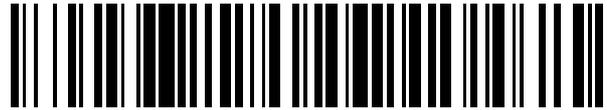


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 746 133**

51 Int. Cl.:

B32B 15/08 (2006.01)

B32B 33/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.07.2016 PCT/IB2016/000972**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.01.2017 WO17006174**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.07.2016 E 16744516 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2019 EP 3319793**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de una estructura sándwich**

30 Prioridad:
07.07.2015 WO PCT/IB2015/001135

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.03.2020

73 Titular/es:
**ARCELORMITTAL (100.0%)
24-26 Boulevard d'Avranches
1160 Luxembourg, LU**

72 Inventor/es:
JACQUET, DENIS

74 Agente/Representante:
SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 746 133 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de fabricación de una estructura sándwich

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a unas estructuras sándwich que comprenden una capa polimérica entre dos revestimientos de acero y su procedimiento de fabricación.
- [0002]** La reducción del consumo de energía de los vehículos de motor pasa principalmente por la reducción del peso de estos vehículos.
- 10 **[0003]** El acero utilizado tradicionalmente para la realización tanto de piezas de piel como para las piezas estructurales compite con unos metales más ligeros como el aluminio y con unos compuestos como los polímeros reforzados de fibra de vidrio o de fibra de carbono.
- 15 **[0004]** Las estructuras sándwich pueden ser una alternativa, pero su complejidad dificulta su dimensionamiento. Dicha estructura sándwich se describe en el documento EP 2 570 258 A1. Sin embargo, este documento no dice nada sobre el dimensionamiento de dicho sándwich en función de un objetivo monolítico que debe alcanzarse.
- 20 **[0005]** De este modo, la presente invención tiene como objetivo proponer un procedimiento para la fabricación de una estructura sándwich que facilita el dimensionamiento de la estructura sándwich según un objetivo a alcanzar.
- [0006]** Para este propósito, la invención tiene como primer objetivo un procedimiento para la fabricación de una estructura sándwich que comprende dos revestimientos de acero separados por una capa polimérica que comprende
- 25 los pasos según los cuales
- la estructura sándwich se dimensiona en función de un objetivo que debe alcanzarse siguiendo los subetapas siguientes según los cuales:
- 30
 - o se define el objetivo que debe alcanzarse mediante tres valores objetivo, a saber, su rigidez en tracción T_c expresada en kN/mm, su rigidez en flexión B_c expresada en kN/mm y su masa superficial M_c expresada en kg/m²,
 - o se define una tolerancia para alcanzar los valores objetivo,
 - o se define la estructura sándwich mediante cinco variables, a saber, el espesor E_a de los revestimientos de acero expresado en mm, el espesor E_p de la capa polimérica expresado en mm, el módulo Y_p intrínseco de Young de la capa
- 35 polimérica, la densidad intrínseca d_p de la capa polimérica y el contenido de volumen R_p de la capa polimérica expresado como porcentaje de volumen de la capa polimérica que contiene el material,
- o se identifican las combinaciones E_a , E_p , Y_p , d_p y R_p para alcanzar los valores objetivo con la tolerancia definida
 - o se deduce, para cada variable, un dominio operativo,
- 40 - se selecciona el acero y la capa polimérica para los cuales cada variable se encuentra dentro del rango definido en la etapa anterior,
- se fabrica la estructura sándwich correspondiente.
- [0007]** El procedimiento según la invención también puede incluir las siguientes características opcionales,
- 45 tomadas individualmente o en combinación:
- el objetivo a alcanzar es un material metálico monolítico distinto del acero,
 - el objetivo a alcanzar es aluminio,
 - el objetivo a alcanzar es aluminio con un espesor de 0,9 mm,
- 50 - el objetivo a alcanzar es aluminio con un espesor de 0,8 mm,
- la tolerancia para alcanzar los valores objetivo es del 10 %,
 - la etapa de identificación de las combinaciones E_a , E_p , Y_p , d_p y R_p para alcanzar los valores objetivo con la tolerancia definida incluye una etapa en la que se generan las combinaciones E_a , E_p , Y_p , d_p y R_p ,
 - incluye una etapa de análisis gráfico de las combinaciones E_a , E_p , Y_p , d_p y R_p generadas,
- 55 **[0008]** La invención tiene como un segundo objetivo una estructura sándwich que se puede obtener por el procedimiento según la invención utilizada para un objetivo de aluminio 0,9 mm con $T_c=31,5$ N/mm, $B_c=10,2$ N/mm, $M_c=2,43$ kg/m² y una tolerancia del 10 %, la estructura sándwich que comprende:
- 60 - Dos revestimientos de acero con un espesor E_a de acero comprendido entre 0,133 y 0,165 mm,
- Una capa polimérica interpuesta entre los dos revestimientos y que presenta:
- o Un espesor E_p comprendido entre $(-2,5 \times E_a + 0,713)$ y $(-2,5 \times E_a + 0,88)$,
 - o Una densidad d_p comprendida entre 0,9 y 1,4,
- 65 o Una tasa de volumen R_p superior o igual que 0,2 y estrictamente inferior que 1,

- o Un módulo de Young Y_p inferior a 4000 MPa,
- o La tasa de volumen R_p y el módulo Young Y_p satisfacen la inecuación:

$$Y_p * (0,49 * R_p^2 + 0,23 * R_p + 1 / (Y_p * (1 - R_p))) \geq 50 \text{ MPa}$$

5

[0009] Esta estructura sándwich según la invención también puede incluir las siguientes características opcionales, tomadas individualmente o en combinación:

- el espesor E_a del acero está comprendido entre 0,141 y 0,158 mm y el espesor E_p de la capa polimérica está comprendido entre $(-2,5x E_a + 0,73)$ y $(-2,5x E_a + 0,87)$,
- la capa polimérica comprende la mezcla de una poliamida y un copolímero de etileno y ácido carboxílico insaturado y/o de su derivado.

[0010] La invención tiene como un tercer objetivo una estructura sándwich que se puede obtener por el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 utilizada para un objetivo de aluminio 0,8 mm con $T_c=28,0$ N/mm, $B_c=7,2$ N/mm, $M_c=2,16$ kg/m² y una tolerancia del 10 %, la estructura sándwich que comprende:

- Dos revestimientos de acero con un espesor E_a de acero comprendido entre 0,118 y 0,146 mm,
- Una capa polimérica interpuesta entre los dos revestimientos y que presenta:

20

- o Un espesor E_p comprendido entre $(-2,5x E_a + 0,632)$ y $(-2,5x E_a + 0,75)$,
- o Una densidad d_p comprendida entre 0,9 y 1,4,
- o Una tasa de volumen R_p superior o igual que 0,2 y estrictamente inferior que 1,
- o Un módulo de Young Y_p inferior a 4000 MPa,

25 o La tasa de volumen R_p y el módulo Young Y_p satisfacen la inecuación:

$$Y_p * (0,49 * R_p^2 + 0,23 * R_p + 1 / (Y_p * (1 - R_p))) \geq 50 \text{ MPa}$$

[0011] Esta estructura sándwich según la invención también puede incluir las siguientes características opcionales, tomadas individualmente o en combinación:

30

- el espesor E_a del acero está comprendido entre 0,126 y 0,140 mm y el espesor E_p de la capa polimérica está comprendido entre $(-2,5x E_a + 0,646)$ y $(-2,5x E_a + 0,728)$,
- la mezcla de una poliamida y un copolímero de etileno y ácido carboxílico insaturado y/o de su derivado.

35

[0012] Otras características y ventajas de la invención se harán evidentes tras la lectura de la siguiente descripción.

[0013] El dimensionamiento de una estructura sándwich comienza ante todo por la selección de un objetivo a alcanzar. Este objetivo puede consistir indiferentemente en un objetivo virtual definido únicamente por unos valores objetivo o en un producto de la competencia del cual queremos reproducir los rendimientos. En este segundo caso, el objetivo presenta como valores objetivo los del material competidor que hemos seleccionado.

40

[0014] En particular, el objetivo que debe alcanzarse se define mediante tres valores objetivo, a saber, su rigidez a la tracción T_c expresada en kN/mm, su rigidez en la flexión B_c expresada en kN/mm y su masa superficial M_c expresada en kg/m².

45

[0015] A modo de ejemplos no limitantes, en el caso del aluminio como objetivo, los valores objetivo T_c , B_c y M_c pueden tener los siguientes valores respectivamente:

50

- 31,5 N/mm, 10,2 N/mm, 2,43 kg/m² para el aluminio 0,9 mm
- 28,0 N/mm, 7,2 N/mm, 2,16 kg/m² para el aluminio 0,8 mm

[0016] En el contexto del dimensionamiento de la estructura sándwich, se permite una tolerancia para alcanzar los valores objetivo. Esta tolerancia se puede ajustar caso por caso por el experto en la técnica en función de la criticidad del valor objetivo en el contexto dado.

55

[0017] Un primer abordaje puede consistir, por ejemplo, en aceptar que los valores objetivo se alcancen en más o menos el 10 %, o preferentemente en más o menos el 5 %.

60

[0018] La estructura sándwich se define a continuación por el espesor E_a de los revestimientos de acero expresado en mm, el espesor E_p de la capa polimérica expresado en mm, el módulo de Young intrínseco Y_p de la

capa polimérica, la densidad intrínseca d_p de la capa polimérica expresada en MPa y el contenido de volumen R_p de la capa polimérica expresado en porcentaje de volumen de la capa polimérica que contiene el material.

[0019] Por módulo intrínseco de Young de la capa polimérica se entiende el módulo de Young del polímero o de la mezcla de polímeros que constituyen la capa polimérica, excluyendo el eventual espumado de la capa polimérica.

[0020] Por densidad intrínseca de la capa polimérica se entiende la densidad del polímero o de la mezcla de polímeros que constituyen la capa polimérica, quedando excluidos del cálculo de la densidad las eventuales cargas y el eventual espumado.

[0021] La tasa de volumen R_p depende del eventual espumado en la capa polimérica. En ausencia de espumado, la tasa de volumen es, por lo tanto, 1. El control de la tasa de volumen requiere el control de la tasa de espumado. Preferentemente, la capa polimérica es espumada, es decir, R_p es estrictamente inferior a 1. El espumado ofrece un mejor compromiso reducción de peso / rendimientos mecánicos en la estructura sándwich.

[0022] La etapa siguiente consiste en identificar las combinaciones E_a , E_p , Y_p , d_p y R_p para alcanzar los valores objetivo con la tolerancia definida.

[0023] Esta etapa se puede implementar según todos los procedimientos conocidos por el experto en la materia.

[0024] A modo de ejemplo, a continuación se describe un posible procedimiento. La primera etapa de este procedimiento consiste en generar las combinaciones E_a , E_p , Y_p , d_p y R_p de la siguiente manera:

- 25 - Se fija el módulo Young Y_{a1} del primer revestimiento de acero en 210 000 MPa,
- Se fija el tamaño del primer revestimiento metálico a un ancho l_{a1} de 50 mm y una longitud L_{a1} de 100 mm,
- Se fija el coeficiente de Poisson ν_{a1} del primer revestimiento de acero a 0,3,
- Se fija el tamaño de la capa polimérica a un ancho l_p de 50 mm y una longitud L_p de 100 mm,
- Se fija el coeficiente de Poisson ν_p de la capa polimérica de acero a 0,3,
- 30 - Se fija el espesor E_{a2} del segundo revestimiento de acero al del primer revestimiento,
- Se fija el módulo Young Y_{a2} del segundo revestimiento de acero en 210 000 MPa,
- Se fija el tamaño del segundo revestimiento metálico a un ancho l_{a2} de 50 mm y una longitud L_{a2} de 100 mm,
- Se fija el coeficiente de Poisson ν_{a2} del segundo revestimiento de acero a 0,3,
- Se hace variar el espesor E_{a1} del primer revestimiento de acero de forma aleatoria, preferentemente entre 0,1 y 0,2 mm para limitar el número de iteraciones,
- 35 - Se hace variar el espesor E_p de la capa polimérica de forma aleatoria, preferentemente entre 0 y 1 mm para limitar el número de iteraciones,
- Se hace variar el módulo de Young intrínseco Y_p de la capa polimérica de forma aleatoria,
- Se hace variar la tasa de volumen R_p de la capa polimérica de forma aleatoria,
- 40 - Se hace variar la densidad intrínseca d_p de la capa polimérica de forma aleatoria,
- Se calcula el momento de inercia cuadrático $MM4_{a1}$ del primer revestimiento de acero mediante la relación $MM4_{a1} = l_a^3 E_{a1} / 12$,
- Se calcula el módulo de cizallamiento G_{Ca1} del primer revestimiento de acero mediante la relación $G_{Ca1} = Y_{a1} / (2 * (1 + \nu_{a1}))$,
- 45 - Se calcula la fibra neutra NF_{a1} del primer revestimiento por la relación

$$G_{Ca1} = E_{a1} / 2,$$

- Se calcula la masa M_{a1} del primer revestimiento por la relación

$$M_{a1} = E_{a1} * 7,8,$$

- Se calcula el módulo aparente de Young Y_{app_p} de la capa polimérica por la relación $Y_{app_p} = Y_p * (0,7A^2 R_p A^2 + (1 - 0,77) R_p + 1) / (Y_p * (1 - R_p))$

- Se calcula el momento de inercia cuadrático $MM4_p$ de la capa polimérica mediante la relación $MM4_p = l_p^3 E_p A^3 / 12$,
- Se calcula el módulo de cizallamiento G_{Cp} de la capa polimérica mediante la relación $G_{Cp} = Y_{app_p} / (2 * (1 + \nu_p))$,
- Se calcula la fibra neutra NF_p de la capa polimérica por la relación

$$NF_p = E_p / 2 + E_{a1},$$

- Se calcula la masa M_p de la capa polimérica por la relación

$$M_p = R_p * E_p * d_p,$$

- Se calcula el momento de inercia cuadrático MM_{a2} del segundo revestimiento de acero mediante la relación $MM_{a2} = I_a * E_{a2} A^3 / 12$,

- 5 - Se calcula el módulo de cizallamiento G_{ca2} del segundo revestimiento de acero por la relación $G_{ca2} = Y_{a2} / (2 * (1 + \nu_{a2}))$,
 - Se calcula la fibra neutra NF_{a2} del segundo revestimiento por la relación

$$NF_{a2} = E_{a2} / 2 + E_p + E_{a1},$$

- 10 - Se calcula la masa M_{a2} del segundo revestimiento por la relación

$$M_{a2} = E_{a2} * 7,8,$$

- Se deduce la rigidez en flexión B_s de la estructura sándwich por la relación:

15

$$B_s = 1 / (L_{a2}^3 / (48 * A) + L_{a2} / (4 * D))$$

En la que:

$$A = (Y_{a1} * MM_{a1} + E_{a1} * Y_{a1} * I_a * (G_{ca1} - C)^2) + (Y_{app} * MM_p + E_p * Y_{app} * I_p * (NF_p - C)^2) + (Y_{a2} * MM_{a2} + E_{a2} * Y_{a2} * I_{a2} * (NF_{a2} - C)^2)$$

20

Y,

$$D = I_p * G_{cp} * ((E_{a1} + E_{a2}) / 2 + E_p)^2 / E_p$$

25

Con:

$$C = (E_{a1} * Y_{a1} * I_a * G_{ca1} + E_p * Y_{app} * I_p * NF_p + E_{a2} * Y_{a2} * I_{a2} * NF_{a2}) / (E_{a1} * Y_{a1} * I_a + E_p * Y_{app} * I_p + E_{a2} * Y_{a2} * I_{a2})$$

- 30 - Se deduce la rigidez en tracción T_s de la estructura sándwich por la relación:

$$T_s = 50 / 100 * (Y_{a1} * E_{a1} + Y_{app} * E_p + Y_{a2} * E_{a2}) / 1000$$

- Se deduce la masa M_s de la estructura sándwich por la relación:

35

$$M_s = M_{a1} + M_p + M_{a2}$$

- Se compara T_s , B_s y M_s con los valores objetivo definidos T_c , B_c y M_c con la tolerancia definida.

- 40 **[0025]** Los resultados obtenidos se analizan de modo que se identifican las combinaciones E_a , E_p , Y_p , d_p y R_p para alcanzar los valores objetivo con la tolerancia definida. Los resultados pueden ser analizados gráficamente. A modo de ejemplo, el gráfico puede consistir en la representación del espesor E_p de la capa polimérica en función del espesor E_a del revestimiento de acero y del módulo intrínseco Y_p de Young de la capa polimérica. El gráfico puede consistir igualmente en la representación del espesor E_p de la capa polimérica en función del espesor E_a del revestimiento de acero y de la tasa de volumen R_p de la capa polimérica.

45

[0026] Durante la identificación de las combinaciones E_a , E_p , Y_p , d_p y R_p que permiten alcanzar los valores objetivo con la tolerancia definida, se pueden excluir algunas combinaciones porque se ha identificado que no funcionan.

50

[0027] A modo de ejemplo, este es el caso de las estructuras sándwich con un módulo de Young aparente de la capa polimérica de menos de 50 MPa. De hecho, por debajo de este valor, se encontró que la evolución del módulo de Young con el tiempo se vuelve demasiado sensible al entorno. En particular, la infiltración de agua o la exposición

de la estructura sándwich a temperaturas cercanas a la temperatura de fusión de la capa polimérica puede provocar el cizallamiento de la estructura sándwich y su desprendimiento.

[0028] Del mismo modo, se constató que una tasa de volumen inferior a 0,2, es decir, espumado superior al 80 %, no permite alcanzar y/o mantener una rigidez suficiente de la estructura sándwich.

[0029] A modo de ejemplos, para un objetivo de aluminio de 0,9 mm con $T_c=31,5$ N/mm, $B_c=10,2$ N/mm, $M_c=2,43$ kg/m² y una tolerancia del 10 %, el contexto de funcionamiento se define por:

- 10 - Un espesor E_a de acero comprendido entre 0,133 y 0,165 mm,
- Un espesor E_p de la capa polimérica comprendido entre $(-2,5 \times E_a + 0,713)$ y $(-2,5 \times E_a + 0,88)$,
- Una densidad d_p de la capa polimérica comprendida entre 0,9 y 1,4,
- Una tasa de volumen d_p de la capa polimérica comprendida entre 0,2 y 1,
- Un módulo de Young Y_p de la capa polimérica inferior a 4000 MPa,
- 15 - La tasa de volumen R_p y el módulo Young Y_p satisfacen la inecuación:

$$Y_p * (0,49 * R_p^2 + 0,23 * R_p + 1 / (Y_p * (1 - R_p))) \geq 50 \text{ MPa}$$

[0030] Del mismo modo, para un objetivo de aluminio de 0,9 mm con $T_c=31,5$ N/mm, $B_c=10,2$ N/mm, $M_c=2,43$ kg/m² y una tolerancia del 5 %, el contexto de funcionamiento se define por:

- Un espesor E_a de acero comprendido entre 0,141 y 0,158 mm,
- Un espesor E_p de la capa polimérica comprendido entre $(-2,5 \times E_a + 0,73)$ y $(-2,5 \times E_a + 0,87)$,
- Una densidad d_p de la capa polimérica comprendida entre 0,9 y 1,4,
- 25 - Una tasa de volumen d_p de la capa polimérica comprendida entre 0,2 y 1,
- Un módulo de Young Y_p de la capa polimérica inferior a 4000 MPa,
- La tasa de volumen R_p y el módulo Young Y_p satisfacen la inecuación:

$$Y_p * (0,49 * R_p^2 + 0,23 * R_p + 1 / (Y_p * (1 - R_p))) \geq 50 \text{ MPa}$$

30

[0031] Del mismo modo, para un objetivo de aluminio de 0,8 mm con $T_c=28,0$ N/mm, $B_c=7,2$ N/mm, $M_c=2,16$ kg/m² y una tolerancia del 10 %, el contexto de funcionamiento se define por:

- Un espesor E_a de acero comprendido entre 0,118 y 0,146 mm,
- 35 - Un espesor E_p de la capa polimérica comprendida entre $(-2,5 \times E_a + 0,632)$ y $(-2,5 \times E_a + 0,75)$,
- Una densidad d_p de la capa polimérica comprendida entre 0,9 y 1,4,
- Una tasa de volumen R_p de la capa polimérica comprendida entre 0,2 y 1,
- Un módulo de Young Y_p de la capa polimérica inferior a 4000 MPa,
- La tasa de volumen R_p y el módulo Young Y_p satisfacen la inecuación:

40

$$Y_p * (0,49 * R_p^2 + 0,23 * R_p + 1 / (Y_p * (1 - R_p))) \geq 50 \text{ MPa}$$

[0032] Del mismo modo, para un objetivo de aluminio de 0,8 mm con $T_c=28,0$ N/mm, $B_c=7,2$ N/mm, $M_c=2,16$ kg/m² y una tolerancia del 10 %, el contexto de funcionamiento se define por:

45

- Un espesor E_a de acero comprendido entre 0,126 y 0,140 mm
- Un espesor E_p de la capa polimérica comprendido entre $(-2,5 \times E_a + 0,646)$ y $(-2,5 \times E_a + 0,728)$.
- Una densidad d_p de la capa polimérica comprendida entre 0,9 y 1,4,
- Una tasa de volumen R_p de la capa polimérica comprendida entre 0,2 y 1,
- 50 - Un módulo de Young Y_p de la capa polimérica inferior a 4000 MPa,
- La tasa de volumen R_p y el módulo Young Y_p satisfacen la inecuación:

$$Y_p * (0,49 * R_p^2 + 0,23 * R_p + 1 / (Y_p * (1 - R_p))) \geq 50 \text{ MPa}$$

55 **[0033]** La etapa siguiente consiste en seleccionar del acero y de la capa polimérica en las cuales cada variable se encuentra dentro del rango definido en la etapa anterior.

[0034] El experto en la materia, que conoce las características de los aceros y polímeros, puede hacer esta selección con facilidad.

60

[0035] Principalmente, se guía en la selección del acero por las siguientes consideraciones.

[0036] Preferentemente, los revestimientos están constituidos por láminas de acero con un espesor de E_a entre 0,1 y 0,2 mm. Por debajo de esto, se hace difícil obtener suficiente rigidez en flexión de la estructura sándwich.

5 Además, el peso de las láminas de acero no permite obtener una estructura sándwich suficientemente ligera. Más preferentemente las láminas de acero tienen un espesor entre 0,118 y 0,165 mm. Más preferentemente incluso, las láminas de acero tienen un espesor entre 0,126 y 0,158 mm.

[0037] La selección de la calidad del acero depende de la aplicación buscada. En el caso de uso en el campo
10 de la industria de la automoción, las calidades habitualmente utilizadas son las calidades ES (EN DC01 a DC06) y las HLE (EN H240LA a H400LA). Preferentemente, los aceros se seleccionarán de entre las calidades IF-Ti. Estas calidades tienen la ventaja de ser muy poco sensibles al endurecimiento por coacción (*bake hardening*), lo que les permite someterse a la etapa de fabricación de la estructura sándwich sin sufrir daños, etapa durante la cual la estructura sándwich se lleva a unas temperaturas en el intervalo de 240-250 °C. Estas calidades también tienen la
15 ventaja de que se pueden someter a embutición.

[0038] Estos revestimientos de acero pueden estar desnudos. Alternativamente, pueden ser revestidos de modo que se mejoran sus rendimientos, en particular su resistencia a la corrosión. En el caso del acero revestido, el espesor del acero E_a se define como el espesor del revestimiento de acero desnudo, sin tener en cuenta el espesor
20 de los revestimientos.

[0039] El recubrimiento puede consistir en un recubrimiento metálico obtenido por galvanización en inmersión, electrodeposición o un procedimiento de deposición al vacío, como la deposición en fase vaporosa o la deposición por chorro de vapor sónico. Este recubrimiento puede incluir uno o varios metales de entre principalmente el zinc, aluminio,
25 magnesio, silicio. A modo de ejemplos no limitantes, se puede citar el revestimiento de zinc (GI), el revestimiento de aleaciones de zinc (GA), la aleación de zinc que comprende del 0,1 al 10 % en peso de magnesio (ZnMg), la aleación de zinc que comprende del 0,1 al 10 % en peso de magnesio y del 0,5 al 11 % en peso de aluminio (ZnAlMg), la aleación de zinc que comprende el 5 % en peso de aluminio (Galfan®) y la aleación de zinc que comprende el 55 % en peso de aluminio, aproximadamente el 1,5 % en peso de silicio, el resto está constituido por zinc e impurezas
30 inevitables debidas a la elaboración (Aluzinc®, Galvalume®), la aleación de aluminio que comprende del 8 al 11 % en peso de silicio y del 2 al 4 % en peso de hierro, el resto está constituido por aluminio e impurezas inevitables debidas a la elaboración (Alusi®), el revestimiento de aluminio (Alupur®).

[0040] El revestimiento también puede incluir un tratamiento de superficie o un barniz o pintura o incluso una
35 capa de aceite. Estos revestimientos son conocidos por el experto en la materia. Este último sabrá utilizarlos y ajustarlos caso por caso.

[0041] En la selección de la capa polimérica, el experto también se guía por las siguientes consideraciones.

40 **[0042]** La capa polimérica puede estar compuesta por un solo polímero o de una mezcla de por menos dos polímeros (a continuación mezcla polimérica).

[0043] La selección del polímero o de la mezcla polimérica se basa principalmente en las condiciones en las que el polímero o la mezcla polimérica se encontrarán durante la fabricación de la estructura y en el uso de la misma.

45

[0044] De este modo, se seleccionará preferentemente un polímero o una mezcla polimérico:

- presenta un punto de fusión que no supera los 220-240 °C, de modo que puede utilizarse en líneas de fabricación de estructuras sándwich sin recurrir a un calentamiento excesivo,

50 - resiste la etapa de cataforesis, una etapa de fabricación de un vehículo de motor en la que la pintura aplicada sobre el vehículo se cuece durante unos 45 minutos aproximadamente a una temperatura que puede alcanzar los 210 °C.

[0045] Preferentemente, la capa polimérica tiene adherencia suficiente al metal para ser utilizada en forma de monocapa directamente fijada a los revestimientos de acero durante la fabricación de la estructura sándwich.

55 Alternativamente, la capa polimérica puede fijarse sobre los revestimientos de acero mediante de un pegamento o adhesivo dispuestos en la interfaz capa polimérica/revestimiento de acero. Alternativamente, la capa polimérica puede consistir en una multicapa cuyas capas periféricas presentan una buena adherencia al metal.

[0046] Según una variante de la invención, la mezcla polimérica incluye una poliamida como PA6, PA6-6, PA11,
60 PA12, PA4-6, PA6-10, PA6-12, cuyas densidades y módulos de Young son conocidos. Preferentemente, la mezcla polimérica comprende una poliamida y un copolímero de etileno y ácido carboxílico insaturado y/o de su derivado. Los detalles de las características de los componentes de dicha mezcla y el procedimiento para la obtención de esta mezcla se encuentran en la solicitud WO2005/0142278.

65 **[0047]** Estas mezclas a base de poliamida tienen la ventaja de resistir la etapa de cataforesis, de presentar un

buen aspecto superficial después del moldeado y una buena adherencia al metal.

[0048] Según una variante de la invención, la mezcla polimérica es bifásica y comprende:

- 5 - Una poliamida que presenta un punto de fusión igual a 210 °C como máximo;
- Una poliolefina modificada que presenta unas funciones carboxílicas,

cuyo comportamiento reológico en el estado fundido se caracteriza por la existencia de una limitación umbral.

- 10 **[0049]** Los detalles de las características de los componentes de dicha mezcla y el procedimiento para la obtención de esta mezcla se encuentran en la solicitud WO2012/076763.

[0050] Dicha mezcla polimérica presenta la ventaja de resistir la etapa de cataforesis a 210 °C teniendo una temperatura de fusión que no supera 210 °C, lo que facilita su implementación y por lo tanto la fabricación de la estructura sándwich.

[0051] La capa polimérica puede ser espumada.

20 **[0052]** La presencia de burbujas de gas en la mezcla puede deberse o bien a la incorporación de un agente de expansión en la mezcla polimérica o a la introducción física de burbujas de gas en la mezcla durante su implementación.

25 **[0053]** En caso de recurso a un agente de expansión, es preferible incorporar este último al polímero o a la mezcla polimérica durante la fabricación del mismo. Durante la fabricación del panel sándwich, el calentamiento de la capa polimérica activa el agente de expansión que libera gas en el polímero. La tasa de espumado, y por lo tanto la tasa de volumen R_p , es controlada entonces por la cantidad de agente de expansión añadida a la capa polimérica. De entre los agentes de expansión utilizables, se pueden citar a modo de ejemplo las microesferas Expancel® añadidas por un máximo de algunos porcentajes en peso de la capa polimérica.

30 **[0054]** La fabricación propiamente dicha, es decir, el ensamblaje de los revestimientos y de la capa polimérica, puede llevarse a cabo según cualquier procedimiento conocido por el experto en la materia.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de fabricación de una estructura sándwich que comprende dos revestimientos en acero separados por una capa polimérica que comprende las etapas según los cuales:
- 5 - se dimensiona la estructura en sándwich en función de un objetivo que debe alcanzarse siguiendo los subetapas según los cuales:
- o se define el objetivo que debe alcanzarse mediante tres valores objetivo, a saber, su rigidez a la tracción T_c expresada en kN/mm, su rigidez en la flexión B_c expresada en kN/mm y su masa superficial M_c expresada en kg/m²,
 - o se define una tolerancia para alcanzar los valores objetivo,
 - o se define la estructura sándwich mediante cinco variables, a saber, el espesor E_a de los revestimientos de acero expresado en mm, el espesor E_p de la capa polimérica expresado en mm, el módulo Y_p intrínseco de Young de la capa polimérica, la densidad intrínseca d_p de la capa polimérica y el contenido de volumen R_p de la capa polimérica expresado como porcentaje de volumen de la capa polimérica que contiene el material,
 - o se identifican las combinaciones E_a , E_p , Y_p , d_p y R_p para alcanzar los valores objetivo con la tolerancia definida,
 - o se deduce, para cada variable, un dominio operativo,
- se selecciona el acero y la capa polimérica para los cuales cada variable se encuentra dentro del rango definido en la etapa anterior,
- se fabrica la estructura sándwich correspondiente.
2. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 1, en el que el objetivo a alcanzar es un material metálico monolítico distinto del acero.
3. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 2, para el que el objetivo a alcanzar es de aluminio.
4. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 3, para el que el objetivo a alcanzar es de aluminio con un espesor igual a 0,9 mm.
5. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 3, para el que el objetivo a alcanzar es de aluminio con un espesor de 0,8 mm.
6. Procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores para el que la tolerancia para alcanzar los valores objetivo es del 10 %.
7. Procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores para el que la etapa de identificación de las combinaciones E_a , E_p , Y_p , d_p y R_p que permite alcanzar los valores objetivo con la tolerancia definida incluye una etapa en la que se generan las combinaciones E_a , E_p , Y_p , d_p y R_p .
8. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 7, que comprende una etapa de análisis gráfico de las combinaciones E_a , E_p , Y_p , d_p y R_p generadas.
9. Estructura sándwich que se puede obtener por el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 utilizada para un objetivo de aluminio 0,9 mm con $T_c=31,5$ N/mm, $B_c=10,2$ N/mm, $M_c=2,43$ kg/m² y una tolerancia del 10 %, la estructura sándwich que comprende:
- Dos revestimientos de acero con un espesor E_a de acero comprendido entre 0,133 y 0,165 mm,
 - Una capa polimérica interpuesta entre los dos revestimientos y que presenta:
- o Un espesor E_p comprendido entre $(-2,5 \times E_a + 0,713)$ y $(-2,5 \times E_a + 0,88)$,
 - o Una densidad d_p comprendida entre 0,9 y 1,4,
 - o Una tasa de volumen R_p superior o igual a 0,2 y estrictamente inferior a 1,
 - o Un módulo de Young Y_p inferior a 4000 MPa,
- o La tasa de volumen R_p y el módulo Young Y_p satisfacen la inecuación:
- $$Y_p \cdot (0,49 \cdot R_p^2 + 0,23 \cdot R_p + 1 / (Y_p \cdot (1 - R_p))) \geq 50 \text{ MPa}$$
10. Estructura sándwich según la reivindicación 9, en la que el espesor E_a del acero está comprendido entre 0,141 y 0,158 mm y el espesor E_p de la capa polimérica está comprendido entre $(-2,5 \times E_a + 0,73)$ y $(-2,5 \times E_a + 0,87)$.
11. Estructura sándwich la capa polimérica según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 10, en la que la capa polimérica comprende la mezcla de una poliamida y un copolímero de etileno y ácido carboxílico insaturado y/o de su derivado.

ES 2 746 133 T3

12. Estructura sándwich que se puede obtener por el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 utilizada para un objetivo de aluminio 0,8 mm con $T_c=28,0$ N/mm, $B_c=7,2$ N/mm, $M_c=2,16$ kg/m² y una tolerancia del 10 %, la estructura sándwich que comprende:

5

- Dos revestimientos de acero con un espesor E_a de acero comprendido entre 0,118 y 0,146 mm,
- Una capa polimérica interpuesta entre los dos revestimientos y que presenta:

- o Un espesor E_p comprendido entre $(-2,5 \times E_a + 0,632)$ y $(-2,5 \times E_a + 0,75)$,
- 10 o Una densidad d_p comprendida entre 0,9 y 1,4,
- o Una tasa de volumen R_p superior o igual que 0,2 y estrictamente inferior a 1,
- o Un módulo de Young Y_p inferior a 4000 MPa,
- o La tasa de volumen R_p y el módulo Young Y_p satisfacen la inecuación:

15
$$Y_p * (0,49 * R_p^2 + 0,23 * R_p + 1 / (Y_p * (1 - R_p))) \geq 50 \text{ MPa}$$

13. Estructura sándwich según la reivindicación 12, en la que el espesor E_a del acero está comprendido entre 0,126 y 0,140 mm y el espesor E_p de la capa polimérica está comprendido entre $(-2,5 \times E_a + 0,646)$ y $(-2,5 \times E_a + 0,728)$.

20

14. Estructura sándwich según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 13 en la que la capa polimérica comprende la mezcla de una poliamida y un copolímero de etileno y ácido carboxílico insaturado y/o de su derivado.