compuesto metálico no  
60 mostró defectos superficiales, tales como arrugas, agrietamientos y desgarros. En el material compuesto metálico obtenido, los materiales metálicos estaban fuertemente unidos, de forma que eran difíciles de separarlos de forma manual. Se midió la fuerza de unión del material compuesto metálico usando un método que se describe más adelante y se encontró un valor de 16 MPa. Tras completar el ensayo de unión, se recortó una probeta de la composición de resina, que se intercaló entre el material metálico, y se midió su temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) para la que se encontró un valor de 137 °C. Puesto que esta temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) era un 100 % de  
65

la temperatura de transición vítrea (Tg) saturada, se confirmó que la composición de resina había estado en un estado curado al finalizar la etapa 1-2.

5 Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 3-(7) se muestran en la Tabla 23 y en la Tabla 24.

Ejemplo comparativo 3-(1):

Preparación de la preforma:

10 Se proporcionó la misma lámina sustrato que en el Ejemplo 3-(7). Producción del material compuesto metálico:

Etapa 1-1:

15 Como se muestra en la Fig. 4 (a-1), la lámina sustrato 2 se introduce en el molde inferior 12, y se inicia el calentamiento de la lámina sustrato 2. La temperatura superficial del molde inferior 12 era de 150 °C. Inmediatamente antes de pasar a una etapa 1-2 que se describe más adelante, la temperatura superficial de la lámina sustrato 2 era de 130 °C. Basándose en las correlaciones entre la temperatura de calentamiento, la duración del calentamiento y una temperatura de transición vítrea (Tg) obtenida por adelantado como se ha descrito  
20 anteriormente, se estimó que la temperatura de transición vítrea (Tg) de la composición de resina contenida en el material compuesto metálico era de 14 °C. Puesto que esta temperatura de transición vítrea (Tg) era un 6 % de la temperatura de transición vítrea (Tg) saturada, se encontró que la composición de resina no había alcanzado un estado semicurado al finalizar la etapa 1-1.

25 Etapa 1-2:

En un proceso paralelo al de la etapa 1-1, el material metálico 1 se introdujo en un horno eléctrico EF como se muestra en la Fig. 4 (a-2) y se inició el precalentamiento del material metálico 1. La temperatura ambiente en el interior del horno eléctrico EF era de 250 °C.

30 Etapa 2:

Aproximadamente 1 minuto después de iniciar el calentamiento de la lámina sustrato y el precalentamiento del material metálico, el material metálico 1, extraído del horno eléctrico EF, se estratificó sobre la lámina sustrato 2 como se muestra en la Fig. 4 (b) para producir una preforma 10. A continuación, como se muestra en la Fig. 4 (c), la preforma 10 se comprimió a 10 MPa durante aproximadamente 2 minutos mediante el molde superior 11 y el molde inferior 12 para moldearla en un material compuesto metálico A. Durante este proceso, una parte importante de la composición de resina rebosó de la línea de separación del molde.

40 Después de aproximadamente 2 minutos de compresión, el molde se abre. Sin embargo, no se pudo obtener el material compuesto metálico ya que parte de la lámina sustrato sobresalía. Además, cuando se expulsó el material compuesto metálico del molde, se descubrió que los materiales metálicos se habían pegado al molde, dificultando el desmoldeo como material compuesto. Por este motivo, fue imposible medir la fuerza de unión como se describe más adelante.

45 Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo comparativo 3-(1) se muestra en la Tabla 23 y en la Tabla 24.

Ejemplo comparativo 3-(2):

50 Se produjo y se evaluó un material compuesto metálico en las mismas condiciones que en el Ejemplo 3-(2), salvo que la temperatura ambiente en el interior del horno eléctrico en la temperatura 1-2 se cambió a 130 °C.

55 En el material compuesto metálico obtenido, se observaron arrugas en la superficie del lado aplastado del material compuesto metálico asociado con esta forma ondulada, y el aplastamiento no fue tan profundo como los surcos del molde. Como resultado, no se pudo obtener la forma deseada.

Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo comparativo 3-(2) se muestra en la Tabla 23 y en la Tabla 24.

60 Ejemplo 4-(1):

Producción de chasis para equipos electrónicos:

65 El material compuesto metálico A obtenido en el Ejemplo 1-(3) se introdujo en un molde de inyección como se muestra en la Fig. 8 (a). El molde por inyección consistió en un lado fijo 42 del molde, y un lado móvil 41 del molde, y

una máquina de moldeo por inyección 43 se conectó al lado fijo 42 del molde. Como resina componente de la Pieza B, se suministraron gránulos de resina de poliamida (CM1001, fabricada por Toray Industries, Inc.), y se preparó un chasis para equipos electrónicos EH con la forma que se muestra en la Fig. 8(d) usando dichos aglomerados. El moldeo por inyección se realizó usando una máquina 43 de moldeo por inyección J350EIII fabricada por The Japan Steel Works, Ltd., y el pistón que inyecta la resina b que constituye la pieza B tiene una temperatura de 260 °C.

Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 4-(1) se muestra en la Tabla 25 y en la Tabla 26.

10 Ejemplo 4-(2):

Producción de chasis para equipos electrónicos:

15 El material compuesto metálico obtenido en el Ejemplo 1-(3) se introdujo moldeado por inyección de la misma forma que en el Ejemplo 4-(1) para producir un chasis para equipos electrónicos. Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 4-(2) se muestran en la Tabla 25 y en la Tabla 26.

Ejemplo 4-(3):

20 Preparación de una lámina de resina:

25 Usando una mezcla amasada en fundido de dos tipos de gránulos de resina de nylon (CM4000 y CM1001 fabricadas por Toray Industries, Inc.), se preparó una película de resina. La película de resina tenía 50 µm de espesor. El amasado en fundido se llevó a cabo usando TEX-30u fabricado por The Japan Steel Works, Ltd., con la temperatura del pistón ajustada a 260 °C.

Preparación de la preforma:

30 Usando la película de resina además de la misma lámina sustrato y material metálico que en el Ejemplo 4-(1), se preparó una preforma con una estructura estratificada de material metálico/lámina sustrato/película de resina.

Producción del material compuesto metálico:

35 De la misma forma que en el Ejemplo 4-(1), salvo que la temperatura superficial del molde inferior era de 150 °C, la preforma se introdujo en un molde y se calentó y se comprimió simultáneamente para producir un material compuesto metálico A.

Producción de chasis para equipos electrónicos:

40 De la misma forma que en el Ejemplo 4-(1), salvo que los aglomerados de plástico reforzados con fibra de carbono (TLP1040 fabricado por Toray Industries, Inc.) se utilizaron como pieza B, se realizó la inserción de la pieza moldeada por inyección para producir un chasis para equipos electrónicos. Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 4-(3) se muestran en la Tabla 25 y en la Tabla 26.

45 Ejemplo 4-(4):

Preparación de la preforma:

50 Usando la preforma preparada en el Ejemplo 4-(1) y la misma película de resina que en el Ejemplo 4-(3), se preparó una nueva preforma con una estructura estratificada de material metálico/lámina sustrato/material metálico/película de resina.

Producción del material compuesto metálico:

55 De la misma forma que en el Ejemplo 4-(1), salvo que se utilizó la preforma anterior, la preforma se introdujo en un molde y se calentó y se comprimió simultáneamente para producir un material compuesto metálico.

Producción de chasis para equipos electrónicos:

60 De la misma forma que en el Ejemplo 4-(1), salvo que los aglomerados de plástico reforzados con fibra de vidrio (CM1001G-20 fabricado por Toray Industries, Inc.) se utilizaron como pieza B, se realizó la inserción de la pieza moldeada por inyección para producir un chasis para equipos electrónicos. Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 4-(4) se muestran en la Tabla 27 y en la Tabla 28.

65

Ejemplo 4-(5):

Producción del material compuesto metálico:

- 5 Se proporcionó un material compuesto metálico producido en las mismas condiciones que en el Ejemplo 4-(1). Se proporcionó al borde del material compuesto metálico A preparado un tratamiento de emparejado de juntas con un diseño de entalladuras cuadradas repetidas como se ilustra en la Fig. 12.

Producción de chasis para equipos electrónicos:

- 10 De la misma forma que en el Ejemplo 4-(1), salvo que se utilizó un material compuesto metálico al que se había provisto un tratamiento de emparejado de juntas con un diseño de entalladuras cuadradas repetidas a lo largo de su borde, se realizó la inserción de la pieza moldeada por inyección para producir un chasis para equipos electrónicos. Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 4-(5) se muestran en la Tabla 27 y en la Tabla 28.

Ejemplo 4-(6):

Producción de chasis para equipos electrónicos:

- 20 Un material compuesto metálico y resina de nylon preparado de la misma manera que en el Ejemplo 4-(1) se introdujo en un molde de prensa y se moldeó por compresión para preparar un equipo electrónico. La temperatura superficial del molde fue de 260 °C tanto en el lado superior como en el inferior. Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 4-(6) se muestra en la Tabla 27 y en la Tabla 28.

Ejemplo 4-(7):

Preparación de la composición de resina termoendurecible:

- 30 Se preparó una composición de resina de la misma manera que en el Ejemplo 4-(1), salvo que el Omicure 24 (2,4-tolueno bis(dimetilurea), fabricada por PTI Japan Co., Ltd.), un acelerador del curado, no se mezcló con lo anterior.

Preparación de la lámina sustrato:

- 35 Se preparó una lámina sustrato de la misma forma en que el Ejemplo 4-(1), salvo que se utilizó una composición de resina termoendurecible que no contenía un acelerador del curado.

- 40 Con un equipo de moldeo en prensa, la lámina sustrato se colocó sobre una placa con una temperatura superficial de 130 °C y simultáneamente se calentó y se comprimió a 1 MPa durante 10 minutos. Se midió la temperatura de transición vítrea (Tg) de la pieza moldeada y se obtuvo un valor de 75 °C. Puesto que esta temperatura de transición vítrea (Tg) era un 52 % de la temperatura de transición vítrea (Tg) saturada, se confirmó que la resina estaba en un estado semicurado.

Preparación de la preforma:

- 45 Se preparó una preforma realizando la estratificación de la misma manera que en el Ejemplo 4-(1), salvo que se utilizó la lámina sustrato anterior.

Producción del material compuesto metálico:

- 50 Tras introducirse en un horno de aire caliente a 150 °C y se precalentó durante 10 minutos, la preforma preparada se colocó en un molde configurado en las mismas condiciones que en el Ejemplo 4-(1). Aproximadamente 1 minuto después, se comprimió a 10 MPa mediante un molde superior y un molde inferior.

- 55 Después de aproximadamente 5 minutos de compresión, el molde se abre, y se extrae del mismo el material compuesto metálico.

Producción de chasis para equipos electrónicos:

- 60 De la misma forma que en el Ejemplo 4-(1), se realizó la inserción de la pieza moldeada por inyección para producir un chasis para equipos electrónicos. Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 4-(7) se muestran en la Tabla 29 y en la Tabla 30.

## Ejemplo 4-(8):

Se proporcionó un material compuesto metálico producido de la misma forma que en el Ejemplo 4-(1). Como se muestra en la Fig. 13 (a), se cambió la inserción situada en el interior de un molde de inyección 61, y un material compuesto metálico se introdujo en un molde de inyección 61 cuyo canal de salida de resina fundida se había cerrado, con el canal de salida 62 del interior del molde relleno con gránulos de plástico reforzados con fibra de carbono utilizados en el Ejemplo 4-(3) para formar tres lados aproximadamente. Después de esto, además de poner el interior del molde de inyección en un estado donde el canal de flujo 62 a lo largo de aproximadamente tres lados se había llenado con gránulos de resina, como se muestra en la Fig. 13 (b), el material compuesto metálico cuyos aproximadamente tres lados se habían revestido con el material de moldeo por inyección se introdujo en un molde de inserción rectangular 63, a lo largo de una placa de acero inoxidable de 1,5 mm de espesor, con el canal de flujo 64 lleno con los gránulos de plástico reforzados con fibra de carbono utilizados en el Ejemplo 4-(4) para formar el lado restante mediante moldeo por inyección con inserción. De esta manera, se produjo un chasis para equipos electrónicos 33 como se muestra en la Fig. 9. Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 4-(8) se muestra en la Tabla 29 y en la Tabla 30.

## Ejemplo 4-(9):

El material compuesto metálico A obtenido en el Ejemplo 1-(12) se introdujo moldeado por inyección de la misma forma que en el Ejemplo 4-(1) para producir un chasis para equipos electrónicos. Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 4-(9) se muestran en la Tabla 31 y en la Tabla 32.

## Ejemplo 4-(10):

El material compuesto metálico A obtenido en el Ejemplo 1-(13) se introdujo moldeado por inyección de la misma forma que en el Ejemplo 4-(1) para producir un chasis para equipos electrónicos. Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo 4-(10) se muestran en la Tabla 31 y en la Tabla 32.

## Ejemplo comparativo 4-(1):

Producción del material compuesto metálico:

Una preforma preparada de la misma manera que en el Ejemplo 4-(1), salvo que la temperatura superficial del molde era de 130 °C, se introdujo en un molde y se moldeó.

En el material compuesto metálico obtenido, se produjo un alineamiento incorrecto entre los materiales metálicos, y una pequeña parte de la resina termoendurecible se había salido de los materiales metálicos. Se observaron arrugas en la superficie del lado aplastado del material compuesto metálico asociado con esta forma ondulada, apareciendo grietas superficiales en las zonas muy aplastadas. Fue difícil separar manualmente los materiales metálicos. Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo comparativo 4-(1) se muestra en la Tabla 33 y en la Tabla 34.

## Ejemplo comparativo 4-(2):

Una preforma preparada de la misma manera que en el Ejemplo 4-(1), salvo que la presión de moldeo fue constantemente de 0,5 MPa, se introdujo en un molde y se moldeó. Durante este proceso, el molde no quedó completamente cerrado.

Aproximadamente 3 minutos después de introducir la preforma, el molde se abre, pero no se pudo obtener el material compuesto metálico deseado, por lo que fue imposible producir un chasis para equipos electrónicos. Las condiciones de fabricación y los resultados de evaluación del Ejemplo comparativo 4-(2) se muestra en la Tabla 33 y en la Tabla 34.

## Ejemplo comparativo 4-(3):

Preparación de la preforma:

Se proporcionaron dos placas de aleación de aluminio de 1,5 mm de espesor (A5052) sobre cuya superficie se había aplicado un tratamiento con alúmina para su uso como preforma. Sobre las superficies de las placas de aleación de aluminio se observaron numerosos poros con un tamaño promedio de 0,05 µm.

Producción del material compuesto metálico:

De la misma forma que en el Ejemplo 4-(1), salvo que los materiales metálicos se usaron como la preforma y que la presión de moldeo se ajustó a 0,5 MPa, la preforma se calentó y comprimió simultáneamente.

Aproximadamente 3 minutos después de introducir la preforma, el molde se abre, pero se encontró que la preforma no había alcanzado la forma deseada. Cuando se introdujo en un molde de inyección, el material compuesto metálico obtenido no permitió su cierre, por lo que fue imposible producir un chasis para equipos electrónicos.

5 El método de medida para determinar el tamaño promedio de los poros en una superficie de material metálico, el método de medición de la fuerza de unión de un material compuesto metálico, y los métodos de medición del peso y la rigidez de un chasis para equipos electrónicos usado en los Ejemplos y Ejemplos comparativos se muestran a continuación:

10 Procedimientos de preparación para probetas de observación:

Los materiales usados en el moldeo se cortaron a los tamaños deseados con un cúter, cúter de diamante, y similar para su uso como probetas de observación. Cuando sea necesario, las secciones transversales se sometieron a un tratamiento de pulido químico para facilitar la observación.

15 Método de evaluación 1 - Medición del tamaño promedio de los poros en una superficie de material metálico:

Las superficies de los metales usados como materiales metálicos se fotografiaron a un aumento de 100x usando microscopios modelo VK-9500 (unidad de control) / VK-9510 (unidad de medición) (fabricados por Keyence Corporation) que miden el perfil de color 3D. A partir de una imagen fotografiada, se obtuvo el tamaño medio de poros midiendo los diámetros de un conjunto de poros seleccionados aleatoriamente a partir entre los formados sobre la superficie metálica,  $D(n)$  ( $n= 1$  a 100), usando el programa informático de análisis VK-H1A9.

25 Método de evaluación 2 - Medición de la fuerza de unión del material compuesto metálico:

Una pieza de ensayo 70 cuadrada de 40 mm se recortó de una sección lisa de un material compuesto metálico A producido, y se aplicó un tratamiento con chorro de arena para raspar ambas superficies, seguido por la eliminación del contenido de aceite por frotado con un paño con acetona. Un bloque de aleación de aluminio 71 cuadrado 40 mm con un orificio pasante de 10 mm de diámetro se pegó sobre una cara de la pieza de ensayo 70 usando una resina epoxi estructural (adhesivo) 72 (TE-2220 fabricado por Toray Fine Chemicals Co., Ltd.). Otro bloque de aleación de aluminio 71 se pegó sobre el otro lado de la pieza de ensayo 70 de la misma forma para producir una probeta de medición de la fuerza de unión, como se muestra en la Fig. 14.

Usando una máquina para ensayo de tracción, una máquina de ensayo universal "Instron" (marca comercial registrada) modelo 5565 (suministrada por Instron Japan Co., Ltd.), se sometieron a ensayo un total de cinco probetas de evaluación a una velocidad de tensión de 1,6 mm/min conectando el bloque de aleación de aluminio 71 a las portapiezas superior e inferior de la máquina de ensayo con pasadores, que pasaban por los orificios pasantes proporcionados en los bloques. A partir de las lecturas, la fuerza de unión  $S$  del material compuesto metálico se calculó usando la fórmula siguiente (1). Si la fuerza de unión calculada es de 10 MPa o más, la separación manual es muy difícil.

$$S = P/A \quad (1)$$

45 S: Fuerza de unión [MPa].  
P: Carga máxima [N]  
A: Área de la sección transversal de la probeta [ $\text{mm}^2$ ]

Método de evaluación 3 - Medición del peso del chasis para equipos electrónicos/eléctricos:

50 El peso de un chasis para equipos electrónicos/eléctricos obtenido en un Ejemplo o Ejemplo comparativo se midió con una balanza electrónica. El peso de referencia  $M$  también se calculó suponiendo que la cavidad del molde usado en el Ejemplo o en el Ejemplo comparativo se rellenó con una pieza de moldeo que contenía fibras de refuerzo continuas y una resina termoendurecible. A partir de estos valores, se calculó la tasa de adelgazamiento usando la fórmula (2).

55 Los resultados de la evaluación se calificaron de la siguiente forma: 20 % o más excelente, 10 % o más y menos del 20 % bueno, 5 % o más y menos del 10 % malo, y menos del 5 % insatisfactorio.

$$[(M-m)/M] \times 100 [\%] \quad (2)$$

60 Método de evaluación 4 - Medición de la rigidez del chasis para equipos electrónicos/eléctricos:

65 Como se muestra en la Fig. 15, un indentador 81, fabricado con un pistón circular R20 procesado para ser R100 en un extremo, se unió a la parte superior de una máquina de ensayo universal "Instron" (marca comercial registrada) modelo 5565 (suministrada por Instron Japan Co., Ltd.) y se desplazó hasta una posición cuyo centro coincidió con

5 el centro de la parte superior del panel del chasis para equipos electrónicos/eléctricos 33, situado en la cara superior del soporte del portamuestras 82. A continuación, el indentador 81 se hizo descender a una velocidad de descenso de 1,6 mm/min para aplicar una carga al chasis para equipos electrónicos/eléctricos 33 presionando sobre el mismo y, a medida que la carga aumenta, se midió su distancia de desplazamiento. Cuando la carga medida alcanzó 50 [N], el indentador 81 se detuvo, y la distancia que se desplazó de 0 [N] a 20 [N] se definió como deflexión [mm] para su uso en la evaluación de la rigidez.

10 Los resultados de la evaluación se calificaron de la siguiente forma: menos de 0,3 [mm] excelente, 0,3 [mm] o más y menos de 0,5 [mm] bueno, 0,5 [mm] o más y menos de 0,7 [mm] malo, y 0,7 [mm] o más insatisfactorio.

Tabla 1

|  | Unidad         | Ejemplo 1-(1)        | Ejemplo 1-(2)        | Ejemplo 1-(3)           |
|--|----------------|----------------------|----------------------|-------------------------|
| Estructura del estratificado (superior/inferior)   |                | a2/a1/a2             | a2/a1/a2             | a2/a1/a2                |
| Material compuesto metálico A                      |                |                      |                      |                         |
| • Lámina sustrato a1                               |                |                      |                      |                         |
| • Composición de la resina termoendurecible        |                |                      |                      |                         |
| "Epikote" 828                                      | Partes en masa | 20                   | 20                   | 20                      |
| "Epikote" 834                                      | Partes en masa | 20                   | 20                   | 20                      |
| "Epikote" 1001                                     | Partes en masa | 25                   | 25                   | 25                      |
| "Epikote" 154                                      | Partes en masa | 35                   | 35                   | 35                      |
| Resina de benzoxazina de tipo F-a                  | Partes en masa |                      |                      |                         |
| Resina fenólica de tipo resol / PHENOLITE 5010     | Partes en masa |                      |                      |                         |
| Dicy7 (agente de curado)                           | Partes en masa | 4                    | 4                    | 4                       |
| DY9577   | Partes en masa |                      |                      |                         |
| "Omicure" 24 (acelerador del curado)               | Partes en masa | 5                    | 5                    | 5                       |
| • Haz de fibra de refuerzo                         | -              | Fibra de carbono     | Fibra de carbono     | Fibra de carbono        |
| • Grado de curado tras 130°C X 10 minutos          | -              | Estado curado        | Estado curado        | Estado curado           |
| • Material metálico a2                             |                |                      |                      |                         |
| Metal  | -              | Aleación de aluminio | Aleación de magnesio | Aleación de aluminio    |
| Espesor  | mm             | 0,5                  | 0,5                  | 0,5                     |
| Tratamiento superficial                            | -              | Chorro de arena      | Chorro de arena      | Tratamiento con alumita |
| Tamaño de poro                                     | µm             | 30                   | 50                   | 0,05                    |
| • Capa de resina C                                 |                |                      |                      |                         |
| Resina termoplástica c                             | -              | -                    | -                    | -                       |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C             | -                    | -                    | -                       |
| Pieza B  |                |                      |                      |                         |
| Resina termoplástica b                             | -              | -                    | -                    | -                       |
| Fibra de refuerzo                                  | -              | -                    | -                    | -                       |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C             | -                    | -                    | -                       |
| Resistencia volumétrica específica                 | Ω · cm         | -                    | -                    | -                       |

ES 2 586 734 T3

Tabla 2

|  |     | Ejemplo 1-(1) | Ejemplo 1-(2) | Ejemplo 1-(3) |
|--|-----|---------------|---------------|---------------|
| Moldeo   |     |               |               |               |
| • Etapa 1  |     |               |               |               |
| Presión  | MPa | 0,5           | 0,5           | 0,5           |
| Duración   | min | 1             | 1             | 1             |
| Temperatura del molde: Molde superior            | °C  | 220           | 210           | 220           |
| Temperatura del molde: Molde inferior            | °C  | 220           | 210           | 220           |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-1       | °C  | -             | -             | -             |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-2       | °C  | -             | -             | -             |
| Temperatura superficial de material metálico     | °C  | 215           | 200           | 215           |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | 82            | 77            | 82            |
| • Etapa 2  |     |               |               |               |
| Presión  | MPa | 10            | 15            | 10            |
| Duración   | min | 2             | 2             | 2             |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | 100           | 100           | 100           |
| Desmoldeo  | -   | Sin problemas | Sin problemas | Sin problemas |
| • Etapa 3  |     |               |               |               |
| Presión  | MPa | -             | -             | -             |
| Duración   | min | -             | -             | -             |
| Temperatura del molde: Molde superior            | °C  | -             | -             | -             |
| Temperatura del molde: Molde inferior            | °C  | -             | -             | -             |
| Temperatura superficial de material metálico     | °C  |               | -             | -             |
| Tiempo que tarda para disminuir a 180 °C o menos | min | -             | -             | -             |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | -             | -             | -             |
| Desmoldeo  | -   | -             | -             | -             |
| • Tiempo de solidificación del molde             | min | 3             | 3             | 3             |
| Después del moldeo                               |     |               |               |               |
| Procesamiento del material compuesto metálico A  |     | -             | -             | -             |
| Tras el curado                                   |     | Ninguno       | Ninguno       | Ninguno       |
| Técnica para integrar A y B                      | -   | -             | -             | -             |
| Conformación compleja de la pieza B              | -   | -             | -             | -             |
| Evaluación                                       |     |               |               |               |
| Fuerza de unión del material compuesto metálico  | MPa | 16            | 18            | 20            |
| Peso del material compuesto metálico A           | -   | -             | -             | -             |
| torsional  | -   | -             | -             | -             |

ES 2 586 734 T3

Tabla 3

|  | Unidad         | Ejemplo 1-(4)        | Ejemplo 1-(5)        | Ejemplo 1-(6)        |
|--|----------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Estructura del estratificado (superior/inferior)   |                | a2/a1/a2             | a2/a1                | a2/a1/a2             |
| Material compuesto metálico A                      |                |                      |                      |                      |
| • Lámina sustrato a1                               |                |                      |                      |                      |
| • Composición de la resina termoendurecible        |                |                      |                      |                      |
| "Epikote" 828                                      | Partes en masa | 20                   | 20                   | 20                   |
| "Epikote" 834                                      | Partes en masa | 20                   | 20                   | 20                   |
| "Epikote" 1001                                     | Partes en masa | 25                   | 25                   | 25                   |
| "Epikote" 154                                      | Partes en masa | 35                   | 35                   | 35                   |
| Resina de benzoxazina de tipo F-a                  | Partes en masa |                      |                      |                      |
| Resina fenólica de tipo resol / PHENOLITE 5010     | Partes en masa |                      |                      |                      |
| Dicy7 (agente de curado)                           | Partes en masa | 4                    | 4                    | 4                    |
| DY9577   | Partes en masa |                      |                      |                      |
| "Omicure" 24 (acelerador del curado)               | Partes en masa | 5                    | 5                    | 5                    |
| • Haz de fibra de refuerzo                         | -              | Ninguno              | Fibra de carbono     | Fibra de carbono     |
| • Grado de curado tras 130°C X 10 minutos          | -              | Estado curado        | Estado curado        | Estado curado        |
| • Material metálico a2                             |                |                      |                      |                      |
| Metal  | -              | Aleación de aluminio | Aleación de aluminio | Aleación de aluminio |
| Espesor  | mm             | 0,5                  | 0,5                  | 0,5                  |
| Tratamiento superficial                            | -              | Chorro de arena      | Chorro de arena      | Chorro de arena      |
| Tamaño de poro                                     | µm             | 30                   | 30                   | 30                   |
| • Capa de resina C                                 |                |                      |                      |                      |
| Resina termoplástica c                             | -              | -                    | -                    | -                    |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C             | -                    | -                    | -                    |
| Pieza B  |                |                      |                      |                      |
| Resina termoplástica b                             | -              | -                    | -                    | -                    |
| Fibra de refuerzo                                  | -              | -                    | -                    | -                    |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C             | -                    | -                    | -                    |
| Resistencia volumétrica específica                 | Ω · cm         | -                    | -                    | -                    |

Tabla 4

|   |     | Ejemplo 1-(4) | Ejemplo 1-(5) | Ejemplo 1-(6) |
|---|-----|---------------|---------------|---------------|
| Moldeo  |     |               |               |               |
| • Etapa 1                                     |     |               |               |               |
| Presión                                       | MPa | 0,5           | 0,5           | 0,5           |
| Duración                                      | min | 1             | 1             | 0,5           |
| Temperatura del molde: Molde superior         | °C  | 220           | 220           | 220           |
| Temperatura del molde: Molde inferior         | °C  | 220           | 150           | 220           |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-1    | °C  | -             | -             | -             |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-2    | °C  | -             | -             | -             |
| Temperatura superficial de material metálico  | °C  | 215           | 200           | 215           |
| Grado de curado de la resina termoendurecible | %   | 82            | 85            | 53            |

ES 2 586 734 T3

|  |     | Ejemplo 1-(4) | Ejemplo 1-(5) | Ejemplo 1-(6) |
|--|-----|---------------|---------------|---------------|
| • Etapa 2  |     |               |               |               |
| Presión  | MPa | 10            | 5             | 10            |
| Duración   | min | 2             | 2             | 1             |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | 100           | 100           | 100           |
| Desmoldeo  | -   | Sin problemas | Sin problemas | Sin problemas |
| • Etapa 3  |     |               |               |               |
| Presión  | MPa | -             | -             | -             |
| Duración   | min | -             | -             | -             |
| Temperatura del molde: Molde superior            | °C  | -             | -             | -             |
| Temperatura del molde: Molde inferior            | °C  | -             | -             | -             |
| Temperatura superficial de material metálico     | °C  |               | -             | -             |
| Tiempo que tarda para disminuir a 180 °C o menos | min | -             | -             | -             |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | -             | -             | -             |
| Desmoldeo  | -   | -             | -             | -             |
| • Tiempo de solidificación del molde             | min | 3             | 3             | 1,5           |
| Después del moldeo                               |     |               |               |               |
| Procesamiento del material compuesto metálico A  |     | -             | -             | -             |
| Tras el curado                                   |     | Ninguno       | Ninguno       | Ninguno       |
| Técnica para integrar A y B                      | -   | -             | -             | -             |
| Conformación compleja de la pieza B              | -   | -             | -             | -             |
| Evaluación                                       |     |               |               |               |
| Fuerza de unión del material compuesto metálico  | MPa | 15            | 13            | 17            |
| Peso del material compuesto metálico A           | -   | -             | -             | -             |
| torsional  | -   | -             | -             | -             |

Tabla 5

|  | Unidad         | Ejemplo 1-(7) | Ejemplo 1-(8) | Ejemplo 1-(9) |
|--|----------------|---------------|---------------|---------------|
| Estructura del estratificado (superior/inferior) |                | a2/a1/a2      | a2/a1/a2      | a2/a1/a2      |
| Material compuesto metálico A                    |                |               |               |               |
| • Lámina sustrato a1                             |                |               |               |               |
| • Composición de la resina termoendurecible      | de             |               |               |               |
| "Epikote" 828                                    | Partes en masa |               |               | 20            |
| "Epikote" 834                                    | Partes en masa |               |               | 20            |
| "Epikote" 1001                                   | Partes en masa | por           |               | 25            |
| "Epikote" 154                                    | Partes en masa |               |               | 35            |
| Resina de benzoxazina de tipo F-a                | Partes en masa | 100           |               |               |
| Resina fenólica de tipo resol / PHENOLITE 5010   | Partes en masa |               | 100           |               |

|  | Unidad         | Ejemplo 1-(7)        | Ejemplo 1-(8)        | Ejemplo 1-(9)       |
|--|----------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Dicy7 (agente de curado)                           | Partes en masa |                      |                      | 4                   |
| DY9577   | Partes en masa | 5                    |                      |                     |
| "Omicure" 24 (acelerador del curado)               | Partes en masa |                      |                      | 5                   |
| • Haz de fibra de refuerzo                         | -              | Fibra de carbono     | Fibra de carbono     | Fibra de carbono    |
| • Grado de curado tras 130°C X 10 minutos          | -              | Estado semicurado    | Estado curado        | Estado curado       |
| • Material metálico a2                             |                |                      |                      |                     |
| Metal  | -              | Aleación de aluminio | Aleación de aluminio | Aleación de titanio |
| Espesor  | mm             | 0,5                  | 0,5                  | 0,5                 |
| Tratamiento superficial                            | -              | Chorro de arena      | Chorro de arena      | Chorro de arena     |
| Tamaño de poro                                     | µm             | 30                   | 30                   | 15                  |
| • Capa de resina C                                 |                |                      |                      |                     |
| Resina termoplástica c                             | -              | -                    | -                    | -                   |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C             | -                    | -                    | -                   |
| Pieza B  |                |                      |                      |                     |
| Resina termoplástica b                             | -              | -                    | -                    | -                   |
| Fibra de refuerzo                                  | -              | -                    | -                    | -                   |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C             | -                    | -                    | -                   |
| Resistencia volumétrica específica                 | Ω · cm         | -                    | -                    | -                   |

Tabla 6

|   |     | Ejemplo 1-(7) | Ejemplo 1-(8) | Ejemplo 1-(9) |
|---|-----|---------------|---------------|---------------|
| Moldeo  |     |               |               |               |
| • Etapa 1                                     |     |               |               |               |
| Presión                                       | MPa | 0,5           | 0,5           | 0,5           |
| Duración                                      | min | 1             | 1             | 1             |
| Temperatura del molde: Molde superior         | °C  | 220           | 220           | 240           |
| Temperatura del molde: Molde inferior         | °C  | 220           | 220           | 240           |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-1    | °C  | -             | -             | -             |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-2    | °C  | -             | -             | -             |
| Temperatura superficial de material metálico  | °C  | 215           | 215           | 238           |
| Grado de curado de la resina termoendurecible | %   | 30            | 72            | 88            |
| • Etapa 2                                     |     |               |               |               |
| Presión                                       | MPa | 10            | 10            | 15            |
| Duración                                      | min | 2             | 2             | 2             |
| Grado de curado de la resina termoendurecible | %   | 100           | 100           | 100           |
| Desmoldeo                                     | -   | Sin problemas | Sin problemas | Sin problemas |
| • Etapa 3                                     |     |               |               |               |
| Presión                                       | MPa | -             | -             | -             |
| Duración                                      | min | -             | -             | -             |
| Temperatura del molde: Molde superior         | °C  | -             | -             | -             |
| Temperatura del molde: Molde inferior         | °C  | -             | -             | -             |

ES 2 586 734 T3

|  |     | Ejemplo 1-(7) | Ejemplo 1-(8) | Ejemplo 1-(9) |
|--|-----|---------------|---------------|---------------|
| Temperatura superficial de material metálico     | °C  |               | -             | -             |
| Tiempo que tarda para disminuir a 180 °C o menos | min | -             | -             | -             |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | -             | -             | -             |
| Desmoldeo  | -   | -             | -             | -             |
| • Tiempo de solidificación del molde             | min | 3             | 3             | 3             |
| Después del moldeo                               |     |               |               |               |
| Procesamiento del material compuesto metálico A  |     | -             | -             | -             |
| Tras el curado                                   |     | Ninguno       | Ninguno       | Ninguno       |
| Técnica para integrar A y B                      | -   | -             | -             | -             |
| Conformación compleja de la pieza B              | -   | -             | -             | -             |
| Evaluación                                       |     |               |               |               |
| Fuerza de unión del material compuesto metálico  | MPa | 15            | 14            | 13            |
| Peso del material compuesto metálico A           | -   | -             | -             | -             |
| torsional  | -   | -             | -             | -             |

Tabla 7

|  | Unidad         | Ejemplo 1-(10)       | Ejemplo 1-(11)       |
|--|----------------|----------------------|----------------------|
| Estructura del estratificado (superior/inferior)   |                | a2/a1/a2             | a2/a1                |
| Material compuesto metálico A                      |                |                      |                      |
| • Lámina sustrato a1                               |                |                      |                      |
| • Composición de la resina termoendurecible        |                |                      |                      |
| "Epikote" 828                                      | Partes en masa | 20                   | 20                   |
| "Epikote" 834                                      | Partes en masa | 20                   | 20                   |
| "Epikote" 1001                                     | Partes en masa | 25                   | 25                   |
| "Epikote" 154                                      | Partes en masa | 35                   | 35                   |
| Resina de benzoxazina de tipo F-a                  | Partes en masa |                      |                      |
| Resina fenólica de tipo resol / PHENOLITE 5010     | Partes en masa |                      |                      |
| Dicy7 (agente de curado)                           | Partes en masa | 4                    | 4                    |
| DY9577   | Partes en masa |                      |                      |
| "Omicure" 24 (acelerador del curado)               | Partes en masa | 5                    | 5                    |
| • Haz de fibra de refuerzo                         | -              | Fibra de carbono     | Fibra de carbono     |
| • Grado de curado tras 130°C X 10 minutos          | -              | Estado curado        | Estado curado        |
| • Material metálico a2                             |                |                      |                      |
| Metal  | -              | Aleación de aluminio | Aleación de aluminio |
| Espesor  | mm             | 0,5                  | 0,5                  |
| Tratamiento superficial                            | -              | Chorro de arena      | Chorro de arena      |
| Tamaño de poro                                     | µm             | 30                   | 30                   |
| • Capa de resina C                                 |                |                      |                      |
| Resina termoplástica c                             | -              | -                    | -                    |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C             | -                    | -                    |
| Pieza B  |                |                      |                      |
| Resina termoplástica b                             | -              | -                    | -                    |

ES 2 586 734 T3

|  | Unidad                   | Ejemplo 1-(10) | Ejemplo 1-(11) |
|--|--------------------------|----------------|----------------|
| Fibra de refuerzo                                  | -                        | -              | -              |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C                       | -              | -              |
| Resistencia volumétrica específica                 | $\Omega \cdot \text{cm}$ | -              | -              |

Tabla 8

|  |     | Ejemplo 1-(10) | Ejemplo 1-(11) |
|--|-----|----------------|----------------|
| Moldeo   |     |                |                |
| • Etapa 1  |     |                |                |
| Presión  | MPa | 0,5            | 0,5            |
| Duración   | min | 1              | 1              |
| Temperatura del molde: Molde superior            | °C  | 190            | 220            |
| Temperatura del molde: Molde inferior            | °C  | 190            | 150            |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-1       | °C  | -              | -              |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-2       | °C  | -              | -              |
| Temperatura superficial de material metálico     | °C  | 185            | 215            |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | 59             | 85             |
| • Etapa 2  |     |                |                |
| Presión  | MPa | 12             | 5              |
| Duración   | min | 2              | 2              |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | 100            | 100            |
| Desmoldeo  | -   | Sin problemas  | Sin problemas  |
| • Etapa 3  |     |                |                |
| Presión  | MPa | -              | -              |
| Duración   | min | -              | -              |
| Temperatura del molde: Molde superior            | °C  | -              | -              |
| Temperatura del molde: Molde inferior            | °C  | -              | -              |
| Temperatura superficial de material metálico     | °C  |                | -              |
| Tiempo que tarda para disminuir a 180 °C o menos | min | -              | -              |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | -              | -              |
| Desmoldeo  | -   | -              | -              |
| • Tiempo de solidificación del molde             | min | 3              | 3              |
| Después del moldeo                               |     |                |                |
| Procesamiento del material compuesto metálico A  |     | -              | -              |
| Tras el curado                                   |     | Ninguno        | Ninguno        |
| Técnica para integrar A y B                      | -   | -              | -              |
| Conformación compleja de la pieza B              | -   | -              | -              |
| Evaluación                                       |     |                |                |
| Fuerza de unión del material compuesto metálico  | MPa | 15             | 13             |
| Peso del material compuesto metálico A torsional | -   | -              | -              |
| torsional  | -   | -              | -              |

Tabla 9

|  | Unidad         | Ejemplo 1-(12)   | Ejemplo 1-(13)   |
|--|----------------|------------------|------------------|
| Estructura del estratificado (superior/inferior)   |                | a2/a1/a2         | a2/a1/a2         |
| Material compuesto metálico A                      |                |                  |                  |
| • Lámina sustrato a1                               |                |                  |                  |
| • Composición de la resina termoendurecible        |                |                  |                  |
| "Epikote" 828                                      | Partes en masa | 20               | 20               |
| "Epikote" 834                                      | Partes en masa | 20               | 20               |
| "Epikote" 1001                                     | Partes en masa | 25               | 25               |
| "Epikote" 154                                      | Partes en masa | 35               | 35               |
| Resina de benzoxazina de tipo F-a                  | Partes en masa |                  |                  |
| Resina fenólica de tipo resol / PHENOLITE 5010     | Partes en masa |                  |                  |
| Dicy7 (agente de curado)                           | Partes en masa | 4                | 4                |
| DY9577   | Partes en masa |                  |                  |
| "Omicure" 24 (acelerador del curado)               | Partes en masa | 5                | 5                |
| • Haz de fibra de refuerzo                         | -              | Fibra de carbono | Fibra de carbono |
| • Grado de curado tras 130°C X 10 minutos          | -              | Estado curado    | Estado curado    |
| • Material metálico a2                             |                |                  |                  |
| Metal  | -              | Aluminio         | Titanio          |
| Espesor  | mm             | 0,5              | 0,2              |
| Tratamiento superficial                            | -              | Chorro de arena  | Chorro de arena  |
| Tamaño de poro                                     | µm             | 30               | 15               |
| • Capa de resina C                                 |                |                  |                  |
| Resina termoplástica c                             | -              | -                | -                |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C             | -                | -                |
| Pieza B  |                |                  |                  |
| Resina termoplástica b                             | -              | -                | -                |
| Fibra de refuerzo                                  | -              | -                | -                |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C             | -                | -                |
| Resistencia volumétrica específica                 | Ω · cm         | -                | -                |

Tabla 10

|   |     | Ejemplo 1-(12) | Ejemplo 1-(13) |
|---|-----|----------------|----------------|
| Moldeo  |     |                |                |
| • Etapa 1                                     |     |                |                |
| Presión                                       | MPa | 0,5            | 0,5            |
| Duración                                      | min | 1              | 1              |
| Temperatura del molde: Molde superior         | °C  | 220            | 240            |
| Temperatura del molde: Molde inferior         | °C  | 220            | 240            |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-1    | °C  | -              | -              |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-2    | °C  | -              | -              |
| Temperatura superficial de material metálico  | °C  | 215            | 238            |
| Grado de curado de la resina termoendurecible | %   | 82             | 88             |
| • Etapa 2                                     |     |                |                |
| Presión                                       | MPa | 10             | 15             |
| Duración                                      | min | 2              | 2              |

ES 2 586 734 T3

|  |     |               |               |
|--|-----|---------------|---------------|
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | 100           | 100           |
| Desmoldeo  | -   | Sin problemas | Sin problemas |
| • Etapa 3  |     |               |               |
| Presión  | MPa | -             | -             |
| Duración   | min | -             | □             |
| Temperatura del molde: Molde superior            | °C  | -             | -             |
| Temperatura del molde: Molde inferior            | °C  | -             | -             |
| Temperatura superficial de material metálico     | °C  |               | -             |
| Tiempo que tarda para disminuir a 180 °C o menos | min | -             | -             |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | -             | -             |
| Desmoldeo  | -   | -             | -             |
| • Tiempo de solidificación del molde             | min | 3             | 3             |
| Después del moldeo                               |     |               |               |
| Procesamiento del material compuesto metálico A  |     | -             | -             |
| Tras el curado                                   |     | Ninguno       | Ninguno       |
| Técnica para integrar A y B                      | -   | -             | -             |
| Conformación compleja de la pieza B              | -   | -             | -             |
| Evaluación                                       |     |               |               |
| Fuerza de unión del material compuesto metálico  | MPa | 16            | 13            |
| Peso del material compuesto metálico A           | -   | -             | -             |
| torsional  | -   | -             | -             |

Tabla 11

|  | Unidad         | Ejemplo comparativo 1-(1) | Ejemplo comparativo 1-(2) | Ejemplo comparativo 1-(3) |
|--|----------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Estructura del estratificado (superior/inferior) |                | a2/a1/a2                  | a2/a1/a2                  | a2                        |
| Material compuesto metálico A                    |                |                           |                           |                           |
| • Lámina sustrato a1                             |                |                           |                           |                           |
| • Composición de la resina termoendurecible      |                |                           |                           |                           |
| "Epikote" 828                                    | Partes en masa | 20                        | 20                        |                           |
| "Epikote" 834                                    | Partes en masa | 20                        | 20                        |                           |
| "Epikote" 1001                                   | Partes en masa | 25                        | 25                        |                           |
| "Epikote" 154                                    | Partes en masa | 35                        | 35                        |                           |
| Resina de benzoxazina de tipo F-a                | Partes en masa |                           |                           |                           |
| Resina fenólica de tipo resol / PHENOLITE 5010   | Partes en masa |                           |                           |                           |
| Dicy7 (agente de curado)                         | Partes en masa | 4                         | 4                         |                           |
| DY9577   | Partes en masa |                           |                           |                           |

ES 2 586 734 T3

|  | Unidad         | Ejemplo comparativo 1-(1) | Ejemplo comparativo 1-(2) | Ejemplo comparativo 1-(3) |
|--|----------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| "Omicure" 24 (acelerador del curado)               | Partes en masa | 5                         | 5                         |                           |
| • Haz de fibra de refuerzo                         | -              | Fibra de carbono          | Fibra de carbono          | Ninguno                   |
| • Grado de curado tras 130°C X 10 minutos          | -              | Estado semicurado         | Estado curado             | -                         |
| • Material metálico a2                             |                |                           |                           |                           |
| Metal  | -              | Aleación de aluminio      | Aleación de magnesio      | Aleación de aluminio      |
| Espesor  | mm             | 0,5                       | 0,5                       | 1,5                       |
| Tratamiento superficial                            | -              | Chorro de arena           | Chorro de arena           | Tratamiento con alumita   |
| Tamaño de poro                                     | µm             | 30                        | 50                        | 0,05                      |
| • Capa de resina C                                 |                |                           |                           |                           |
| Resina termoplástica c                             | -              | -                         | -                         | -                         |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C             | -                         | -                         | -                         |
| Pieza B  |                |                           |                           |                           |
| Resina termoplástica b                             | -              | -                         | -                         | -                         |
| Fibra de refuerzo                                  | -              | -                         | -                         | -                         |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C             | -                         | -                         | -                         |
| Resistencia volumétrica específica                 | ω · cm         | -                         | -                         | -                         |

Tabla 12

|   |     | Ejemplo comparativo 1-(1) | Ejemplo comparativo 1-(2) | Ejemplo comparativo 1-(3) |
|---|-----|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Moldeo  |     |                           |                           |                           |
| • Etapa 1                                     |     |                           |                           |                           |
| Presión                                       | MPa | 0,5                       | 0,5                       | 0,5                       |
| Duración                                      | min | 1                         | 1                         | 1                         |
| Temperatura del molde: Molde superior         | °C  | 220                       | 130                       | 220                       |
| Temperatura del molde: Molde inferior         | °C  | 220                       | 130                       | 220                       |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-1    | °C  | -                         | -                         | -                         |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-2    | °C  | -                         | -                         | -                         |
| Temperatura superficial de material metálico  | °C  | 215                       | 120                       | 215                       |
| Grado de curado de la resina termoendurecible | %   | 6                         | 12                        | -                         |
| • Etapa 2                                     |     |                           |                           |                           |
| Presión                                       | MPa | 10                        | 15                        | 0,5                       |
| Duración                                      | min | 2                         | 2                         | 2                         |
| Grado de curado de la resina termoendurecible | %   | 52                        | 22                        | -                         |
| Desmoldeo                                     | -   | Problemático              | Sin problemas             | Sin problemas             |
| • Etapa 3                                     |     |                           |                           |                           |
| Presión                                       | MPa | -                         | -                         | -                         |

ES 2 586 734 T3

|  |     | Ejemplo comparativo 1-(1) | Ejemplo comparativo 1-(2) | Ejemplo comparativo 1-(3) |
|--|-----|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Duración   | min | -                         | -                         | -                         |
| Temperatura del molde: Molde superior            | °C  | -                         | -                         | -                         |
| Temperatura del molde: Molde inferior            | °C  | -                         | -                         | -                         |
| Temperatura superficial de material metálico     | °C  |                           | -                         | -                         |
| Tiempo que tarda para disminuir a 180 °C o menos | min | -                         | -                         | -                         |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | -                         | -                         | -                         |
| Desmoldeo  | -   | -                         | -                         | -                         |
| • Tiempo de solidificación del molde             | min | 3                         | 3                         | 3                         |
| Después del moldeo                               |     |                           |                           |                           |
| Procesamiento del material compuesto metálico A  |     | -                         | -                         | -                         |
| Tras el curado                                   |     | Ninguno                   | Ninguno                   | Ninguno                   |
| Técnica para integrar A y B                      | -   | -                         | -                         | -                         |
| Conformación compleja de la pieza B              | -   | -                         | -                         | -                         |
| Evaluación                                       |     |                           |                           |                           |
| Fuerza de unión del material compuesto metálico  | MPa | Medición no posible       | 5                         | Medición no posible       |
| Peso del material compuesto metálico A           | -   | -                         | -                         | -                         |
| torsional  | -   | -                         | -                         | -                         |

Tabla 13

|  | Unidad         | Ejemplo 2-(1) | Ejemplo 2-(2) | Ejemplo 2-(3) |
|--|----------------|---------------|---------------|---------------|
| Estructura del estratificado (superior/inferior) |                | a2/a1/a2      | a2/a1/a2      | a2/a1/a2      |
| Material compuesto metálico A                    |                |               |               |               |
| • Lámina sustrato a1                             |                |               |               |               |
| • Composición de la resina termoendurecible      |                |               |               |               |
| "Epikote" 828                                    | Partes en masa | 20            | 20            | 20            |
| "Epikote" 834                                    | Partes en masa | 20            | 20            | 20            |
| "Epikote" 1001                                   | Partes en masa | 25            | 25            | 25            |
| "Epikote" 154                                    | Partes en masa | 35            | 35            | 35            |
| Resina de benzoxazina de tipo F-a                | Partes en masa |               |               |               |
| Resina fenólica de tipo resol / PHENOLITE 5010   | Partes en masa |               |               |               |
| Dicy7 (agente de curado)                         | Partes en masa | 4             | 4             | 4             |
| DY9577   | Partes en masa |               |               |               |
| "Omicure" 24 (acelerador del curado)             | Partes en masa | 5             | 5             | 5             |

ES 2 586 734 T3

|  |        |                      |                      |                         |
|--|--------|----------------------|----------------------|-------------------------|
| • Haz de fibra de refuerzo                         | -      | Fibra de carbono     | Fibra de carbono     | Fibra de carbono        |
| • Grado de curado tras 130°C X 10 minutos          | -      | Estado curado        | Estado curado        | Estado curado           |
| • Material metálico a2                             |        |                      |                      |                         |
| Metal  | -      | Aleación de aluminio | Aleación de magnesio | Aleación de aluminio    |
| Espesor  | mm     | 0,5                  | 0,5                  | 0,5                     |
| Tratamiento superficial                            | -      | Chorro de arena      | Chorro de arena      | Tratamiento con alúmina |
| Tamaño de poro                                     | µm     | 30                   | 50                   | 0,05                    |
| • Capa de resina C                                 |        |                      |                      |                         |
| Resina termoplástica c                             | -      | -                    | -                    | -                       |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C     | -                    | -                    | -                       |
| Pieza B  |        |                      |                      |                         |
| Resina termoplástica b                             | -      | -                    | -                    | -                       |
| Fibra de refuerzo                                  | -      | -                    | -                    | -                       |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C     | -                    | -                    | -                       |
| Resistencia volumétrica específica                 | Ω · cm | -                    | -                    | -                       |

Tabla 14

|  |     | Ejemplo 2-(1) | Ejemplo 2-(2) | Ejemplo 2-(3) |
|--|-----|---------------|---------------|---------------|
| • Etapa 1  |     |               |               |               |
| Presión  | MPa | 0,5           | 0,5           | 0,5           |
| Duración   | min | 1             | 1             | 1             |
| Temperatura del molde: Molde superior            | °C  | 220           | 210           | 220           |
| Temperatura del molde: Molde inferior            | °C  | 220           | 210           | 220           |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-1       | °C  | -             | -             | -             |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-2       | °C  | -             | -             | -             |
| Temperatura superficial de material metálico     | °C  | 215           | 200           | 215           |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | 82            | 77            | 82            |
| • Etapa 2  |     |               |               |               |
| Presión  | MPa | 10            | 15            | 10            |
| Duración   | min | 1             | 1             | 1             |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | -             | -             | -             |
| Desmoldeo  | -   | -             | -             | -             |
| • Etapa 3  |     |               |               |               |
| Presión  | MPa | 15            | 20            | 15            |
| Duración   | min | 1             | 1             | 1             |
| Temperatura del molde: Molde superior            | °C  | 150           | 150           | 150           |
| Temperatura del molde: Molde inferior            | °C  | 150           | 150           | 150           |
| Temperatura superficial de material metálico     | °C  | 160           | 165           | 160           |
| Tiempo que tarda para disminuir a 180 °C o menos | min | 2             | 2             | 2             |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | 100           | 100           | 100           |

ES 2 586 734 T3

|   |     | Ejemplo 2-(1) | Ejemplo 2-(2) | Ejemplo 2-(3) |
|---|-----|---------------|---------------|---------------|
| Desmoldeo                                       | -   | Sin problemas | Sin problemas | Sin problemas |
| • Tiempo de solidificación del molde            | min | 5             | 5             | 5             |
| Después del moldeo                              |     |               |               |               |
| Procesamiento del material compuesto metálico A |     | -             | -             | -             |
| Tras el curado                                  |     | Ninguno       | Ninguno       | Ninguno       |
| Técnica para integrar A y B                     | -   | -             | -             | -             |
| Conformación compleja de la pieza B             | -   | -             | -             | -             |
| Evaluación                                      |     |               |               |               |
| Fuerza de unión del material compuesto metálico | MPa | 16            | 18            | 20            |
| Peso del material compuesto metálico A          | -   | -             | -             | -             |
| torsional                                       | -   | -             | -             | -             |

Tabla 15

|  | Unidad         | Ejemplo 2-(4)        | Ejemplo 2-(5)        | Ejemplo 2-(6)        |
|--|----------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Estructura del estratificado (superior/inferior)   |                | a2/a1/a2             | a2/a1                | a2/a1/a2             |
| Material compuesto metálico A                      |                |                      |                      |                      |
| • Lámina sustrato a1                               |                |                      |                      |                      |
| • Composición de la resina termoendurecible        |                |                      |                      |                      |
| "Epikote" 828                                      | Partes en masa | 20                   | 20                   | 20                   |
| "Epikote" 834                                      | Partes en masa | 20                   | 20                   | 20                   |
| "Epikote" 1001                                     | Partes en masa | 25                   | 25                   | 25                   |
| "Epikote" 154                                      | Partes en masa | 35                   | 35                   | 35                   |
| Resina de benzoxazina de tipo F-a                  | Partes en masa |                      |                      |                      |
| Resina fenólica de tipo resol / PHENOLITE 5010     | Partes en masa |                      |                      |                      |
| Dicy7 (agente de curado)                           | Partes en masa | 4                    | 4                    | 4                    |
| DY9577   | Partes en masa |                      |                      |                      |
| "Omicure" 24 (acelerador del curado)               | Partes en masa | 5                    | 5                    | 5                    |
| • Haz de fibra de refuerzo                         | -              | Ninguno              | Fibra de carbono     | Fibra de carbono     |
| • Grado de curado tras 130°C X 10 minutos          | -              | Estado curado        | Estado curado        | Estado curado        |
| • Material metálico a2                             |                |                      |                      |                      |
| Metal  | -              | Aleación de aluminio | Aleación de aluminio | Aleación de aluminio |
| Espesor  | mm             | 0,5                  | 0,5                  | 0,5                  |
| Tratamiento superficial                            | -              | Chorro de arena      | Chorro de arena      | Chorro de arena      |
| Tamaño de poro                                     | µm             | 30                   | 30                   | 30                   |
| • Capa de resina C                                 |                |                      |                      |                      |
| Resina termoplástica c                             | -              | -                    | -                    | -                    |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C             | -                    | -                    | -                    |
| Pieza B  |                |                      |                      |                      |
| Resina termoplástica b                             | -              | -                    | -                    | -                    |
| Fibra de refuerzo                                  | -              | -                    | -                    | -                    |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C             | -                    | -                    | -                    |
| Resistencia volumétrica específica                 | Ω · cm         | -                    | -                    | -                    |

Tabla 16

|  |     | Ejemplo 2-(4) | Ejemplo 2-(5) | Ejemplo 2-(6)   |
|--|-----|---------------|---------------|-----------------|
| Moldeo   |     |               |               |                 |
| • Etapa 1  |     |               |               |                 |
| Presión  | MPa | 0,5           | 0,5           | 0,5             |
| Duración   | min | 1             | 1             | 1               |
| Temperatura del molde: Molde superior            | °C  | 220           | 220           | 220             |
| Temperatura del molde: Molde inferior            | °C  | 220           | 150           | 220             |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-1       | °C  | -             | -             | -               |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-2       | °C  | -             | -             | -               |
| Temperatura superficial de material metálico     | °C  | 215           | 215           | 215             |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | 82            | 85            | 53              |
| • Etapa 2  |     |               |               |                 |
| Presión  | MPa | 10            | 5             | 10              |
| Duración   | min | 1             | 1             | 0,5             |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | -             | -             | -               |
| Desmoldeo  | -   | -             | -             | -               |
| • Etapa 3  |     |               |               |                 |
| Presión  | MPa | 15            | 10            | 15              |
| Duración   | min | 1             | 1             | 1               |
| Temperatura del molde: Molde superior            | °C  | 150           | 150           | 170             |
| Temperatura del molde: Molde inferior            | °C  | 150           | 150           | 170             |
| Temperatura superficial de material metálico     | °C  | 160           | 165           | 175             |
| Tiempo que tarda para disminuir a 180 °C o menos | min | 2             | 2             | 1               |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | 100           | 100           | 95              |
| Desmoldeo  | -   | Sin problemas | Sin problemas | Sin problemas   |
| • Tiempo de solidificación del molde             | min | 5             | 5             | 3               |
| Después del moldeo                               |     |               |               |                 |
| Procesamiento del material compuesto metálico A  |     | -             | -             | -               |
| Tras el curado                                   |     | Ninguno       | Ninguno       | 150°C x 100 min |
| Técnica para integrar A y B                      | -   | -             | -             | -               |
| Conformación compleja de la pieza B              | -   | -             | -             | -               |
| Evaluación                                       |     |               |               |                 |
| Fuerza de unión del material compuesto metálico  | MPa | 15            | 13            | 17              |
| Peso del material compuesto metálico A           | -   | -             | -             | -               |
| torsional  | -   | -             | -             | -               |

Tabla 17

|  | Unidad | Ejemplo comparativo 2-(1) | Ejemplo comparativo 2-(2) |
|--|--------|---------------------------|---------------------------|
| Estructura del estratificado (superior/inferior) |        | a2/a1/a2                  | a2/a1                     |
| Material compuesto metálico A                    |        |                           |                           |
| • Lámina sustrato a1                             |        |                           |                           |
| • Composición de la resina termoendurecible      |        |                           |                           |

ES 2 586 734 T3

|  | Unidad         | Ejemplo comparativo 2-(1) | Ejemplo comparativo 2-(2) |
|--|----------------|---------------------------|---------------------------|
| "Epikote" 828                                      | Partes en masa | 20                        | 20                        |
| "Epikote" 834                                      | Partes en masa | 20                        | 20                        |
| "Epikote" 1001                                     | Partes en masa | 25                        | 25                        |
| "Epikote" 154                                      | Partes en masa | 35                        | 35                        |
| Resina de benzoxazina de tipo F-a                  | Partes en masa |                           |                           |
| Resina fenólica de tipo resol / PHENOLITE 5010     | Partes en masa |                           |                           |
| Dicy7 (agente de curado)                           | Partes en masa | 4                         | 4                         |
| DY9577   | Partes en masa |                           |                           |
| "Omicure" 24 (acelerador del curado)               | Partes en masa |                           |                           |
| • Haz de fibra de refuerzo                         | -              | Fibra de carbono          | Fibra de carbono          |
| • Grado de curado tras 130°C X 10 minutos          | -              | Estado semicurado         | Estado curado             |
| • Material metálico a2                             |                |                           |                           |
| Metal  | -              | Aleación de aluminio      | Aleación de magnesio      |
| Espesor  | mm             | 0,5                       | 0,5                       |
| Tratamiento superficial                            | -              | Chorro de arena           | Chorro de arena           |
| Tamaño de poro                                     | µm             | 30                        | 50                        |
| • Capa de resina C                                 |                |                           |                           |
| Resina termoplástica c                             | -              | -                         | -                         |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C             | -                         | -                         |
| Pieza B  |                |                           |                           |
| Resina termoplástica b                             | -              | -                         | -                         |
| Fibra de refuerzo                                  | -              | -                         | -                         |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C             | -                         | -                         |
| Resistencia volumétrica específica                 | Ω · cm         | -                         | -                         |

Tabla 18

|   |     | Ejemplo comparativo 2-(1) | Ejemplo comparativo 2-(2) |
|---|-----|---------------------------|---------------------------|
| Moldeo  |     |                           |                           |
| • Etapa 1                                     |     |                           |                           |
| Presión                                       | MPa | 0,5                       | 0,5                       |
| Duración                                      | min | 1                         | 1                         |
| Temperatura del molde: Molde superior         | °C  | 220                       | 130                       |
| Temperatura del molde: Molde inferior         | °C  | 220                       | 130                       |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-1    | °C  | -                         | -                         |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-2    | °C  | -                         | -                         |
| Temperatura superficial de material metálico  | °C  | 215                       | 125                       |
| Grado de curado de la resina termoendurecible | %   | 6                         | 12                        |

ES 2 586 734 T3

|  |     | Ejemplo comparativo 2-(1) | Ejemplo comparativo 2-(2) |
|--|-----|---------------------------|---------------------------|
| • Etapa 2  |     |                           |                           |
| Presión  | MPa | 10                        | 15                        |
| Duración   | min | 3                         | 3                         |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | 56                        | 22                        |
| Desmoldeo  | -   | Problemático              | Problemático              |
| • Etapa 3  |     |                           |                           |
| Presión  | MPa | -                         | -                         |
| Duración   | min | -                         | -                         |
| Temperatura del molde: Molde superior            | °C  | -                         | -                         |
| Temperatura del molde: Molde inferior            | °C  | -                         | -                         |
| Temperatura superficial de material metálico     | °C  |                           | -                         |
| Tiempo que tarda para disminuir a 180 °C o menos | min | -                         | -                         |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | -                         | -                         |
| Desmoldeo  | -   | -                         | -                         |
| • Tiempo de solidificación del molde             | min | 4                         | 4                         |
| Después del moldeo                               |     |                           |                           |
| Procesamiento del material compuesto metálico A  |     | -                         | -                         |
| Tras el curado                                   |     | Ninguno                   | Ninguno                   |
| Técnica para integrar A y B                      | -   | -                         | -                         |
| Conformación compleja de la pieza B              | -   | -                         | -                         |
| Evaluación                                       |     |                           |                           |
| Fuerza de unión del material compuesto metálico  | MPa | Medición no posible       | Medición no posible       |
| Peso del material compuesto metálico A           | -   | -                         | -                         |
| torsional  | -   | -                         | -                         |

Tabla 19

|  | Unidad         | Ejemplo 3-(1) | Ejemplo 3-(2) | Ejemplo 3-(3) |
|--|----------------|---------------|---------------|---------------|
| Estructura del estratificado (superior/inferior) |                | a2/a1         | a2/a1         | a2/a1         |
| Material compuesto metálico A                    |                |               |               |               |
| • Lámina sustrato a1                             |                |               |               |               |
| • Composición de la resina termoendurecible      |                |               |               |               |
| "Epikote" 828                                    | Partes en masa | 20            | 20            | 20            |
| "Epikote" 834                                    | Partes en masa | 20            | 20            | 20            |
| "Epikote" 1001                                   | Partes en masa | 25            | 25            | 25            |
| "Epikote" 154                                    | Partes en masa | 35            | 35            | 35            |
| Resina de benzoxazina de tipo F-a                | Partes en masa |               |               |               |
| Resina fenólica de tipo resol / PHENOLITE 5010   | Partes en masa |               |               |               |
| Dicy7 (agente de curado)                         | Partes en masa | 4             | 4             | 4             |

ES 2 586 734 T3

|  | Unidad         | Ejemplo 3-(1)        | Ejemplo 3-(2)        | Ejemplo 3-(3)           |
|--|----------------|----------------------|----------------------|-------------------------|
| DY9577   | Partes en masa |                      |                      |                         |
| "Omicure" 24 (acelerador del curado)               | Partes en masa | 5                    | 5                    | 5                       |
| • Haz de fibra de refuerzo                         | -              | Fibra de carbono     | Fibra de carbono     | Fibra de carbono        |
| • Grado de curado tras 130°C X 10 minutos          | -              | Estado curado        | Estado curado        | Estado curado           |
| • Material metálico a2                             |                |                      |                      |                         |
| Metal  | -              | Aleación de aluminio | Aleación de magnesio | Aleación de aluminio    |
| Espesor  | mm             | 0,5                  | 0,5                  | 0,5                     |
| Tratamiento superficial                            | -              | Chorro de arena      | Chorro de arena      | Tratamiento con alumita |
| Tamaño de poro                                     | µm             | 30                   | 50                   | 0,05                    |
| • Capa de resina C                                 |                |                      |                      |                         |
| Resina termoplástica c                             | -              | -                    | -                    | -                       |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C             | -                    | -                    | -                       |
| Pieza B  |                |                      |                      |                         |
| Resina termoplástica b                             | -              | -                    | -                    | -                       |
| Fibra de refuerzo                                  | -              | -                    | -                    | -                       |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C             | -                    | -                    | -                       |
| Resistencia volumétrica específica                 | Ω · cm         | -                    | -                    | -                       |

Tabla 20

|  |     | Ejemplo 3-(1) | Ejemplo 3-(2) | Ejemplo 3-(3) |
|--|-----|---------------|---------------|---------------|
| Moldeo   |     |               |               |               |
| • Etapa 1  |     |               |               |               |
| Presión  | MPa | 0,5           | 0,5           | 0,5           |
| Duración   | min | 1             | 1             | 1             |
| Temperatura del molde: Molde superior            | °C  | 150           | 150           | 150           |
| Temperatura del molde: Molde inferior            | °C  | 150           | 150           | 150           |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-1       | °C  | 150           | 150           | 150           |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-2       | °C  | 250           | 250           | 250           |
| Temperatura superficial de material metálico     | °C  | 245           | 240           | 245           |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | 57            | 57            | 57            |
| • Etapa 2  |     |               |               |               |
| Presión  | MPa | 10            | 20            | 10            |
| Duración   | min | 2             | 2             | 2             |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | 100           | 100           | 100           |
| Desmoldeo  | -   | Sin problemas | Sin problemas | Sin problemas |
| • Etapa 3  |     |               |               |               |
| Presión  | MPa | -             | -             | -             |
| Duración   | min | -             | -             | -             |
| Temperatura del molde: Molde superior            | °C  | -             | -             | -             |
| Temperatura del molde: Molde inferior            | °C  | -             | -             | -             |
| Temperatura superficial de material metálico     | °C  | -             | -             | -             |
| Tiempo que tarda para disminuir a 180 °C o menos | min | -             | -             | -             |

ES 2 586 734 T3

|   |     | Ejemplo 3-(1) | Ejemplo 3-(2) | Ejemplo 3-(3) |
|---|-----|---------------|---------------|---------------|
| Grado de curado de la resina termoendurecible   | %   | -             | -             | -             |
| Desmoldeo                                       | -   | -             | -             | -             |
| • Tiempo de solidificación del molde            | min | 3             | 3             | 3             |
| Después del moldeo                              |     |               |               |               |
| Procesamiento del material compuesto metálico A |     | -             | -             | -             |
| Tras el curado                                  |     | Ninguno       | Ninguno       | Ninguno       |
| Técnica para integrar A y B                     | -   | -             | -             | -             |
| Conformación compleja de la pieza B             | -   | -             | -             | -             |
| Evaluación                                      |     |               |               |               |
| Fuerza de unión del material compuesto metálico | MPa | 14            | 16            | 18            |
| Peso del material compuesto metálico A          | -   | -             | -             | -             |
| torsional                                       | -   | -             | -             | -             |

Tabla 21

|  | Unidad         | Ejemplo 3-(4)        | Ejemplo 3-(5)        | Ejemplo 3-(6)           |
|--|----------------|----------------------|----------------------|-------------------------|
| Estructura del estratificado (superior/inferior) |                | a2/a1                | a2/a1                | a2/a1/a2                |
| Material compuesto metálico A                    |                |                      |                      |                         |
| • Lámina sustrato a1                             |                |                      |                      |                         |
| • Composición de la resina termoendurecible      |                |                      |                      |                         |
| "Epikote" 828                                    | Partes en masa | 20                   | 20                   | 20                      |
| "Epikote" 834                                    | Partes en masa | 20                   | 20                   | 20                      |
| "Epikote" 1001                                   | Partes en masa | 25                   | 25                   | 25                      |
| "Epikote" 154                                    | Partes en masa | 35                   | 35                   | 35                      |
| Resina de benzoxazina de tipo F-a                | Partes en masa |                      |                      |                         |
| Resina fenólica de tipo resol / PHENOLITE 5010   | Partes en masa |                      |                      |                         |
| Dicy7 (agente de curado)                         | Partes en masa | 4                    | 4                    | 4                       |
| DY9577   | Partes en masa |                      |                      |                         |
| "Omicure" 24 (acelerador del curado)             | Partes en masa | 5                    | 5                    | 5                       |
| • Haz de fibra de refuerzo                       | -              | Ninguno              | Fibra de carbono     | Fibra de carbono        |
| • Grado de curado tras 130°C X 10 minutos        | -              | Estado curado        | Estado curado        | Estado curado           |
| • Material metálico a2                           |                |                      |                      |                         |
| Metal  | -              | Aleación de aluminio | Aleación de magnesio | Aleación de aluminio    |
| Espesor  | mm             | 0,5                  | 0,5                  | 0,5                     |
| Tratamiento superficial                          | -              | Chorro de arena      | Chorro de arena      | Tratamiento con alumita |
| Tamaño de poro                                   | µm             | 30                   | 30                   | 30                      |
| • Capa de resina C                               |                |                      |                      |                         |
| Resina termoplástica c                           | -              | -                    | -                    | -                       |

ES 2 586 734 T3

|  | Unidad                   | Ejemplo 3-(4) | Ejemplo 3-(5) | Ejemplo 3-(6) |
|--|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C                       | -             | -             | -             |
| Pieza B  |                          |               |               |               |
| Resina termoplástica b                             | -                        | -             | -             | -             |
| Fibra de refuerzo                                  | -                        | -             | -             | -             |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C                       | -             | -             | -             |
| Resistencia volumétrica específica                 | $\Omega \cdot \text{cm}$ | -             | -             | -             |

Tabla 22

|  |     | Ejemplo 3-(4) | Ejemplo 3-(5)  | Ejemplo 3-(6) |
|--|-----|---------------|----------------|---------------|
| Moldeo   |     |               |                |               |
| • Etapa 1  |     |               |                |               |
| Presión  | MPa | 0,5           | 0,5            | 0,5           |
| Duración   | min | 1             | 0,5            | 1             |
| Temperatura del molde: Molde superior            | °C  | 150           | 150            | 150           |
| Temperatura del molde: Molde inferior            | °C  | 150           | 150            | 150           |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-1       | °C  | 150           | 150            | 150           |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-2       | °C  | 250           | 250            | 250           |
| Temperatura superficial de material metálico     | °C  | 245           | 245            | 245           |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | 57            | 53             | 57            |
| • Etapa 2  |     |               |                |               |
| Presión  | MPa | 10            | 10             | 10            |
| Duración   | min | 2             | 1              | 2             |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | 100           | 95             | 100           |
| Desmoldeo  | -   | Sin problemas | Sin problemas  | Sin problemas |
| • Etapa 3  |     |               |                |               |
| Presión  | MPa | -             | -              | -             |
| Duración   | min | -             | -              | -             |
| Temperatura del molde: Molde superior            | °C  | -             | -              | -             |
| Temperatura del molde: Molde inferior            | °C  | -             | -              | -             |
| Temperatura superficial de material metálico     | °C  | -             | -              | -             |
| Tiempo que tarda para disminuir a 180 °C o menos | min | -             | -              | -             |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | -             | -              | -             |
| Desmoldeo  | -   | -             | -              | -             |
| • Tiempo de solidificación del molde             | min | 3             | 1,5            | 2             |
| Después del moldeo                               |     |               |                |               |
| Procesamiento del material compuesto metálico A  |     | -             | -              | -             |
| Tras el curado                                   |     | Ninguno       | 150°C x 10 min | Ninguno       |
| Técnica para integrar A y B                      | -   | -             | -              | -             |
| Conformación compleja de la pieza B              | -   | -             | -              | -             |
| Evaluación                                       |     |               |                |               |
| Fuerza de unión del material compuesto metálico  | MPa | 14            | 17             | 16            |
| Peso del material compuesto metálico A           | -   | -             | -              | -             |

ES 2 586 734 T3

Ejemplo 3-(4)    Ejemplo 3-(5)    Ejemplo 3-(6)

|           |   |   |   |   |
|-----------|---|---|---|---|
| torsional | - | - | - | - |
|           |   |   |   |   |

Tabla 23

|  | Unidad         | Ejemplo 3-(7)        | Ejemplo comparativo 3-(1) | Ejemplo comparativo 3-(2) |
|--|----------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|
| Estructura del estratificado (superior/inferior)   |                | a2/a1/a2             | a2/a1                     | a2/a1                     |
| Material compuesto metálico A                      |                |                      |                           |                           |
| • Lámina sustrato a1                               |                |                      |                           |                           |
| • Composición de la resina termoendurecible        |                |                      |                           |                           |
| "Epikote" 828                                      | Partes en masa | 20                   | 20                        | 20                        |
| "Epikote" 834                                      | Partes en masa | 20                   | 20                        | 20                        |
| "Epikote" 1001                                     | Partes en masa | 25                   | 25                        | 25                        |
| "Epikote" 154                                      | Partes en masa | 35                   | 35                        | 35                        |
| Resina de benzoxazina de tipo F-a                  | Partes en masa |                      |                           |                           |
| Resina fenólica de tipo resol / PHENOLITE 5010     | Partes en masa |                      |                           |                           |
| Dicy7 (agente de curado)                           | Partes en masa | 4                    | 4                         | 4                         |
| DY9577   | Partes en masa |                      |                           |                           |
| "Omicure" 24 (acelerador del curado)               | Partes en masa |                      |                           | 5                         |
| • Haz de fibra de refuerzo                         | -              | Fibra de carbono     | Fibra de carbono          | Fibra de carbono          |
| • Grado de curado tras 130°C X 10 minutos          | -              | Estado semicurado    | Estado semicurado         | Estado curado             |
| • Material metálico a2                             |                |                      |                           |                           |
| Metal  | -              | Aleación de aluminio | Aleación de aluminio      | Aleación de magnesio      |
| Espesor  | mm             | 0,5                  | 0,5                       | 0,5                       |
| Tratamiento superficial                            | -              | Chorro de arena      | Chorro de arena           | Chorro de arena           |
| Tamaño de poro                                     | µm             | 30                   | 30                        | 50                        |
| • Capa de resina C                                 |                |                      |                           |                           |
| Resina termoplástica c                             | -              | -                    | -                         | -                         |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C             | -                    | -                         | -                         |
| Pieza B  |                |                      |                           |                           |
| Resina termoplástica b                             | -              | -                    | -                         | -                         |
| Fibra de refuerzo                                  | -              | -                    | -                         | -                         |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C             | -                    | -                         | -                         |
| Resistencia volumétrica específica                 | Ω · cm         | -                    | -                         | -                         |

Tabla 24

|  |     | Ejemplo 3-(7) | Ejemplo comparativo 3-(1) | Ejemplo comparativo 3-(2) |
|--|-----|---------------|---------------------------|---------------------------|
| Moldeo   |     |               |                           |                           |
| • Etapa 1  |     |               |                           |                           |
| Presión  | MPa | 0,5           | 0,5                       | 0,5                       |
| Duración   | min | 20            | 1                         | 1                         |
| Temperatura del molde: Molde superior            | °C  | 150           | 150                       | 130                       |
| Temperatura del molde: Molde inferior            | °C  | 150           | 150                       | 130                       |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-1       | °C  | 150           | 150                       | 130                       |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-2       | °C  | 250           | 250                       | 250                       |
| Temperatura superficial de material metálico     | °C  | 250           | 245                       | 120                       |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | 86            | 6                         | 12                        |
| • Etapa 2  |     |               |                           |                           |
| Presión  | MPa | 10            | 10                        | 10                        |
| Duración   | min | 2             | 2                         | 2                         |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | 100           | 48                        | 22                        |
| Desmoldeo  | -   | Sin problemas | Problemático              | Problemático              |
| • Etapa 3  |     |               |                           |                           |
| Presión  | MPa | -             | -                         | -                         |
| Duración   | min | -             | -                         | -                         |
| Temperatura del molde: Molde superior            | °C  | -             | -                         | -                         |
| Temperatura del molde: Molde inferior            | °C  | -             | -                         | -                         |
| Temperatura superficial de material metálico     | °C  | -             | -                         | -                         |
| Tiempo que tarda para disminuir a 180 °C o menos | min | -             | -                         | -                         |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | -             | -                         | -                         |
| Desmoldeo  | -   | -             | -                         | -                         |
| • Tiempo de solidificación del molde             | min | 22            | 3                         | 3                         |
| Después del moldeo                               |     |               |                           |                           |
| Procesamiento del material compuesto metálico A  |     | -             | -                         | -                         |
| Tras el curado                                   |     | Ninguno       | Ninguno                   | Ninguno                   |
| Técnica para integrar A y B                      | -   | -             | -                         | -                         |
| Conformación compleja de la pieza B              | -   | -             | -                         | -                         |
| Evaluación                                       |     |               |                           |                           |
| Fuerza de unión del material compuesto metálico  | MPa | 16            | Medición no posible       | 4                         |
| Peso del material compuesto metálico A           | -   | -             | -                         | -                         |
| torsional  | -   | -             | -                         | -                         |

Tabla 25

|  | Unidad         | Ejemplo 4-(1)           | Ejemplo 4-(2)        | Ejemplo 4-(3)           |
|--|----------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|
| Estructura del estratificado (superior/inferior)   |                | a2/a1/a2                | a2/a1/a2             | a2/a1/c                 |
| Material compuesto metálico A                      |                |                         |                      |                         |
| • Lámina sustrato a1                               |                |                         |                      |                         |
| • Composición de la resina termoendurecible        |                |                         |                      |                         |
| "Epikote" 828                                      | Partes en masa | 20                      | 20                   | 20                      |
| "Epikote" 834                                      | Partes en masa | 20                      | 20                   | 20                      |
| "Epikote" 1001                                     | Partes en masa | 25                      | 25                   | 25                      |
| "Epikote" 154                                      | Partes en masa | 35                      | 35                   | 35                      |
| Resina de benzoxazina de tipo F-a                  | Partes en masa |                         |                      |                         |
| Resina fenólica de tipo resol / PHENOLITE 5010     | Partes en masa |                         |                      |                         |
| Dicy7 (agente de curado)                           | Partes en masa | 4                       | 4                    | 4                       |
| DY9577   | Partes en masa |                         |                      |                         |
| "Omicure" 24 (acelerador del curado)               | Partes en masa | 5                       | 5                    | 5                       |
| • Haz de fibra de refuerzo                         | -              | Fibra de carbono        | Fibra de carbono     | Fibra de carbono        |
|  | Unidad         | Ejemplo 4-(1)           | Ejemplo 4-(2)        | Ejemplo 4-(3)           |
| • Grado de curado tras 130°C X 10 minutos          | -              | Estado curado           | Estado curado        | Estado curado           |
| • Material metálico a2                             |                |                         |                      |                         |
| Metal  | -              | Aleación de aluminio    | Aleación de magnesio | Aleación de aluminio    |
| Espesor  | mm             | 0,5                     | 0,5                  | 0,5                     |
| Tratamiento superficial                            | -              | Tratamiento con alumita | Chorro de arena      | Tratamiento con alumita |
| Tamaño de poro                                     | µm             | 0,05                    | 50                   | 0,05                    |
| • Capa de resina C                                 |                |                         |                      |                         |
| Resina termoplástica c                             | -              | Ninguno                 | Ninguno              | Poliamida               |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C             | Ninguno                 | Ninguno              | 155                     |
| Pieza B  |                |                         |                      |                         |
| Resina termoplástica b                             | -              | Poliamida               | Poliamida            | Poliamida               |
| Fibra de refuerzo                                  | -              | Ninguno                 | Ninguno              | Fibra de carbono        |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C             | 225                     | 225                  | 225                     |
| Resistencia volumétrica específica                 | Ω · cm         | Fuera de escala         | Fuera de escala      | 101                     |

Tabla 26

|           |     | Ejemplo 4-(1) | Ejemplo 4-(2) | Ejemplo 4-(3) |
|-----------|-----|---------------|---------------|---------------|
| Moldeo    |     |               |               |               |
| • Etapa 1 |     |               |               |               |
| Presión   | MPa | 0,5           | 0,5           | 0,5           |

ES 2 586 734 T3

|  |     | Ejemplo 4-(1)        | Ejemplo 4-(2)        | Ejemplo 4-(3)        |
|--|-----|----------------------|----------------------|----------------------|
| Duración   | min | 1                    | 1                    | 1                    |
| Temperatura del molde: Molde superior            | °C  | 220                  | 210                  | 220                  |
| Temperatura del molde: Molde inferior            | °C  | 220                  | 210                  | 150                  |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-1       | °C  | -                    | -                    | -                    |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-2       | °C  | -                    | -                    | -                    |
| Temperatura superficial de material metálico     | °C  | 215                  | 200                  | 215                  |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | 82                   | 77                   | 85                   |
| • Etapa 2  |     |                      |                      |                      |
| Presión  | MPa | 10                   | 10                   | 5                    |
| Duración   | min | 2                    | 2                    | 2                    |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | 100                  | 200                  | 100                  |
| Desmoldeo  | -   | Sin problemas        | Sin problemas        | Sin problemas        |
| • Etapa 3  |     |                      |                      |                      |
| Presión  | MPa | -                    | -                    | -                    |
| Duración   | min | -                    | -                    | -                    |
| Temperatura del molde: Molde superior            | °C  | -                    | -                    | -                    |
| Temperatura del molde: Molde inferior            | °C  | -                    | -                    | -                    |
| Temperatura superficial de material metálico     | °C  |                      |                      | --                   |
| Tiempo que tarda para disminuir a 180 °C o menos | min | -                    | -                    | -                    |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | -                    | -                    | -                    |
| Desmoldeo  | -   | -                    | -                    | -                    |
| • Tiempo de solidificación del molde             |     |                      |                      |                      |
| Después del moldeo                               |     |                      |                      |                      |
| Procesamiento del material compuesto metálico A  |     | Ninguno              | Ninguno              | Ninguno              |
| Tras el curado                                   |     | -                    | -                    | -                    |
| Técnica para integrar A y B                      | -   | Moldeo por inyección | Moldeo por inyección | Moldeo por inyección |
| Conformación compleja de la pieza B              | -   | Bastidor, arista     | Bastidor, arista     | Bastidor, arista     |
| Evaluación                                       |     |                      |                      |                      |
| Fuerza de unión del material compuesto metálico  | MPa | 16                   | 18                   | 16                   |
| Peso del material compuesto metálico A           | -   | Bueno                | Excelente            | Bueno                |
| torsional  | -   | Excelente            | Excelente            | Bueno                |

Tabla 27

|  | Unidad | Ejemplo 4-(4) | Ejemplo 4-(5) | Ejemplo 4-(6) |
|--|--------|---------------|---------------|---------------|
| Estructura del estratificado (superior/inferior) |        | a2/a1/c       | a2/a1/a2      | a2/a1/a2      |
| Material compuesto metálico A                    |        |               |               |               |
| • Lámina sustrato a1                             |        |               |               |               |
| • Composición de la resina termoendurecible      |        |               |               |               |

ES 2 586 734 T3

|  | Unidad         | Ejemplo 4-(4)           | Ejemplo 4-(5)           | Ejemplo 4-(6)           |
|--|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| "Epikote" 828                                      | Partes en masa | 20                      | 20                      | 20                      |
| "Epikote" 834                                      | Partes en masa | 20                      | 20                      | 20                      |
| "Epikote" 1001                                     | Partes en masa | 25                      | 25                      | 25                      |
| "Epikote" 154                                      | Partes en masa | 35                      | 35                      | 35                      |
| Resina de benzoxazina de tipo F-a                  | Partes en masa |                         |                         |                         |
| Resina fenólica de tipo resol / PHENOLITE 5010     | Partes en masa |                         |                         |                         |
|  | Unidad         | Ejemplo 4-(4)           | Ejemplo 4-(5)           | Ejemplo 4-(6)           |
| Dicy7 (agente de curado)                           | Partes en masa | 4                       | 4                       | 4                       |
| DY9577   | Partes en masa |                         |                         |                         |
| "Omicure" 24 (acelerador del curado)               | Partes en masa | 5                       | 5                       | 5                       |
| • Haz de fibra de refuerzo                         | -              | Fibra de carbono        | Fibra de carbono        | Fibra de carbono        |
| • Grado de curado tras 130°C X 10 minutos          | -              | Estado curado           | Estado curado           | Estado curado           |
| • Material metálico a2                             |                |                         |                         |                         |
| Metal  | -              | Aleación de aluminio    | Aleación de aluminio    | Aleación de aluminio    |
| Espesor  | mm             | 0,5                     | 0,5                     | 0,5                     |
| Tratamiento superficial                            | -              | Tratamiento con alumita | Tratamiento con alumita | Tratamiento con alumita |
| Tamaño de poro                                     | µm             | 0,05                    | 0,05                    | 0,05                    |
| • Capa de resina C                                 |                |                         |                         |                         |
| Resina termoplástica c                             | -              | Poliamida               | Ninguno                 | Ninguno                 |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C             | 198                     | Ninguno                 | Ninguno                 |
| Pieza B  |                |                         |                         |                         |
| Resina termoplástica b                             | -              | Poliamida               | Poliamida               | Poliamida               |
| Fibra de refuerzo                                  | -              | Fibra de vidrio         | Ninguno                 | Ninguno                 |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C             | 225                     | 225                     | 225                     |
| Resistencia volumétrica específica                 | Ω · cm         | Fuera de escala         | Fuera de escala         | Fuera de escala         |

Tabla 28

|  |     | Ejemplo 4-(4) | Ejemplo 4-(5) | Ejemplo 4-(6) |
|--|-----|---------------|---------------|---------------|
| Moldeo                                     |     |               |               |               |
| • Etapa 1                                  |     |               |               |               |
| Presión                                    | MPa | 0,5           | 0,5           | 0,5           |
| Duración                                   | min | 1             | 1             | 1             |
| Temperatura del molde: Molde superior      | °C  | 220           | 220           | 220           |
| Temperatura del molde: Molde inferior      | °C  | 220           | 220           | 150           |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-1 | °C  | -             | -             | -             |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-2 | °C  | -             | -             | -             |

ES 2 586 734 T3

|   |     | Ejemplo 4-(4)        | Ejemplo 4-(5)                  | Ejemplo 4-(6)    |
|---|-----|----------------------|--------------------------------|------------------|
| Temperatura superficial de material metálico      | °C  | 215                  | 215                            | 215              |
| Grado de curado de la resina termoendurecible     | %   | 82                   | 82                             | 82               |
| • Etapa 2   |     |                      |                                |                  |
| Presión   | MPa | 10                   | 10                             | 10               |
| Duración  | min | 2                    | 2                              | 2                |
| Grado de curado de la resina termoendurecible     | %   | 100                  | 100                            | 100              |
| Desmoldeo   | -   | Sin problemas        | Sin problemas                  | Sin problemas    |
| • Etapa 3   |     |                      |                                |                  |
| Presión   | MPa | -                    | -                              | -                |
| Duración  | min | -                    | -                              | -                |
| Temperatura del molde: Molde superior             | °C  | -                    | -                              | -                |
| Temperatura del molde: Molde inferior             | °C  | -                    | -                              | -                |
| Temperatura superficial de material metálico      | °C  | -                    | -                              | -                |
| Tiempo que tarda para disminuir a 180 °C, o menos | min | -                    | -                              | -                |
| Grado de curado de la resina termoendurecible     | %   | -                    | -                              | -                |
| Desmoldeo   | -   | -                    | -                              | -                |
| • Tiempo de solidificación del molde              | min | 3                    | 3                              | 3                |
| Después del moldeo                                |     |                      |                                |                  |
| Procesamiento del material compuesto metálico A   |     | Ninguno              | Tratamiento de unión de juntas | Ninguno          |
| Tras el curado                                    |     | -                    | -                              | -                |
| Técnica para integrar A y B                       | -   | Moldeo por inyección | Moldeo por inyección           | Moldeo en prensa |
| Conformación compleja de la pieza B               | -   | Bastidor, arista     | Bastidor, arista               | Bastidor, arista |
| Evaluación  |     |                      |                                |                  |
| Fuerza de unión del material compuesto metálico   | MPa | 16                   | 16                             | 17               |
| Peso del material compuesto metálico A            | -   | Bueno                | Bueno                          | Bueno            |
| torsional   | -   | Excelente            | Excelente                      | Excelente        |

Tabla 29

|  | Unidad         | Ejemplo 4-(7) | Ejemplo 4-(8) |
|--|----------------|---------------|---------------|
| Estructura del estratificado (superior/inferior) |                | a2/a1/a2      | a2/a1/a2      |
| Material compuesto metálico A                    |                |               |               |
| • Lámina sustrato a1                             |                |               |               |
| • Composición de la resina termoendurecible      |                |               |               |
| "Epikote" 828                                    | Partes en masa | 20            | 20            |
| "Epikote" 834                                    | Partes en masa | 20            | 20            |
| "Epikote" 1001                                   | Partes en masa | 25            | 25            |
| "Epikote" 154                                    | Partes en masa | 35            | 35            |
| Resina de benzoxazina de tipo F-a                | Partes en masa |               |               |
| Resina fenólica de tipo resol / PHENOLITE 5010   | Partes en masa |               |               |
| Dicy7 (agente de curado)                         | Partes en masa | 4             | 4             |
| DY9577   | Partes en masa |               |               |

ES 2 586 734 T3

|  | Unidad         | Ejemplo 4-(7)           | Ejemplo 4-(8)                    |
|--|----------------|-------------------------|----------------------------------|
| "Omicure" 24 (acelerador del curado)               | Partes en masa |                         | 5                                |
| • Haz de fibra de refuerzo                         | -              | Fibra de carbono        | Fibra de carbono                 |
| • Grado de curado tras 130°C X 10 minutos          | -              | Estado semicurado       | Estado curado                    |
| • Material metálico a2                             |                |                         |                                  |
| Metal  | -              | Aleación de aluminio    | Aleación de aluminio             |
| Espesor  | mm             | 0,5                     | 0,5                              |
| Tratamiento superficial                            | -              | Tratamiento con alumita | Tratamiento con alumita          |
| Tamaño de poro                                     | µm             | 0,05                    | 0,05                             |
| • Capa de resina C                                 |                |                         |                                  |
| Resina termoplástica c                             | -              | Ninguno                 | Ninguno                          |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C             | Ninguno                 | Ninguno                          |
| Pieza B  |                |                         |                                  |
| Resina termoplástica b                             | -              | Poliamida               | Poliamida                        |
| Fibra de refuerzo                                  | -              | Fibra de vidrio         | Fibra de carbono/Fibra de vidrio |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C             | 225                     | 225                              |
| Resistencia volumétrica específica                 | Ω · cm         | Fuera de escala         | Fuera de escala                  |

Tabla 30

|   |     | Ejemplo 4-(7)                           | Ejemplo 4-(8) |
|---|-----|---|---------------|
| Moldeo  |     |   |               |
| • Etapa 1                                     |     |   |               |
| Presión                                       | MPa | 0,5                                     | 0,5           |
| Duración                                      | min | 1                                       | 1             |
| Temperatura del molde: Molde superior         | °C  | 220                                     | 220           |
| Temperatura del molde: Molde inferior         | °C  | 220                                     | 220           |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-1    | °C  | 150°C X 10 min (Horno de aire caliente) | -             |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-2    | °C  | 150°C X 10 min (Horno de aire caliente) | -             |
| Temperatura superficial de material metálico  | °C  | 215                                     | 215           |
| Grado de curado de la resina termoendurecible | %   | 85                                      | 82            |
| • Etapa 2                                     |     |   |               |
| Presión                                       | MPa | 10                                      | 10            |
| Duración                                      | min | 2                                       | 2             |
| Grado de curado de la resina termoendurecible | %   | 100                                     | 100           |
| Desmoldeo                                     | -   | Sin problemas                           | Sin problemas |
| • Etapa 3                                     |     |   |               |
| Presión                                       | MPa | -                                       | -             |
| Duración                                      | min | -                                       | -             |
| Temperatura del molde: Molde superior         | °C  | -                                       | -             |
| Temperatura del molde: Molde inferior         | °C  | -                                       | -             |
| Temperatura superficial de material metálico  | °C  |   | -             |

ES 2 586 734 T3

|  |     |                      |                      |
|--|-----|----------------------|----------------------|
|  |     | Ejemplo 4-(7)        | Ejemplo 4-(8)        |
| Tiempo que tarda para disminuir a 180 °C o menos | min | -                    | -                    |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | -                    | -                    |
| Desmoldeo  | -   | -                    | -                    |
| • Tiempo de solidificación del molde             | min | 3                    | 3                    |
| Después del moldeo                               |     |                      |                      |
| Procesamiento del material compuesto metálico A  |     | Ninguno              | Ninguno              |
| Tras el curado                                   |     | -                    | -                    |
| Técnica para integrar A y B                      | -   | Moldeo por inyección | Moldeo por inyección |
| Conformación compleja de la pieza B              | -   | Bastidor, arista     | Bastidor, arista     |
| Evaluación                                       |     |                      |                      |
| Fuerza de unión del material compuesto metálico  | MPa | 16                   | 16                   |
| Peso del material compuesto metálico A torsional | -   | Bueno                | Bueno                |
|  | -   | Excelente            | Excelente            |

Tabla 31

|  | Unidad         | Ejemplo 4-(9)    | Ejemplo 4-(10)      |
|--|----------------|------------------|---------------------|
| Estructura del estratificado (superior/inferior)   |                | a2/a1/a2         | a2/a1/a2            |
| Material compuesto metálico A                      |                |                  |                     |
| • Lámina sustrato a1                               |                |                  |                     |
| • Composición de la resina termoendurecible        |                |                  |                     |
| "Epikote" 828                                      | Partes en masa | 20               | 20                  |
| "Epikote" 834                                      | Partes en masa | 20               | 20                  |
| "Epikote" 1001                                     | Partes en masa | 25               | 25                  |
| "Epikote" 154                                      | Partes en masa | 35               | 35                  |
| Resina de benzoxazina de tipo F-a                  | Partes en masa |                  |                     |
| Resina fenólica de tipo resol / PHENOLITE 5010     | Partes en masa |                  |                     |
| Dicy7 (agente de curado)                           | Partes en masa | 4                | 4                   |
| DY9577   | Partes en masa |                  |                     |
| "Omicure" 24 (acelerador del curado)               | Partes en masa | 5                | 5                   |
| • Haz de fibra de refuerzo                         | -              | Fibra de carbono | Fibra de carbono    |
| • Grado de curado tras 130°C X 10 minutos          | -              | Estado curado    | Estado curado       |
| • Material metálico a2                             |                |                  |                     |
| Metal  | -              | Aluminio         | Titanio             |
| Espesor  | mm             | 0,5              | 0,2                 |
| Tratamiento superficial                            | -              | Chorro de arena  | Chorro de arenas 15 |
| Tamaño de poro                                     | µm             | 30               |                     |
| • Capa de resina C                                 |                |                  |                     |
| Resina termoplástica c                             | -              | Ninguno          | Ninguno             |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C             | Ninguno          | Ninguno             |
| Pieza B  |                |                  |                     |
| Resina termoplástica b                             | -              | Poliamida        | Poliamida           |
| Fibra de refuerzo                                  | -              | Ninguno          | Ninguno             |

ES 2 586 734 T3

|  |                          |                 |                 |
|--|--------------------------|-----------------|-----------------|
|  | Unidad                   | Ejemplo 4-(9)   | Ejemplo 4-(10)  |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C                       | 225             | 225             |
| Resistencia volumétrica específica                 | $\Omega \cdot \text{cm}$ | Fuera de escala | Fuera de escala |

Tabla 32

|  |     | Ejemplo 4-(9)        | Ejemplo 4-(10)       |
|--|-----|----------------------|----------------------|
| Moldeo   |     |                      |                      |
| • Etapa 1  |     |                      |                      |
| Presión  | MPa | 0,5                  | 0,5                  |
| Duración   | min | 1                    | 1                    |
| Temperatura del molde: Molde superior            | °C  | 220                  | 240                  |
| Temperatura del molde: Molde inferior            | °C  | 220                  | 240                  |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-1       | °C  | -                    | -                    |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-2       | °C  | -                    | -                    |
| Temperatura superficial de material metálico     | °C  | 215                  | 238                  |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | 82                   | 88                   |
| • Etapa 2  |     |                      |                      |
| Presión  | MPa | 10                   | 15                   |
| Duración   | min | 2                    | 2                    |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | 100                  | 100                  |
| Desmoldeo  | -   | Sin problemas        | Sin problemas        |
| • Etapa 3  |     |                      |                      |
| Presión  | MPa | -                    | -                    |
| Duración   | min | -                    | -                    |
| Temperatura del molde: Molde superior            | °C  | -                    | -                    |
| Temperatura del molde: Molde inferior            | °C  | -                    | -                    |
| Temperatura superficial de material metálico     | °C  | -                    | -                    |
| Tiempo que tarda para disminuir a 180 °C o menos | min | -                    | -                    |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | -                    | -                    |
| Desmoldeo  | -   | -                    | -                    |
| • Tiempo de solidificación del molde             | min | 3                    | 3                    |
| Después del moldeo                               |     |                      |                      |
| Procesamiento del material compuesto metálico A  |     | Ninguno              | Ninguno              |
| Tras el curado                                   |     | -                    | -                    |
| Técnica para integrar A y B                      | -   | Moldeo por inyección | Moldeo por inyección |
| Conformación compleja de la pieza B              | -   | Bastidor, arista     | Bastidor, arista     |
| Evaluación                                       |     |                      |                      |
| Fuerza de unión del material compuesto metálico  | MPa | 16                   | 16                   |
| Peso del material compuesto metálico A           | -   | Bueno                | Excelente            |
| torsional  | -   | Excelente            | Excelente            |

Tabla 33

|  | Unidad         | Ejemplo comparativo 4-(1) | Ejemplo comparativo 4-(2) | Ejemplo comparativo 4-(3) |
|--|----------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Estructura del estratificado (superior/inferior)   |                | a2/a1/a2                  | a2/a1/a2                  | a2                        |
| Material compuesto metálico A                      |                |                           |                           |                           |
| • Lámina sustrato a1                               |                |                           |                           |                           |
| • Composición de la resina termoendurecible        |                |                           |                           |                           |
| "Epikote" 828                                      | Partes en masa | 20                        | 20                        |                           |
| "Epikote" 834                                      | Partes en masa | 20                        | 20                        |                           |
| "Epikote" 1001                                     | Partes en masa | 25                        | 25                        |                           |
| "Epikote" 154                                      | Partes en masa | 35                        | 35                        |                           |
| Resina de benzoxazina de tipo F-a                  | Partes en masa |                           |                           |                           |
| Resina fenólica de tipo resol / PHENOLITE 5010     | Partes en masa |                           |                           |                           |
| Dicy7 (agente de curado)                           | Partes en masa | 4                         | 4                         |                           |
| DY9577   | Partes en masa |                           |                           |                           |
| "Omicure" 24 (acelerador del curado)               | Partes en masa | 5                         | 5                         |                           |
| • Haz de fibra de refuerzo                         | -              | Fibra de carbono          | Fibra de carbono          | Ninguno                   |
| • Grado de curado tras 130°C X 10 minutos          | -              | Estado curado             | Estado curado             | -                         |
| • Material metálico a2                             |                |                           |                           |                           |
| Metal  | -              | Aleación de aluminio      | Aleación de aluminio      | Aleación de aluminio      |
| Espesor  | mm             | 0,5                       | 0,5                       | 0,5                       |
| Tratamiento superficial                            | -              | Tratamiento con alumita   | Tratamiento con alumita   | Tratamiento con alumita   |
| Tamaño de poro                                     | µm             | 0,05                      | 0,05                      | 0,05                      |
| • Capa de resina C                                 |                |                           |                           |                           |
| Resina termoplástica c                             | -              | Ninguno                   | Ninguno                   | Ninguno                   |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C             | Ninguno                   | Ninguno                   | Ninguno                   |
| Pieza B  |                |                           |                           |                           |
| Resina termoplástica b                             | -              | Poliamida                 | Poliamida                 | Poliamida                 |
| Fibra de refuerzo                                  | -              | Ninguno                   | Ninguno                   | Ninguno                   |
| Punto de fusión o temperatura de transición vítrea | °C             | 225                       | 225                       | 225                       |
| Resistencia volumétrica específica                 | Ω · cm         | Fuera de escala           | Fuera de escala           | Fuera de escala           |

Tabla 34

|           |     | Ejemplo comparativo 4-(1) | Ejemplo comparativo 4-(2) | Ejemplo comparativo 4-(3) |
|-----------|-----|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Moldeo    |     |                           |                           |                           |
| • Etapa 1 |     |                           |                           |                           |
| Presión   | MPa | 0,5                       | 0,5                       | 0,5                       |

ES 2 586 734 T3

|  |     | Ejemplo comparativo 4-(1) | Ejemplo comparativo 4-(2) | Ejemplo comparativo 4-(3) |
|--|-----|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Duración   | min | 1                         | 1                         | 1                         |
| Temperatura del molde: Molde superior            | °C  | 130                       | 220                       | 220                       |
| Temperatura del molde: Molde inferior            | °C  | 130                       | 220                       | 220                       |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-1       | °C  | -                         | -                         | -                         |
| Temperatura de precalentamiento: Etapa 1-2       | °C  | -                         | -                         | -                         |
| Temperatura superficial de material metálico     | °C  | 125                       | 215                       | 215                       |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | 12                        | 82                        | -                         |
| • Etapa 2  |     |                           |                           |                           |
| Presión  | MPa | 10                        | 0,5                       | 0,5                       |
| Duración   | min | 2                         | 2                         | 2                         |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | 22                        | 100                       | -                         |
| Desmoldeo  | -   | Sin problemas             | Sin problemas             | Sin problemas             |
| • Etapa 3  |     |                           |                           |                           |
| Presión  | MPa | -                         | -                         | -                         |
| Duración   | min | -                         | -                         | -                         |
| Temperatura del molde: Molde superior            | °C  | -                         | -                         | -                         |
| Temperatura del molde: Molde inferior            | °C  | -                         | -                         | -                         |
| Temperatura superficial de material metálico     | °C  | -                         | -                         | -                         |
| Tiempo que tarda para disminuir a 180 °C o menos | min | -                         | -                         | -                         |
| Grado de curado de la resina termoendurecible    | %   | -                         | -                         | -                         |
| Desmoldeo  | -   | -                         | -                         | -                         |
| • Tiempo de solidificación del molde             | min | 3                         | 3                         | 3                         |
| Después del moldeo                               |     |                           |                           |                           |
| Procesamiento del material compuesto metálico A  |     | Ninguno                   | Ninguno                   | Ninguno                   |
| Tras el curado                                   |     | -                         | -                         | -                         |
| Técnica para integrar A y B                      | -   | Moldeo no posible         | Moldeo no posible         | Moldeo no posible         |
| Conformación compleja de la pieza B              | -   | -                         | -                         | -                         |
| Evaluación                                       |     |                           |                           |                           |
| Fuerza de unión del material compuesto metálico  | MPa | Medición no posible       | Medición no posible       | Medición no posible       |
| Peso del material compuesto metálico A           | -   | Bueno                     | Bueno                     | Insatisfactorio           |
| torsional  | -   | Insatisfactorio           | Pobre                     | Excelente                 |

**Aplicabilidad industrial**

La presente invención proporciona métodos de fabricación para materiales compuestos metálicos que integran materiales metálicos juntos o materiales metálicos y otros materiales estructurales mediante una capa o capas de resina curada, y que consiguen fácilmente una capacidad para procesar materiales metálicos de elevada rigidez con una disponibilidad excelente a formar paredes delgadas y ligereza de peso y un alto grado de libertad de diseño para conseguir formas complejas y una capacidad de composición rápida tal como exige el mercado. Dichos métodos de fabricación posibilitan la producción de materiales compuestos metálicos complejos con una fuerza de unión excelente. Los materiales compuestos metálicos que utilizan dichos métodos de fabricación se utilizan ventajosamente como piezas de chasis para equipos electrónicos, incluyendo piezas de chasis para equipos electrónicos que incorpora capacidad de apantallamiento electromagnético y una característica de antena tal como requiere el equipo electrónico provisto de elementos de telecomunicación.

Explicación de los símbolos

- 15 1 Material metálico
- 2 Lámina sustrato
- 2a Capa de resina curada
- 3 Material metálico
- 20 8 Material metálico en forma de U
- 10 Preforma
- 11 Molde superior
- 12 Molde inferior
- 21 Molde superior
- 25 22 Molde inferior
- 31 Material compuesto metálico (A)
- 32 Pieza (B) constituida por resina termoplástica (b)
- 33 Chasis para equipos electrónicos
- 41 Lado móvil del molde
- 30 42 Lado fijo del molde
- 43 Máquina de moldeo por inyección
- 51 Pieza (B) constituida por la resistencia termoplástica (b) (resistencia volumétrica específica  $10^4 \Omega \cdot \text{cm}$  o más)
- 52 Pieza (B) constituida por la resistencia termoplástica (b) (resistencia volumétrica específica  $10^4 \Omega \cdot \text{cm}$  o menos)
- 35 53 Pieza de antena
- 61 Molde de inyección (una mitad)
- 62 Canal de flujo
- 63 Molde de inyección (una mitad)
- 64 Canal de flujo
- 40 70 Pieza de ensayo
- 71 Bloque de aleación de aluminio
- 72 Adhesivo
- 81 Indentador
- 45 82 Portapiezas de soporte
- EF Horno eléctrico
- EH Chasis para equipos electrónicos
- HF Horno de aire caliente
- P Presión
- Pm Presión de moldeo
- 50 S1 Etapa 1
- S2 Etapa 2
- S3 Etapa 3
- T Temperatura
- T1 180 °C
- 55 T2 Temperatura del molde metálico 1
- T3 Temperatura del molde metálico 2
- Tm Temperatura superficial del material metálico
- (I) Estado semicurado
- (II) Estado curado
- 60

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para producir un material compuesto metálico que se moldea mediante calentamiento y presurización de una preforma incluyendo una lámina sustrato que contiene una resina termoendurecible y un material metálico dispuestos en contacto con la lámina sustrato, o estratificados sobre la misma para formar el material compuesto metálico que comprende el material metálico y una capa de resina curada formada mediante el curado de la resina termoendurecible proporcionada a lo largo del material metálico, donde el método comprende:
- 5 una etapa 1 para introducir la preforma en un molde donde el metal se calienta mediante al menos una de las valvas del molde a una temperatura superior a 180 °C a la vez que se calienta la lámina sustrato para semicurar la resina termoendurecible, y una
- 10 etapa 2 para aplicar una presión a la preforma que se ha calentado en la etapa 1 para formar un material compuesto metálico; y
- 15 donde la resina termoendurecible es al menos una seleccionada entre el grupo que consiste en resina epoxi, resina fenólica, resina de benzoxazina y resina de poliéster.
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, donde el molde tenga una temperatura superficial de 200 a 300 °C cuando la preforma se introduce durante la etapa 1.
- 20 3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, donde la resina termoendurecible alcanza un estado curado en la etapa 2.
4. El método de acuerdo con la reivindicación 1, donde la lámina sustrato sea un prepreg obtenido mediante la impregnación de una base de fibra con una resina termoendurecible.
- 25 5. El método de acuerdo con la reivindicación 1, donde el metal que constituye el material metálico sea al menos uno seleccionado entre el grupo que consiste de una aleación de aluminio, aleación de magnesio y aleación de titanio.
- 30 6. El método de acuerdo con la reivindicación 1, donde, en la etapa 1, la temperatura superficial del material metálico se aumenta a más de 180°C durante el semicurado de la resina termoendurecible, el método comprende además una etapa 3 para enfriar el material compuesto moldeado en la etapa 2 bajo presión de forma que la temperatura superficial del material metálico disminuya a 180 °C o menos.
- 35 7. El método de acuerdo con la reivindicación 6, donde la presión aplicada al material compuesto de la etapa 3 sea igual o mayor a la presión aplicada a la preforma durante la etapa 2.
8. Un método para producir un material compuesto metálico que incluye un material metálico y una capa de resina curada provista a lo largo del material metálico, donde el método comprende:
- 40 una etapa 1-1 para calentar una lámina de sustrato que contiene al menos una resina termoendurecible seleccionada entre el grupo que consiste de resina epoxi, resina fenólica, resina de benzoxazina y resina de poliéster, para semicurar la resina termoendurecible,
- 45 una etapa 1-2 para precalentar el material metálico hasta una temperatura de su superficie superior a 180 °C, pero no superior a 400 °C, y
- una etapa 2 para ponerlas en contacto entre sí o estratificar la lámina de sustrato, que ha experimentado la etapa 1-1, y el material metálico, que se ha precalentado en la etapa 1-2, en el interior de un molde que tiene una temperatura superficial de 180 °C o inferior y aplicando una presión para moldearlo al material compuesto metálico.
- 50 9. El método de acuerdo con la reivindicación 8, donde el calentamiento de la etapa 1-1 y el calentamiento de la etapa 1-2 se llevan a cabo en equipos diferentes entre sí.
10. El método de acuerdo con la reivindicación 8, donde la lámina sustrato sea un prepreg obtenido mediante la impregnación de una base de fibra con una resina termoendurecible.
- 55 11. El método de acuerdo con la reivindicación 8, donde el metal que constituye el material metálico sea al menos uno seleccionado entre el grupo que consiste de una aleación de aluminio, aleación de magnesio y aleación de titanio.
- 60 12. Un chasis para equipos electrónicos obtenido mediante la integración de un material compuesto metálico A producido según el método de acuerdo con la reivindicación 1 u 8, y una pieza B compuesta de una resina termoplástica b.

Fig. 1

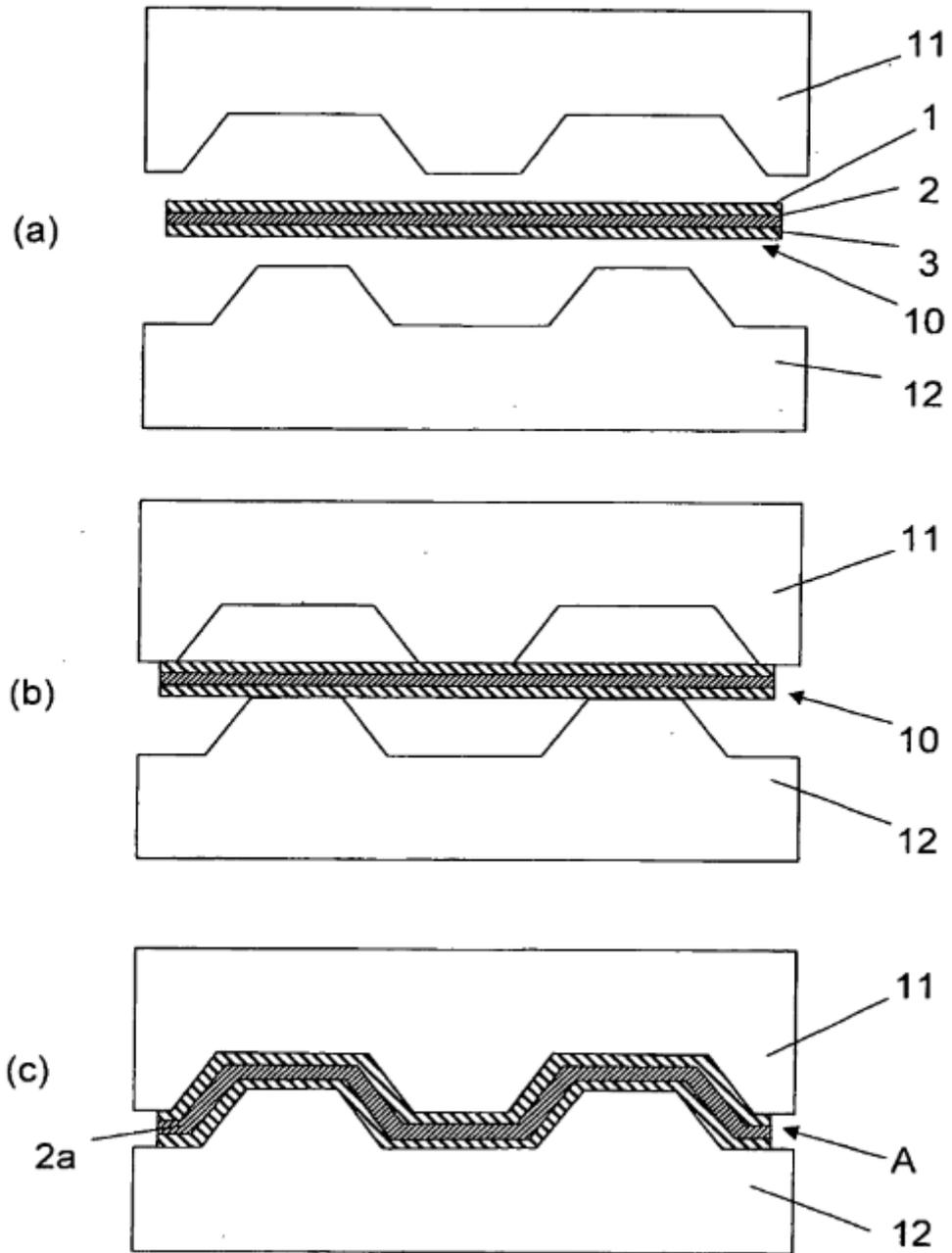


Fig. 2

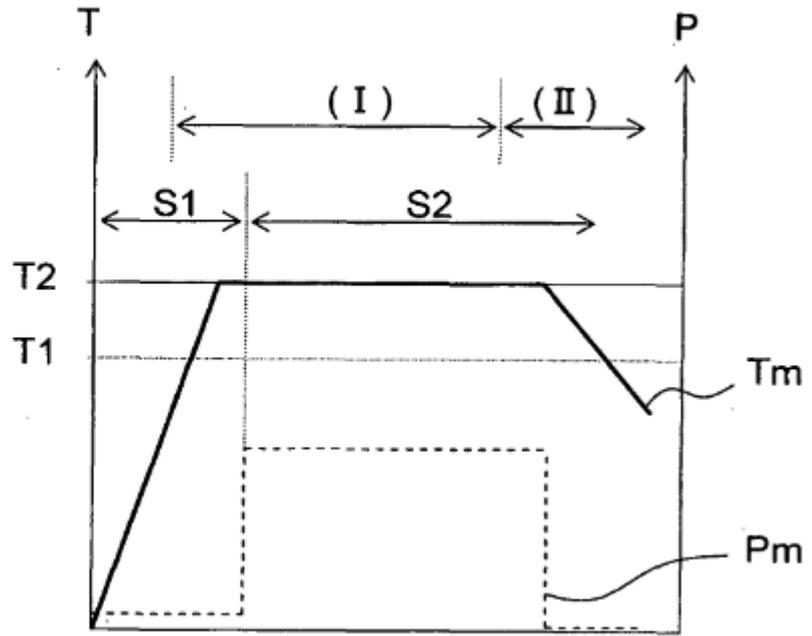


Fig. 3

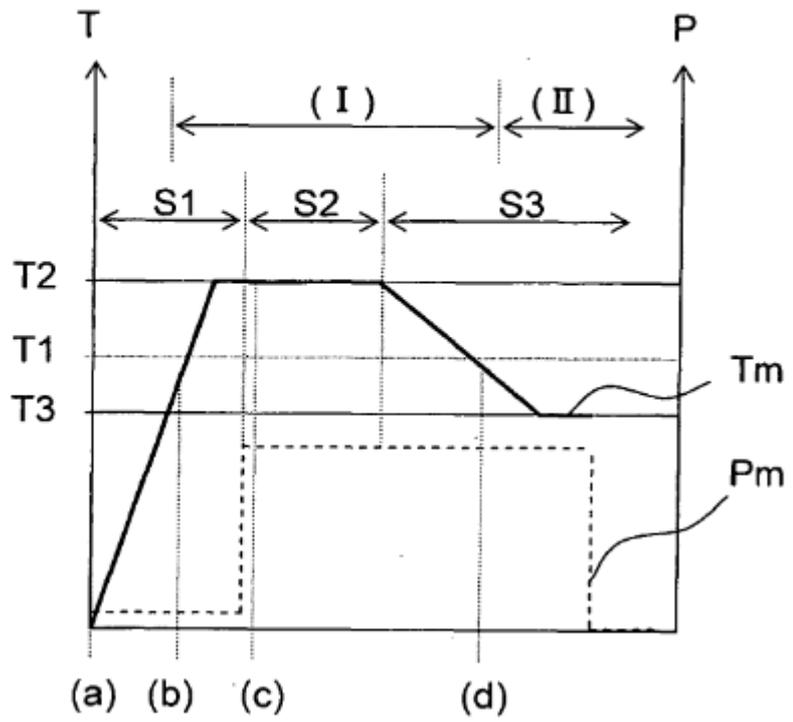


Fig. 4

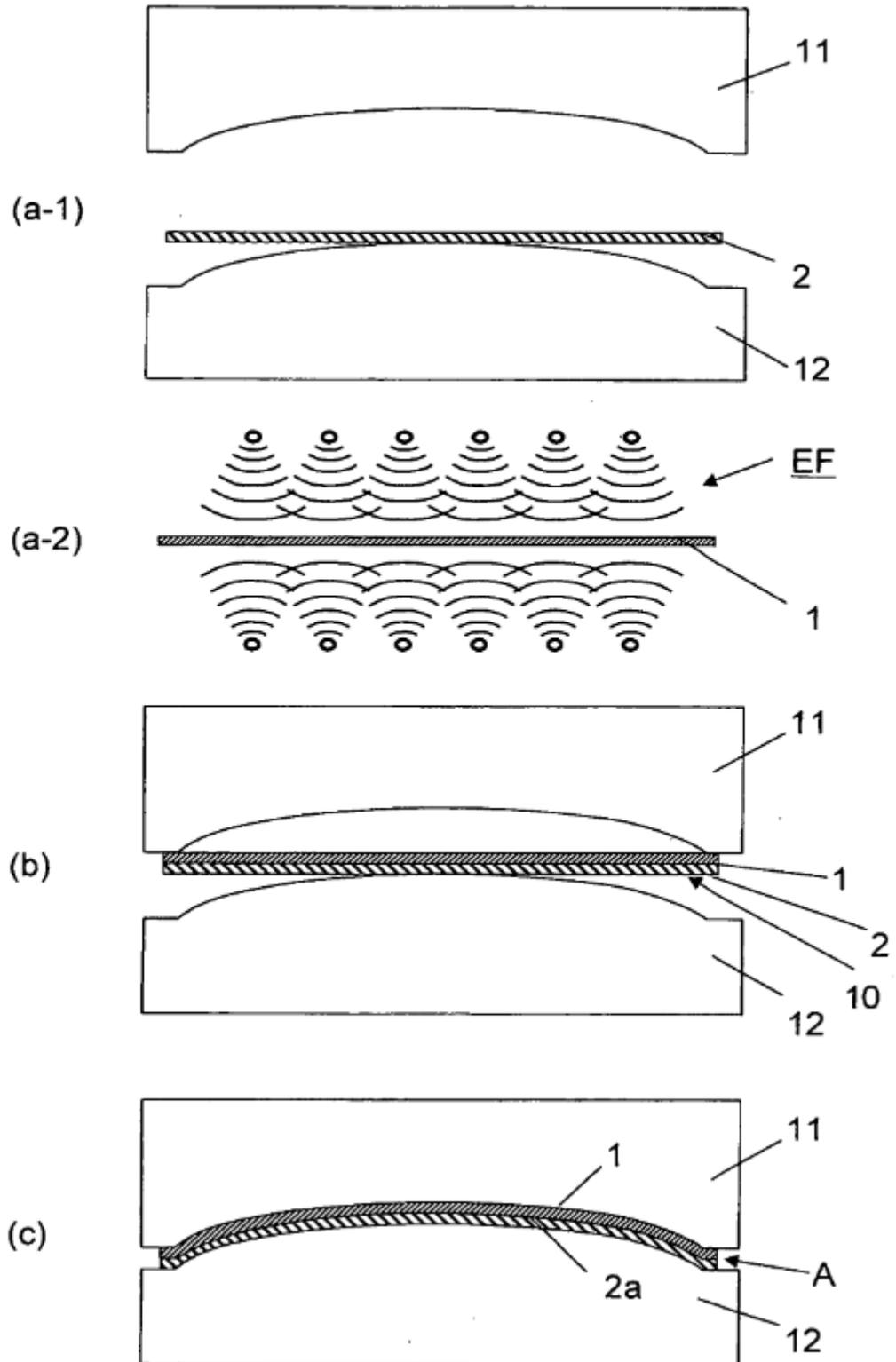


Fig. 5

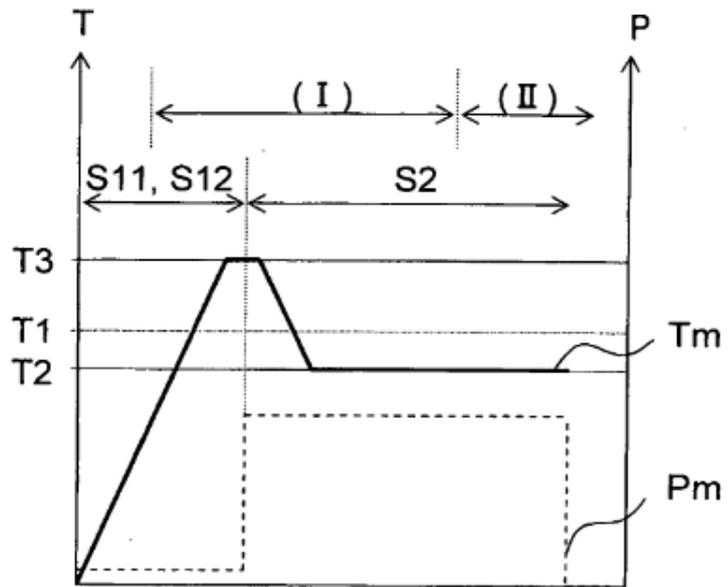


Fig. 6

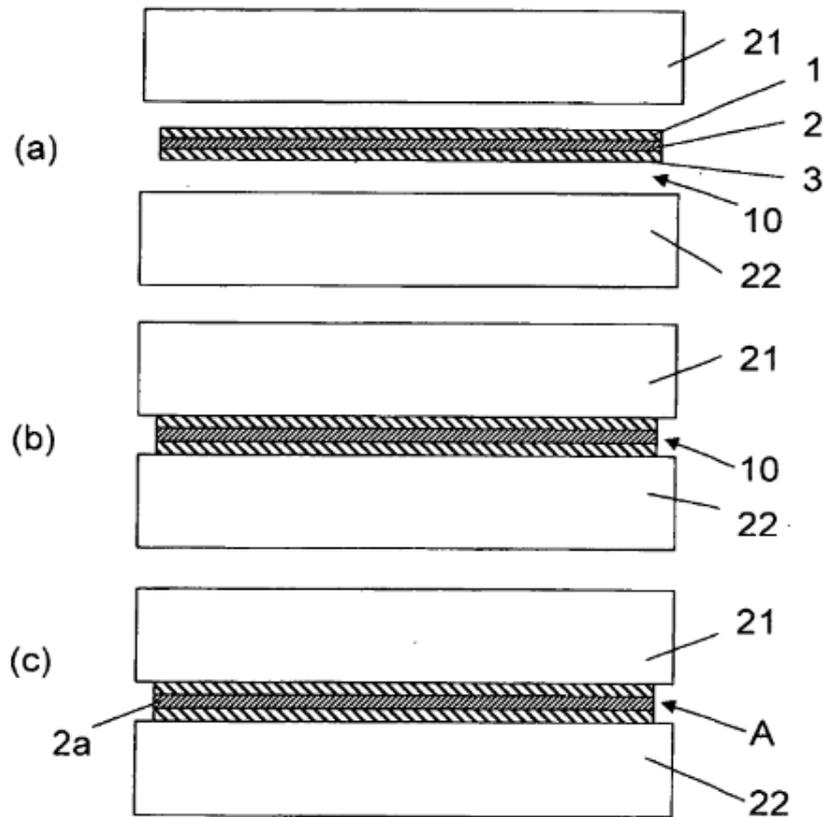


Fig. 7

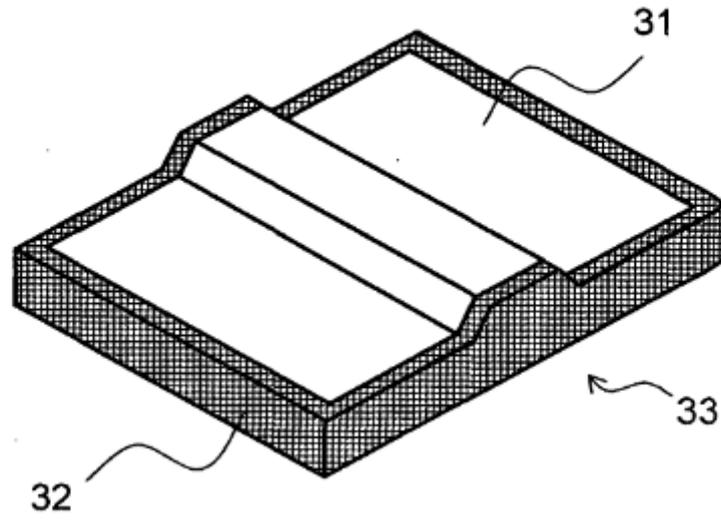


Fig. 8

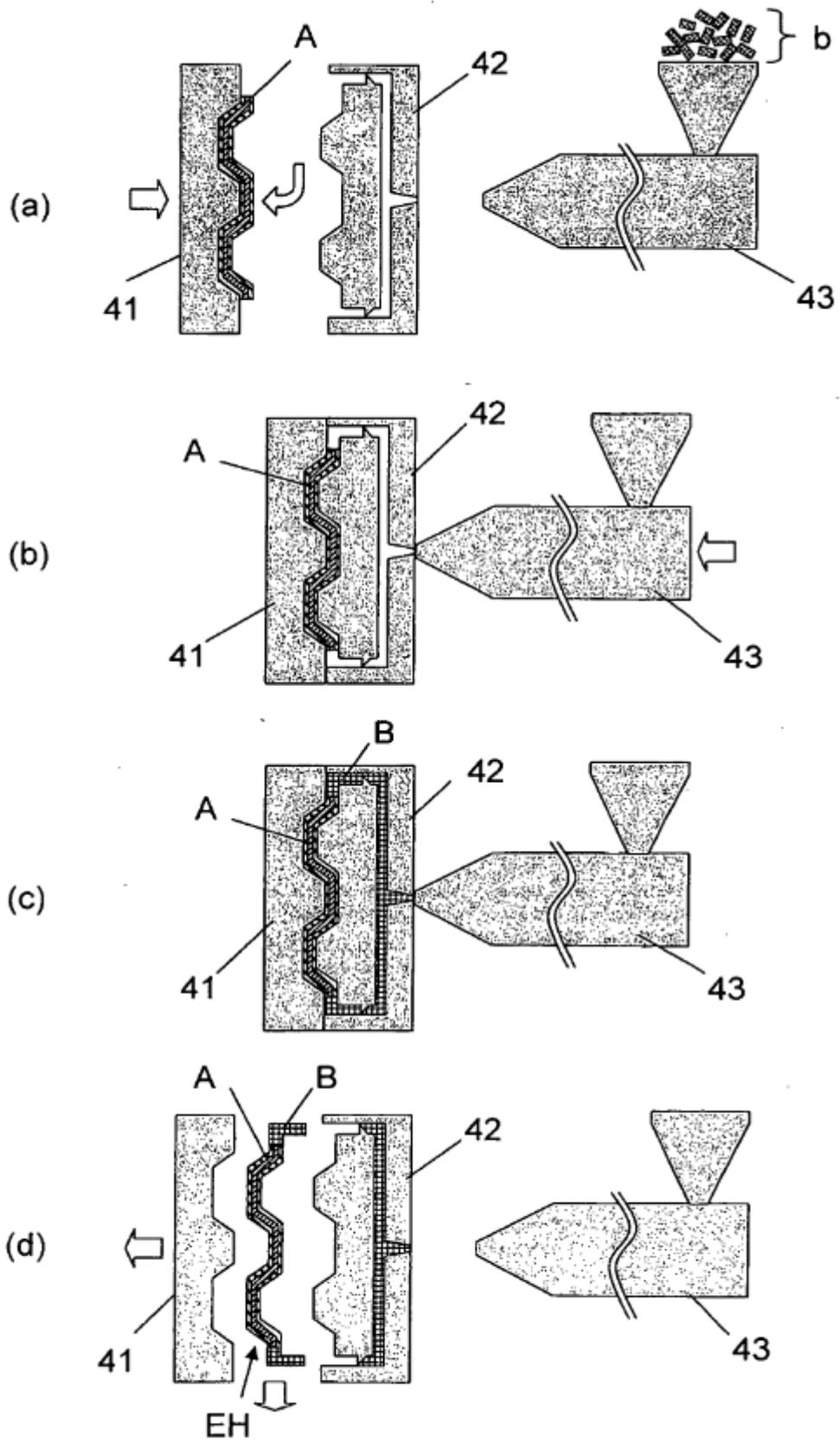


Fig. 9

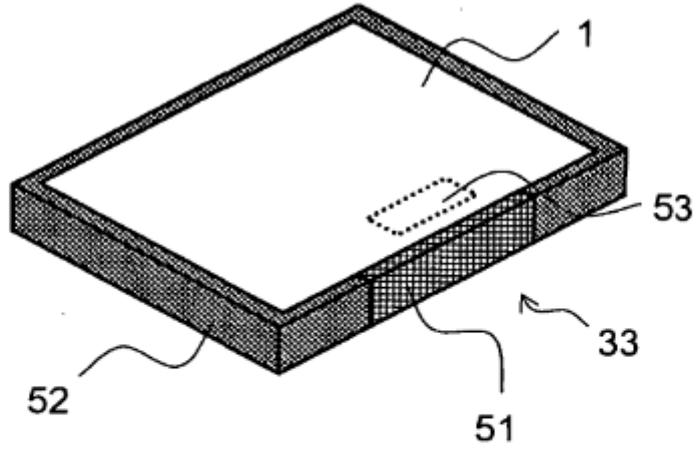


Fig. 10

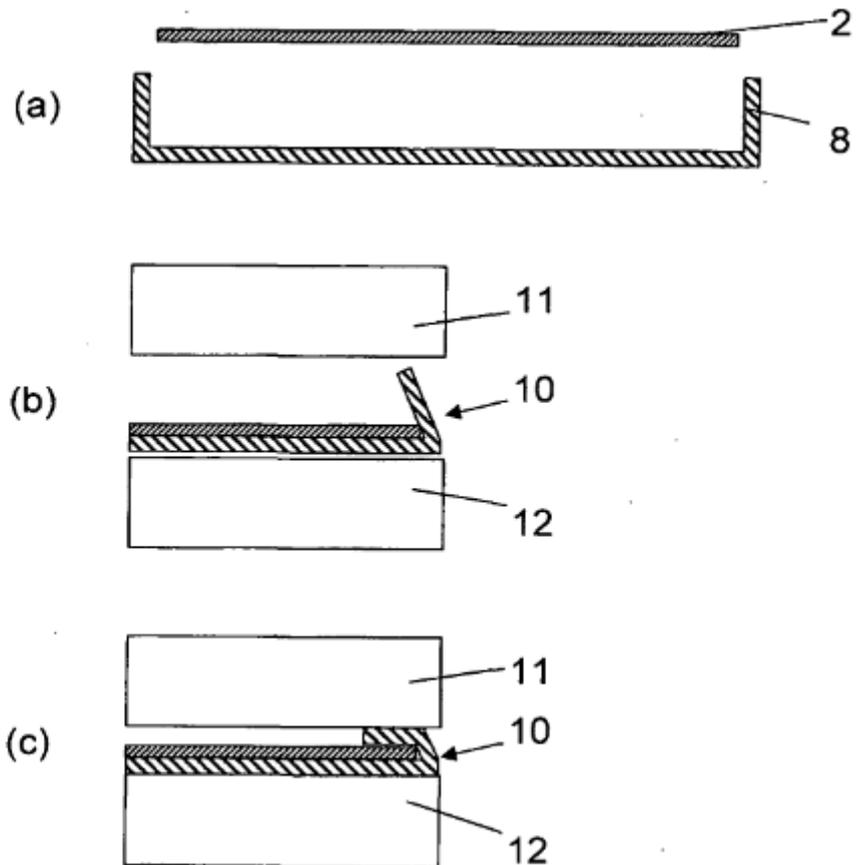


Fig. 11

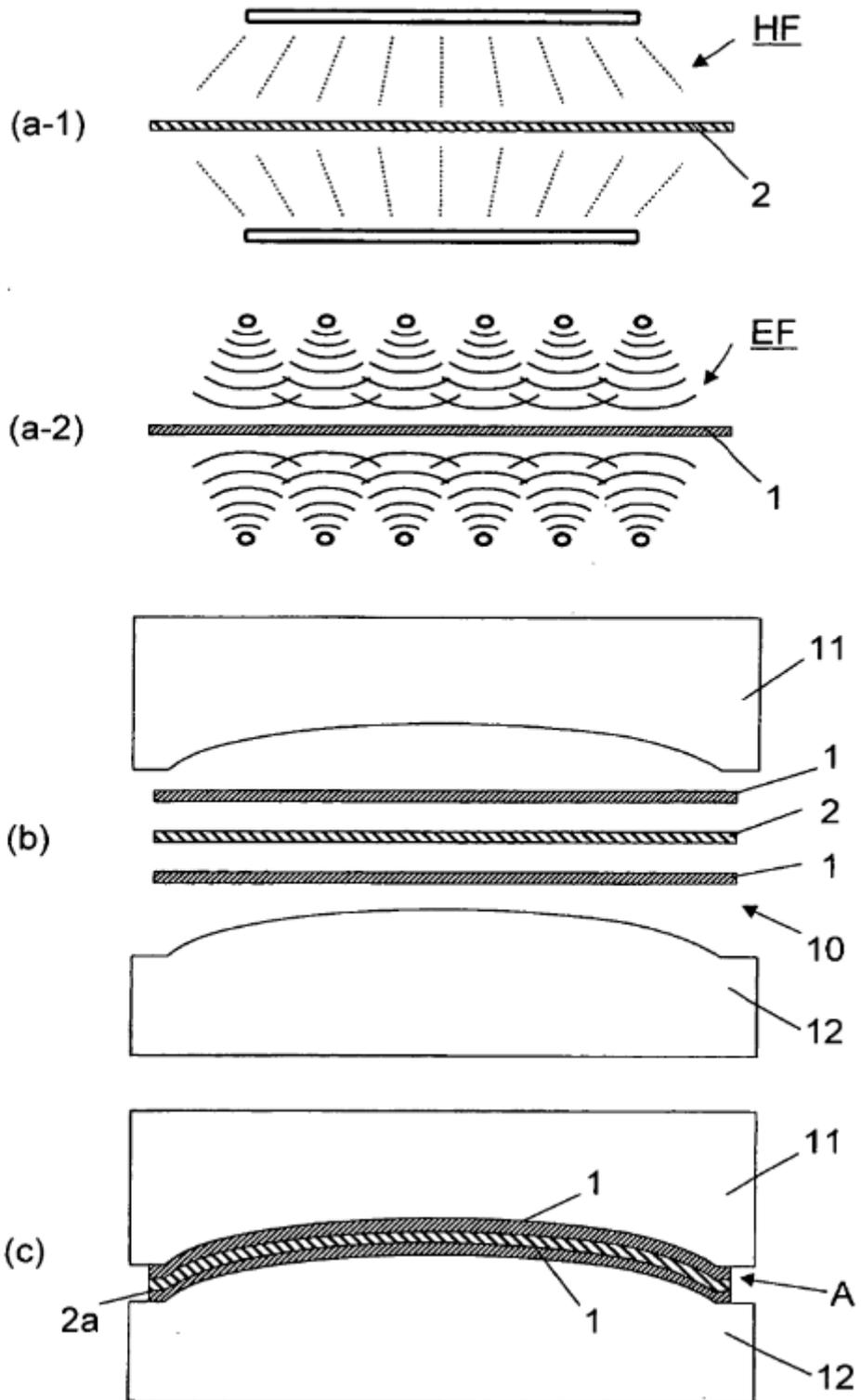


Fig. 12

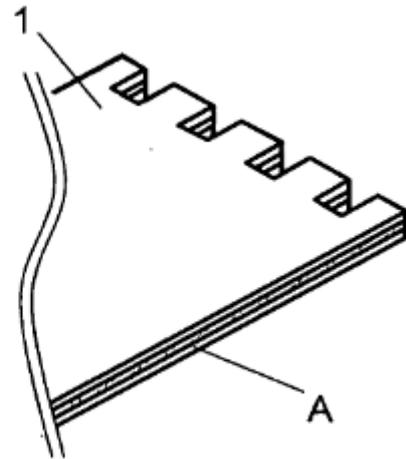


Fig. 13

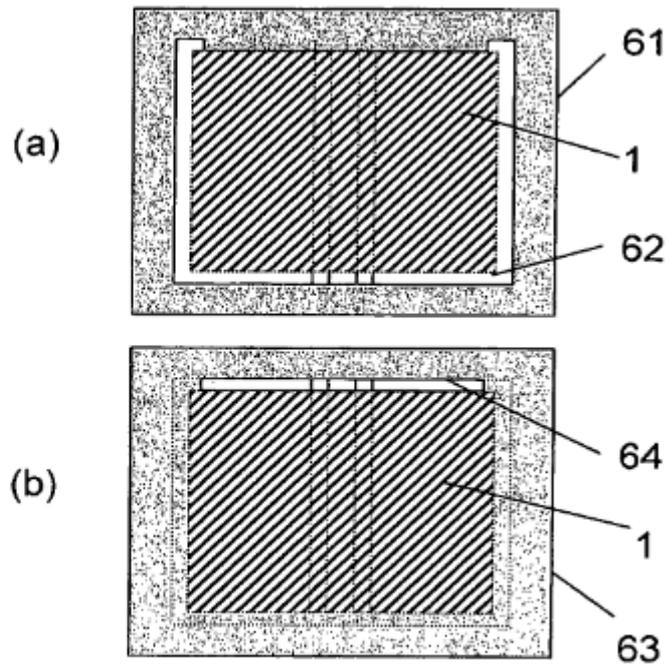


Fig. 14

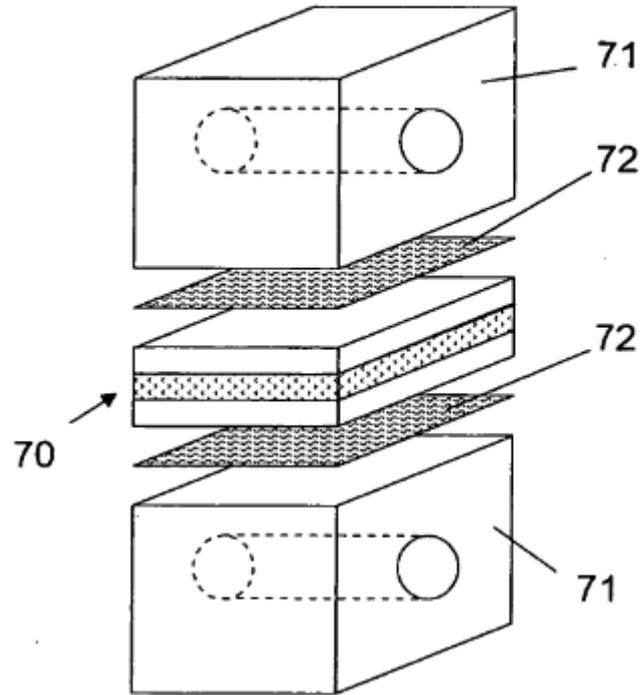


Fig. 15

