

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 569 725**

51 Int. Cl.:

B32B 5/28 (2006.01)

B32B 7/02 (2006.01)

B32B 27/00 (2006.01)

B32B 27/12 (2006.01)

B32B 27/18 (2006.01)

B32B 3/26 (2006.01)

B32B 27/28 (2006.01)

A62C 3/08 (2006.01)

B64C 1/10 (2006.01)

B32B 5/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.12.2012 E 12797719 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.03.2016 EP 2788183**

54 Título: **Material compuesto reforzado con fibras con resistencia al fuego mejorada, y componente estructural fabricado del mismo**

30 Prioridad:

09.12.2011 EP 11009717

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.05.2016

73 Titular/es:

**AIRBUS DEFENCE AND SPACE GMBH (50.0%)
Willy-Messerschmitt-Strasse 1
85521 Ottobrunn, DE y
THE UNIVERSITY OF NEWCASTLE UPON TYNE
(50.0%)**

72 Inventor/es:

**LUINGE, HANS;
SCHÜTT, MATTHIAS y
GIBSON, GEOFF**

74 Agente/Representante:

PONTI SALES, Adelaida

ES 2 569 725 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

Material compuesto reforzado con fibras con resistencia al fuego mejorada, y componente estructural fabricado del mismo

5

[0001] La presente invención se refiere a materiales compuestos reforzados con fibras útiles para aplicaciones en las que se exige una elevada relación resistencia-con respecto a densidad. Por ejemplo, esto se aplica para componentes estructurales de vehículos aéreos, como, por ejemplo, aviones y helicópteros.

10 **[0002]** Un material compuesto reforzado con fibras convencional comprende una matriz y fibras de refuerzo incrustadas en la misma. A menudo, la matriz es una resina termocurable, posiblemente con aditivos particulares ("sistema de resinas"). Las fibras de refuerzo normalmente se proporcionan en forma de esteras de fibras secas o preimpregnadas, que se procesan en un proceso de infusión o un proceso prepreg (preimpregnación), respectivamente. Dicho procesamiento puede tener lugar en una herramienta de conformación (molde), en la que
15 una pluralidad de esteras de fibras, como, por ejemplo, tejidos planos o tejidos sin ondulación, se apila y se cura para fabricar el material compuesto reforzado por fibras.

[0003] Dependiendo del material usado para crear la matriz, muchos materiales compuestos reforzados con fibras tienen una reacción al fuego, que es insuficiente para sus aplicaciones. Los materiales convencionales, como,
20 por ejemplo, plásticos reforzados con fibra de carbono (CFRP) pueden prenderse y quemarse, liberando calor, humo y gases tóxicos. Además, con el aumento de la temperatura causado por el fuego, la integridad estructural de la estructura disminuye. En consecuencia, las estructuras compuestas cargadas a menudo se derrumban en un corto periodo de tiempo, al someterse a un incendio. Esto es particularmente notable cuando las tensiones presentes son compresivas dado que la resistencia a la compresión disminuye hasta un valor muy bajo cuando la matriz alcanza su
25 punto de reblandecimiento.

[0004] Se conoce un material compuesto reforzado con fibras de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 a partir del documento EP 1 106 744 A1. El material conocido comprende una porción de masa interna que comprende una matriz de masa interna con capas de fibras de refuerzo incrustadas en la misma, y una
30 porción superficial que comprende capas de capas de refuerzo impregnadas en resina intumescente.

[0005] El documento US 5 344 866 A desvela un compuesto termoplástico resistente al fuego que comprende un material de matriz termoplástico con fibras de vidrio de refuerzo y un material particulado termoexpandible incrustado en el material de matriz. El material de matriz termoplástico se ablanda y/o se funde a una temperatura
35 relativamente baja y permite la expansión del material permitiendo la expansión del material termoexpandible.

[0006] Es un objeto de la presente invención proporcionar un material compuesto reforzado con fibras alternativo con resistencia al fuego mejorada.

40 **[0007]** De acuerdo con la invención, este objeto se consigue por un material compuesto reforzado con fibras de acuerdo con la reivindicación 1. Las reivindicaciones dependientes se refieren a realizaciones ventajosas y desarrollos de la invención.

[0008] El material compuesto reforzado con fibras de la invención comprende una "porción de masa interna" que comprende una matriz de masa interna con fibras de refuerzo incrustadas en la misma, y una "porción superficial" que comprende una pluralidad de primeras capas laminadas, que se expanden y/o se deslaminan durante el impacto del fuego, preferiblemente por encima del 100 % y más preferiblemente por encima del 1000 %. En una realización, la porción superficial puede distinguirse claramente de la porción de masa interna, es decir, tiene una estructura que es diferente de la estructura de la masa interna.
45

50

[0009] En este material, la porción de masa interna puede tener una estructura de cualquier tipo conocido a partir de la técnica anterior. En una realización preferida, la porción de masa interna es una estructura multicapa que comprende una pluralidad de capas de material de fibra (por ejemplo, tejidos, tejido no ondulado, fibras unidireccionales, etc.) incrustadas en una matriz de resina (matriz de masa interna). Esta matriz es preferiblemente
55 un sistema epoxi o cualquier otra resina, por ejemplo, una resina termocurable. Adicionalmente, la matriz puede ser un termoplástico. En otras realizaciones, la matriz de masa interna es un sistema basado en benzoxazina o éster cianato. Estos últimos materiales de matriz son de interés en particular en aplicaciones aeronáuticas. Las fibras de refuerzo incrustadas en la matriz de masa interna, preferiblemente dispuestas en forma de esteras de fibras, pueden ser fibras de carbono, fibras de vidrio u otras fibras.

[0010] Es esencial para la invención que tal porción de masa interna ("compuesto de masa interna") se complemente por capas de protección contra incendios adicionales, por ejemplo, en forma de una porción superficial separada ("laminado superficial") que comprenda una pluralidad de capas laminadas, que se expandan y/o se deslaminen durante el impacto del fuego. Estas capas se denominan como "primeras capas" o "capas expandibles" a continuación.

[0011] Tal porción superficial o "laminado superficial" puede proporcionarse en una o ambas superficies de un compuesto de masa interna tipo lámina, creando una protección contra el fuego para el compuesto de masa interna subyacente. En otra realización, el "laminado superficial" tiene la misma estructura que la "porción de masa interna", es decir, tiene fibras de refuerzo incrustadas en la misma y comprende una pluralidad de primeras capas laminadas, que se expanden y/o se deslaminan durante el impacto del fuego. Por lo tanto, en particular, el "laminado superficial" puede idéntico a la "porción de masa interna".

[0012] Al exponerse al calor del fuego, las capas expandibles se expandirán y/o se deslaminarán. De esta manera, puede conseguirse un descenso destacable en la conductividad térmica, de manera que el avance del calor a la porción de masa interna subyacente se ralentice. Por lo tanto, el material de la invención resiste el fuego en mayor medida, y mantiene la integridad estructural (en la porción de masa interna) durante un periodo de tiempo prolongado.

[0013] Preferiblemente, el laminado superficial tiene, en el caso de que tenga láminas (usadas en el laminado superficial), un espesor de al menos un 1 %, en particular al menos un 2 %, y en el caso de refuerzos de fibra hasta el 20 % del espesor de una porción de masa interna subyacente. Por otro lado, el espesor del laminado superficial es preferiblemente menos del 100 %, en particular menos del 10 % del espesor de la porción de masa interna subyacente. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, las "primeras capas" también pueden integrarse en la "porción de masa interna", de manera que la porción superficial puede ser idéntica a la porción de masa interna.

[0014] De acuerdo con la invención, al menos una de las capas expandibles comprende una película termoplástica. Preferiblemente, el termoplástico es un polímero seleccionado entre el grupo que consiste en poliimida (PI), polieterimida (PEI), poliéter sulfona (PES), poliamida (PA), poliamida-imida (PAI), polisulfona (PSU), polifenilsulfona (PPSU), polietercetona (por ejemplo, PEEK, PEKK), polietilentereftalato (PET), polietileno (PE), Poliéster, polieteréster (PEE), poliesteramida, polimetilmetacrilato (PMMA), polipropileno (PP), poliestireno (PS), cloruro de polivinilo (PVC), o mezclas de los mismos.

[0015] Preferiblemente, el termoplástico se selecciona o se modifica de manera que pueda expandirse a una temperatura, por ejemplo, por encima de su transición vítrea o la temperatura de fusión, que sea mayor (por ejemplo, en el intervalo de 200 °C a 240 °C) que las temperaturas de procesamiento en el proceso de fabricación, y mayor que las temperaturas de servicio en la aplicación posterior.

[0016] Preferiblemente, el termoplástico comienza a expandirse a una temperatura de menos de 400 °C, preferiblemente menos de 250 °C. En este caso, la expansión tiene lugar en las fases iniciales del incendio.

[0017] La película termoplástica (o polimérica) puede perforarse (dotada de aperturas como orificios y/o cortes) para permitir que el material de matriz se distribuya por todo el laminado superficial en el proceso de producción del mismo. Por ejemplo, puede usarse una perforación por aguja o láser para crear las aperturas adecuadas en la película, mejorando el flujo de infiltración del material de matriz (por ejemplo, sistema epoxi). Para este fin, por ejemplo, puede proporcionarse un patrón de perforación hexagonal o cuadrado (distancia de perforación, por ejemplo, de 1 a 5 cm, diámetro de perforación, por ejemplo, de 0,5 a 2 mm). El corte o perforación de la película también puede usarse para aumentar el drapeado sobre las curvaturas, es decir, aumentar la capacidad de amoldarse.

[0018] En una realización, al menos una de las capas expandibles comprende fibras (preferiblemente fibras de carbono o vidrio), por ejemplo, fibras cortas dispersas en una película plástica, o en forma de un tejido no tejido (por ejemplo, un vellón) incrustado en un plástico. También pueden usarse fibras continuas (unidireccionales o tejidas).

[0019] En una realización, al menos una de las capas expandibles comprende un modificador intumesciente, por ejemplo, un agente espumante, grafito expandible y/o un producto de fósforo (por ejemplo, polifosfato de

amónio). Dichas modificaciones pueden promover ventajosamente la expansión de la capa expandible respectiva.

- [0020]** En una realización al menos una de las capas expandibles tiene un espesor en el intervalo de 5 a 300 μm , preferiblemente de 10 a 200 μm , más preferiblemente de 20 a 130 μm , en particular 125 μm . El compuesto de una realización que tiene capas expandibles con un espesor de 125 μm o $125 \pm 25 \mu\text{m}$ tiene una tasa de liberación de calor inferior y entra en ignición posteriormente a los compuestos que tienen capas expandibles más finas o más gruesas.
- [0021]** El laminado superficial puede comprender dos, tres, cuatro o incluso más capas expandibles.
- [0022]** De acuerdo con la invención, el laminado superficial no sólo consiste en capas expandibles (primeras capas), sino que comprende además una pluralidad de capas laminadas (segundas capas) diferentes de las primeras capas.
- [0023]** Las segundas capas pueden estar diseñadas para tener la función de disminuir una transferencia de calor, para impedir que el oxígeno (aire) se difunda a la matriz de masa interna y/o para impedir que los productos combustibles se difundan de la matriz de masa interna al exterior (zona de ignición).
- [0024]** Por lo tanto, las segundas capas también se denominan como "capas de barrera" a continuación.
- [0025]** Con las capas expandibles y las capas de barrera como se ha mencionado anteriormente, el laminado superficial tiene un diseño multi-material que comprende estos dos tipos diferentes de capas.
- [0026]** De acuerdo con la invención, las capas expandibles y las capas de barrera se apilan en una secuencia alterna para formar el laminado superficial. Dicha secuencia comprende al menos dos capas expandibles y dos capas de barrera. Un ejemplo será la secuencia barrera-expandible-barrera-expandible, en la que el lado externo del laminado superficial está formado preferiblemente por una capa de barrera y el lado interno (interfaz al compuesto de masa interna) está formado preferiblemente por una capa expandible. También son posibles otras disposiciones como, por ejemplo, una combinación de diferentes capas de barrera para efectos sinérgicos. Otra disposición posible es la combinación de capas expandibles con diferente comportamiento de expansión y/o diferente temperatura de expansión para optimizar la protección de un material de masa interna subyacente. Otra posible disposición son capas termoplásticas reforzadas con fibras o de resina reforzadas con fibras entre o en la parte superior de las capas de barrera o/y las capas de expansión, posiblemente modificadas, para actuar como una capa de barrera, de expansión, de estabilización o estructural adicional.
- [0027]** Las capas alternas que se han descrito anteriormente también pueden usarse por todo el espesor del material completo.
- [0028]** En una realización, al menos una de las capas de barrera comprende una matriz ("matriz superficial") con fibras de refuerzo incrustadas en la misma. De esta manera, las capas de barrera respectivas pueden contribuir ventajosamente a la resistencia mecánica del material. Pueden usarse fibras cortas (por ejemplo, dispersas en la matriz superficial) o fibras continuas en forma de una estera de fibras. La matriz superficial puede ser el mismo material que el de la matriz de masa interna (por ejemplo, una resina epoxi), u otro material. En una realización, las capas de barrera comprenden películas termoplásticas con fibras continuas (por ejemplo, fibras de carbono), unidireccionales o tejidas, por ejemplo, incrustadas en un prepreg de PEI. Como una resina, podría usarse, por ejemplo, ésteres cianato o resinas con alto contenido inorgánico (por ejemplo, Si).
- [0029]** En una realización al menos una de las capas de barrera comprende un polímero. Por ejemplo, pueden usarse polímeros termoplásticos como se ha mencionado anteriormente para las capas expandibles, en particular poliimida (PI), poliamida-imida (PAI), polietercetona (por ejemplo, PEEK, PEKK) o polifenilsulfona (PPSU) como material para crear capas de barrera. Tras la exposición al calor, estos últimos materiales forman cantidades importantes de hollín (productos de descomposición), lo que puede contribuir ventajosamente al efecto barrera que se ha mencionado anteriormente.
- [0030]** Cuando se usa un polímero termoplástico o un polímero termoendurecible para una capa de barrera, este polímero también puede reforzarse por un material de fibra (fibras cortas o continuas).
- [0031]** Como alternativa, o además de dicho material de fibras, al menos una de las capas de barrera puede comprender partículas inorgánicas u orgánicas dispersas en una matriz. Esta matriz también puede ser una matriz

- de resina. Preferiblemente, se usan micropartículas con un tamaño de partícula medio de menos de 100 µm, o nanopartículas con al menos una dimensión menor de 100 nm. En una realización, la capa barrera comprende una matriz epoxi rellena de partículas inorgánicas. Preferiblemente, se usan partículas inorgánicas como, por ejemplo, filosilicatos (silicatos estratificados). Pero cada capa de barrera también puede modificarse con otros aditivos o
- 5 cargas. Preferiblemente, se usan partículas orgánicas como, por ejemplo, compuestos de organofósforo, halogenados, parafínicos, espumíferos y/o intumescentes, polímeros o corcho. En el documento WO 2010/020237, se describen partículas (en un termoplástico), que también pueden usarse en la presente invención como partículas en la capa de barrera.
- 10 **[0032]** En otra realización, al menos una de las capas de barrera es una capa metálica.
- [0033]** Cada capa de barrera puede estar perforada. Para este fin, por ejemplo, puede proporcionarse un patrón de perforación hexagonal o cuadrado (distancia de perforación, por ejemplo, de 1 a 5 cm, diámetro de perforación, por ejemplo, de 0,5 a 2 mm).
- 15 **[0034]** En cuanto al proceso para la fabricación del material compuesto reforzado por fibras, pueden aplicarse métodos y herramientas, que se conocen bien a partir de la tecnología de compuestos de fibras. Los ejemplos son moldeo por transferencia (RTM, "moldeo por transferencia de resina (*resin transfer molding*)"), infusión al vacío (tal como VAP, VARI etc.) y sus desarrollos adicionales (tales como SLI, LRI, BP-RTM), así como "preimpregnación
- 20 (*Prepregging*)".
- [0035]** Para la fabricación del material de la invención, las capas que crean el compuesto superficial posterior pueden apilarse juntas con una preforma seca o un prepreg (una o más capas de material de fibras) creando el último compuesto de masa interna en una herramienta de conformación. Después, en el caso de una preforma seca,
- 25 puede proporcionarse un proceso de infusión para fundir la preforma seca y, según el caso, también pueden proporcionarse las capas de la porción superficial, con un material de matriz líquido o semi-líquido (por ejemplo, una resina como, por ejemplo, un sistema de resina epoxi). Finalmente, puede usarse un proceso de curación (por ejemplo, termocuración) para unir todas las capas entre sí (co-curación o co-unión, respectivamente).
- 30 **[0036]** También podría disolverse parcialmente una película termoplástica para aumentar la interacción con la resina.
- [0037]** En un procesamiento alternativo, al menos algunas (o todas) las capas que crean la porción de masa interna y la porción superficial pueden impregnarse ("prepregged") con el material de matriz respectivo antes de
- 35 apilarse en la herramienta de conformación (proceso de prepreg). En este caso, las capas expandibles, de barrera y de masa interna pueden colocarse en el orden deseado en la herramienta, y curarse (a presión) posteriormente.
- [0038]** De acuerdo con la invención, las capas expandibles y las capas de barrera se apilan en una secuencia alterna en uno o ambos lados de una porción de masa interna multi-capa. Un diseño típico es, por ejemplo: barrera-expandible-barrera-expandible-masa interna. En lugar de dos capas expandibles y dos capas de barrera en este ejemplo, pueden usarse también más (por ejemplo, tres o cuatro) capas expandibles y/o capas de barrera, hasta el 100 % del laminado (material compuesto).
- 40 **[0039]** En una realización, una capa de barrera y una capa expandible se combinan previamente antes de realizar el proceso de apilamiento. Tal capa expandible-barrera combinada puede proporcionar una "capa expandible de formación de hollín". La técnica típica para la formación de tal capa expandible de formación de hollín es el calandrado (en el caso de dos capas termoplásticas), o "doctorblading" en el caso de una combinación termoestable y termoplástico.
- 45 **[0040]** Con un proceso de curado, el material compuesto reforzado con fibras se completa.
- [0041]** El material de la invención puede usarse ventajosamente para formar un componente estructural para un vehículo aéreo, en particular, para un aeroplano o un helicóptero. En una realización, el componente estructural es un casco de fuselaje o una sección del casco del vehículo respectivo.
- 50 **[0042]** Una característica importante de la invención es que, cuando no está en el estado intumesciente, el material añadido (porción superficial) puede diseñarse para poder compartir la carga transportada, por ejemplo, por la estructura subyacente (masa interna). Por lo tanto, las capas protectoras de la invención no se añaden al peso de la estructura sin aumentar la resistencia.

[0043] Una característica importante adicional de la invención es que, cuando al menos una de las capas expandibles comprende una película termoplástica dispuesta de manera alterna con las capas de barrera, aunque la ignición del compuesto tenga un comienzo temprano en comparación con el estado de la técnica, la liberación de calor es significativamente inferior, por ejemplo, de aproximadamente el 30 % al 50 % dependiendo del espesor de las capas expandibles y/o de barrera. En otras palabras, incluso si la ignición comienza pronto, la liberación de calor y la descomposición para un compuesto como se describe por la invención, es significativamente inferior que para los compuestos del estado de la técnica; además, el tiempo hasta que el material de masa interna del compuesto se descomponga es de aproximadamente 1,5 a 2 veces mayor que en el estado de la técnica. Por lo tanto, el calor del proceso de combustión se libera posteriormente, de manera que la propagación de la llama sea más lenta, el calor sea inferior y las propiedades mecánicas restantes se mantengan, ya que el material se daña menos y falla más tarde.

[0044] La invención se describirá en lo sucesivo en el presente documento con referencia a una realización ejemplar con referencia a los dibujos adjuntos. En estos dibujos:

La figura 1 muestra un diseño multicapa de un material compuesto reforzado por fibras,

la figura 2 muestra el material de la figura 1 durante la exposición al fuego,

la figura 3 muestra la tasa de liberación de calor frente al tiempo para un diseño multicapa de un material compuesto reforzado con fibras y de una referencia antes y durante la exposición al fuego, y

la figura 4 muestra una película termoplástica perforada como se usa para una capa expandible.

[0045] La figura 1 es una sección transversal esquemática de un plástico compuesto reforzado con fibras (FRCP) de acuerdo con una realización de la presente invención.

[0046] El material 10 es un material laminado extensible bidimensional y consiste en una porción de masa interna 12 y una porción superficial 14.

[0047] La porción de masa interna 12 comprende una matriz de masa interna con fibras de refuerzo incrustadas en la misma. Preferiblemente, la estructura interna de la porción de masa interna 12 (que no se muestra de forma detallada en la figura 1), es una estructura convencional. Especialmente, la porción de masa interna 12 puede proporcionarse como un sistema de matriz epoxi convencional con fibras de carbono o de vidrio incrustadas en el mismo. Las fibras pueden proporcionarse, por ejemplo, en forma de una o, preferiblemente, más esteras de fibras (tejido plano o no tejido), que se impregnan previamente o se infunden durante un proceso de fabricación con la resina epoxi respectiva. En una etapa de curación, la finalización del proceso de fabricación, la porción de masa interna 12 y la porción superficial 14 se han curado y se han unido juntas.

[0048] La porción superficial 14 sirve para aumentar la protección contra incendios y consiste en al menos unas "capas expandibles" (primeras capas) 20-1, 20-2, y en el ejemplo mostrado también en unas "capas de barrera" (segundas capas) 22-1, 22-2.

[0049] Las capas expandibles 20 y las capas de barrera 22 se disponen en una secuencia alterna (expandible-barrera-expandible-barrera) en la parte superior del compuesto de masa interna 12, formando de este modo un "laminado superficial" que protege el compuesto de masa interna subyacente 12 en el caso de una exposición al fuego en el lado en el que el compuesto de masa interna 12 se cubre por el laminado superficial 14. A este respecto, diferente del ejemplo mostrado, en el que el compuesto de masa interna 12 está cubierto únicamente por un lado, el compuesto de masa interna 12 también puede estar cubierto por ambos lados con un laminado superficial del tipo descrito en el presente documento.

[0050] El efecto de protección contra incendios del laminado superficial 14 se basa sustancialmente en un comportamiento particular de las capas expandibles 20. Concretamente, cuando estas capas expandibles 20 se calientan debido a la exposición al fuego (véanse las llamas 24 simbolizadas en la figura 2), las capas expandibles 20 aumentan su grosor (se expanden, por ejemplo, por algún tipo de espumante) y/o pierden su unión a las capas adyacentes (se deslaminan). Este comportamiento conduce a un descenso de la conductividad térmica del laminado superficial 14, retardando el aumento de la temperatura en el compuesto de masa interna 12.

[0051] La figura 2 ilustra el material 10 durante el impacto del fuego, simbolizado por las llamas 24.

[0052] Como puede observarse a partir de una comparación entre la figura 1 y la figura 2, el fuego hace que el laminado superficial 14 se expanda en gran medida (o al menos sustancialmente), de manera que el progreso adicional del calor del fuego hacia la porción de masa interna 12 se impida.

[0053] En el estado original (intacto) del material 10, la capa expandible externa 20-2 y la capa de barrera externa 22-2 tienen los espesores d_1 y d_2 , respectivamente, mostrados en la figura 1. El espesor del compuesto de masa interna se designa por d_0 .

[0054] En el estado expuesto (calentado) como se muestra en la figura 2, las capas 20-2 y 22-2 tienen los espesores d_1' y d_2' respectivamente (El espesor del compuesto de masa interna 12 se designa por d_0'). En esta situación, el espesor d_1' se aumenta en gran medida en comparación con el espesor original d_1 . En la práctica, dependiendo del diseño de la capa expandible 20-2, este aumento de espesor puede dar como resultado un espesor d_1' , que es más de 10, preferiblemente más de 20 veces el espesor de d_1 . Las figuras 1 y 2 no están dibujadas a escala. Únicamente ilustrarán la modificación cualitativa del laminado superficial 14 durante el impacto del fuego.

[0055] Preferiblemente, las capas expandibles 20 están diseñadas para mostrar la expansión y/o un efecto de deslaminación ya durante las fases iniciales del fuego. Ventajosamente, estas capas 20 comienzan a expandirse y/o deslaminarse notablemente ya a temperaturas de menos de 400 °C, preferiblemente menos de 250 °C.

[0056] Dado que habrá un gradiente de temperatura en el material 10 durante el calentamiento, los efectos inducidos por el calor son más fuertes en las regiones externas (cerca de la superficie del material) que en las regiones internas. Esto también se ilustra en la figura 2, en la que la capa expandible interna 20-1 también se expande con respecto al estado original mostrado en la figura 1, pero no tanto como la capa expandible externa 20-2.

[0057] En el ejemplo mostrado, no hay ningún cambio notable del espesor de las capas de barrera 22-1 y 22-2. Las capas de barrera 22 (segundas capas) son diferentes de las capas expandibles 20 (primeras capas) y sirven para impedir un transporte de calor y/o de gases a través de estas capas. En el ejemplo mostrado, las capas de barrera 22, en particular, impiden que el oxígeno del aire exterior se difunda a la matriz de combustible del compuesto de masa interna 12 e impide que los productos de combustible gaseosos del compuesto de masa interna 12 se difundan hacia el exterior ("zona de ignición").

[0058] En la realización mostrada, las capas expandibles 20 están formadas cada una por una película termoplástica, por ejemplo, hecha de PEI o PES, y que contiene modificadores intumescentes. En el ejemplo, estas películas contienen agentes espumantes para promover el aumento del espesor inducido por el calor. Además, o como alternativa, las películas también pueden contener material de fibras, por ejemplo, fibras sueltas incrustadas en el material termoplástico o una estera de fibras que se extiende en la película termoplástica.

[0059] Preferiblemente, cada una de las capas expandibles 20 (en este ejemplo: 20-1 y 20-2) tiene un espesor en el intervalo de 5 a 100 μm , aumentando al menos en un factor de 10 al calentarse a su temperatura de expansión (por ejemplo, aprox. 300 °C o menos).

[0060] En el ejemplo mostrado, cada una de las capas de barrera 22 (22-1 y 22-2) comprenden una matriz superficial (por ejemplo, resina) con fibras de refuerzo incrustadas en la misma. En el ejemplo mostrado, se usan fibras cortas dispersas en una matriz de poliamidaimida o poliimida. En otra realización, el material de la matriz superficial es idéntico al material de la matriz de masa interna (por ejemplo, un sistema de resina epoxi). Esto puede facilitar la fabricación del material compuesto 10 en la medida en que puede proporcionarse un proceso de infusión para infundir simultáneamente la porción de masa interna 12 y la porción superficial 14. En principio, en lugar de fibras cortas en las capas de barrera 22, también pueden usarse fibras continuas que se extienden en estas capas.

[0061] Cualquier tipo de fibras incorporadas en las capas expandibles 20 aumentará ventajosamente la resistencia mecánica del laminado superficial 14. Esto distingue el ejemplo descrito de las formas establecidas convencionales de protección contra incendios de tipo intumescente y de barrera.

[0062] La figura 3 muestra la tasa de liberación de calor frente al tiempo para un diseño multicapa de un material compuesto reforzado con fibras 10 y de una referencia antes y durante la exposición al fuego.

- 5 **[0063]** En el ejemplo mostrado de la figura 3 ha de usarse un espécimen o muestra de un compuesto 10 que tiene un espesor de 4 mm. En este ejemplo se usan dos capas expandibles 20, 20-1, 20-2. El espesor de las capas expandibles 20, 20-1, 20-2 es 125 μm . Las capas expandibles 20 están fabricadas de una película termoplástica. En este ejemplo ha de usarse polieterimida.
- 10 **[0064]** Se disponen dos capas de barrera 22, 22-1, 22-2 en secuencia alterna con la capa expandible. El espesor de las capas de barrera 22, 22-1, 22-2 es de 250 μm . Las capas de barrera 22, 22-1, 22-2 son del mismo material que la porción de masa interna 12, de manera que el espesor de la capa de barrera 22, 22-1, 22-2 pueda aumentarse sin una pérdida de las propiedades mecánicas. La porción de masa interna 12 comprende resina epoxi reforzada con carbono. Ha de apreciarse que pueden conseguirse resultados similares para las capas de barrera 22, 22-1, 22-2 de material diferente que la porción de masa interna 12.
- 15 **[0065]** Las capas expandibles 20, 20-1, 20-2 se perforan con una aguja en un patrón de perforación rectangular. La distancia de perforación es de 1 cm y el diámetro de la apertura 25 es de 1 mm.
- 20 **[0066]** La figura 3 muestra la tasa de liberación de calor del compuesto que se ha mencionado anteriormente 10 y la tasa de liberación de calor de una referencia 26. La referencia 26 es un material de masa interna convencional como se conoce en el estado de la técnica que no tiene un diseño multicapa. La referencia 26 tiene un espesor de 4 mm.
- 25 **[0067]** Tanto el compuesto 10 que tiene las capas de expansión 20, 20-1, 20-2 y las capas de barrera 22, 22-1, 22-2 como se ha descrito anteriormente, así como la referencia 26 se cargan con un flujo de calor de 25 kW/m^2 . Son posibles mayores flujos de calor; en ese caso el tiempo de ignición podría ser inferior y la liberación de calor máxima mayor.
- 30 **[0068]** En la figura 3 la tasa de liberación de calor se muestra en el eje vertical y el tiempo en el eje horizontal. La referencia 26 se enciende entre 200 y 300 segundos y se apaga después de que el material de combustible se consuma después de 500 segundos.
- 35 **[0069]** Para el compuesto 10 la capa expandible externa 20-2 que es la más cercana a la fuente de calor comienza a expandirse y/o a deslaminarse antes de la ignición, es decir, antes de 60 segundos, como se muestra en la figura 3. El tiempo de ignición disminuye en comparación con la referencia 26. Después de la ignición y 200 segundos después de la carga del compuesto 10 con el flujo de calor la parte de combustible de la capa de barrera externa 22-2 se ha consumido y/o carbonizado. Esto puede observarse como un primer pico P1 para la liberación de calor, que es significativamente inferior a la liberación de calor de la referencia 26.
- 40 **[0070]** Después de que la parte de combustible de la capa de barrera externa 22-2 se haya consumido y/o carbonizado, la liberación de calor disminuye hasta que la protección de la capa expandible externa 20-2 disminuye y la capa de barrera interna 22-1 entre las capas de expansión 20-1 y 20-2 comienza a quemarse, de manera que la liberación de calor aumente de nuevo hasta un segundo pico P2 de aproximadamente el mismo tamaño que el primer pico P1.
- 45 **[0071]** Después de que ambas capas de barrera, la capa de barrera externa 22-2 y la capa de barrera interna 22-1, se consuman y/o se carbonicen, la liberación de calor disminuye hasta un mínimo Mín. En algunas pruebas realizadas con el compuesto 10 como se ha descrito anteriormente y en las mismas condiciones, se ha observado una extinción de la llama en el Mínimo Mín.
- 50 **[0072]** Después del derrumbe de las capas expandibles 20-1, 20-2 el resto del material (la porción de masa interna 12) comienza a descomponerse y la liberación de calor se eleva de nuevo hasta un máximo Máx.
- 55 **[0073]** El máximo Máx de la liberación de calor del compuesto 10 es menor que la tasa de liberación de calor pico de la referencia 26 y disminuye hasta que el material de combustible de la porción de masa interna 12 se consume en aproximadamente 800 segundos.
- [0074]** En la figura 4 se muestra un acetato termoplástico perforada como se usa para las capas expandibles 20.
- [0075]** Ha de usarse una perforación por agujas para crear las aperturas 25 en la película. Se proporciona un patrón de perforación hexagonal. La distancia de perforación es de 20 mm. Las aperturas 25 son orificios que tienen

un diámetro de 1 mm.

[0076] Un uso preferido del material compuesto reforzado con fibras 10 es la formación de componentes estructurales tipo casco para vehículos aéreos, en particular aeroplanos o helicópteros. Las intercalaciones 5 termoplásticas expandibles (capas expandibles 20) causan una protección contra el fuego notablemente aumentada de los componentes estructurales respectivos.

[0077] Aunque en el ejemplo descrito la "porción de masa interna" y la "porción superficial" pueden distinguirse entre sí, las capas expandibles y las capas de barrera alternas pueden ocupar el 100 % del laminado 10 (material compuesto reforzado por fibras). En este caso, la porción de masa interna y la porción superficial tienen la misma estructura de capas o incluso pueden ser idénticas. En dicho material, en particular, las capas de barrera pueden estar formadas por capas que son convencionales para la formación del material compuesto reforzado por fibras. Además, y como alternativa, también pueden usarse las capas de barrera particulares que se han descrito anteriormente (incluyendo también las capas de barrera fabricadas de metal, etc.).

15

Lista de números de referencia

[0078]

20	10	Material compuesto reforzado por fibras
	12	Porción de masa interna
	14	Porción superficial
	20	Capas expandibles
	20-1	Capa expandible interna
25	20-2	Capa expandible externa
	22	Capas de barrera
	22-1	Capa de barrera interna
	22-2	Capa de barrera externa
	24	Llamas
30	25	Apertura
	26	Referencia
	P1	Primer pico
	P2	Segundo pico
	Mín	Mínimo
35	Máx	Máximo

REIVINDICACIONES

1. Un material compuesto reforzado con fibras (10), que comprende
- 5 - una porción de masa interna (12) que comprende una matriz de masa interna con fibras de refuerzo incrustadas en la misma, y
- una porción superficial (14) que comprende una pluralidad de primeras capas laminadas, que se expanden y/o se deslaminan durante el impacto del fuego,
- 10 **caracterizado por que** al menos una de las primeras capas (20) comprende una película termoplástica, y **por que** la porción superficial (14) comprende adicionalmente una pluralidad de segundas capas laminadas (22) diferentes de las primeras capas (20) y dispuestas en una secuencia alterna con las primeras capas (20).
- 15 2. El material de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una de las primeras capas (20) comprende fibras.
3. El material de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una de las primeras capas (20) comprende un modificador intumescente.
- 20 4. El material de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una de las primeras capas (20) tiene un espesor en el intervalo de 5 a 300 μm , preferiblemente de 10 a 200 μm , más preferiblemente de 20 a 130 μm , en particular aproximadamente 125 μm .
- 25 5. El material de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una de las segundas capas (22) comprende una matriz superficial con fibras de refuerzo incrustadas en la misma.
6. El material de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que al menos una de las segundas capas (22) comprende un polímero.
- 30 7. El material de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que al menos una de las segundas capas (22) comprende una matriz de resina con partículas inorgánicas dispersas en la misma.
8. El material de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que al menos una de las segundas capas (22) comprende una matriz de resina con partículas orgánicas dispersas en la misma.
- 35 9. Un componente estructural para un vehículo aéreo, en particular para un aeroplano o un helicóptero, fabricado de un material (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

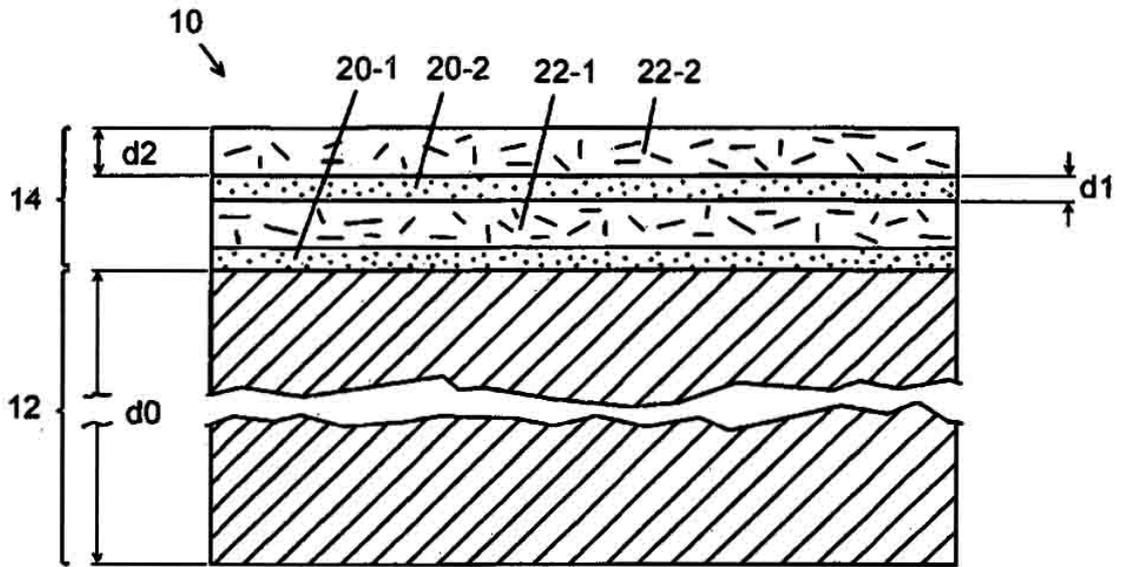


Fig. 1

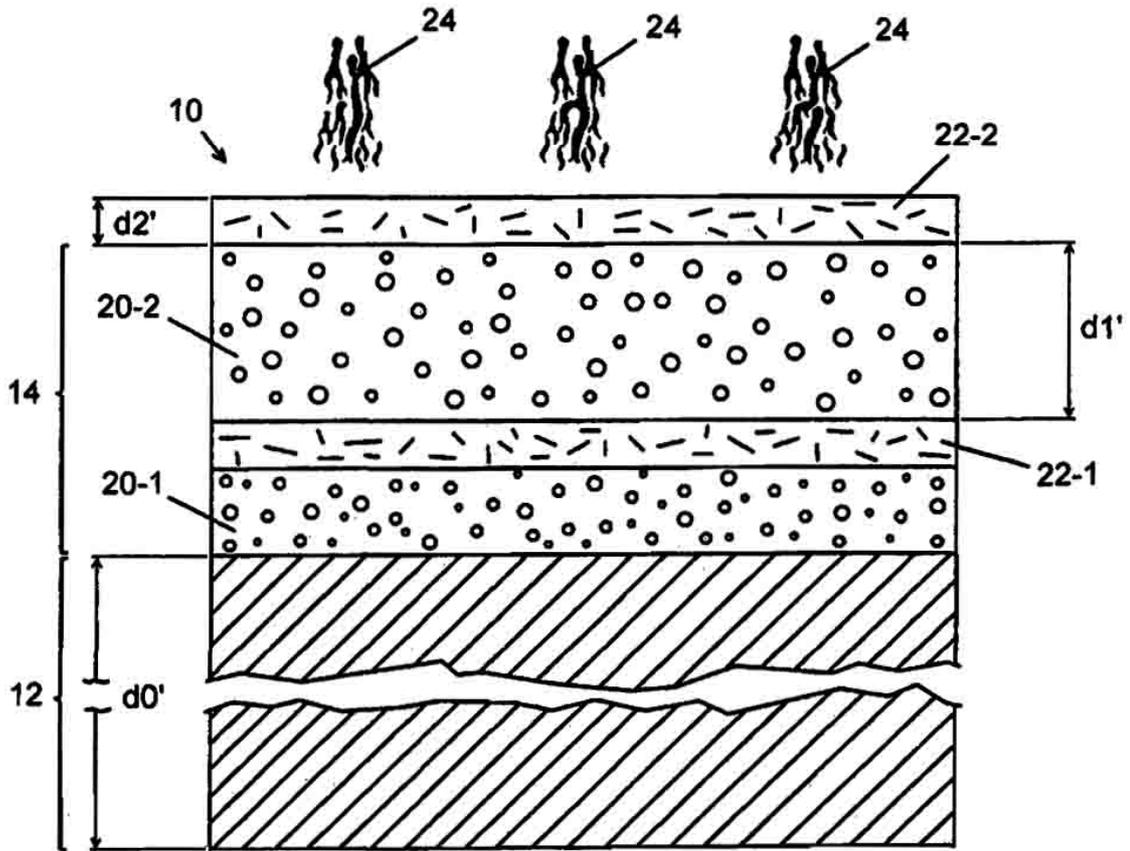


Fig. 2

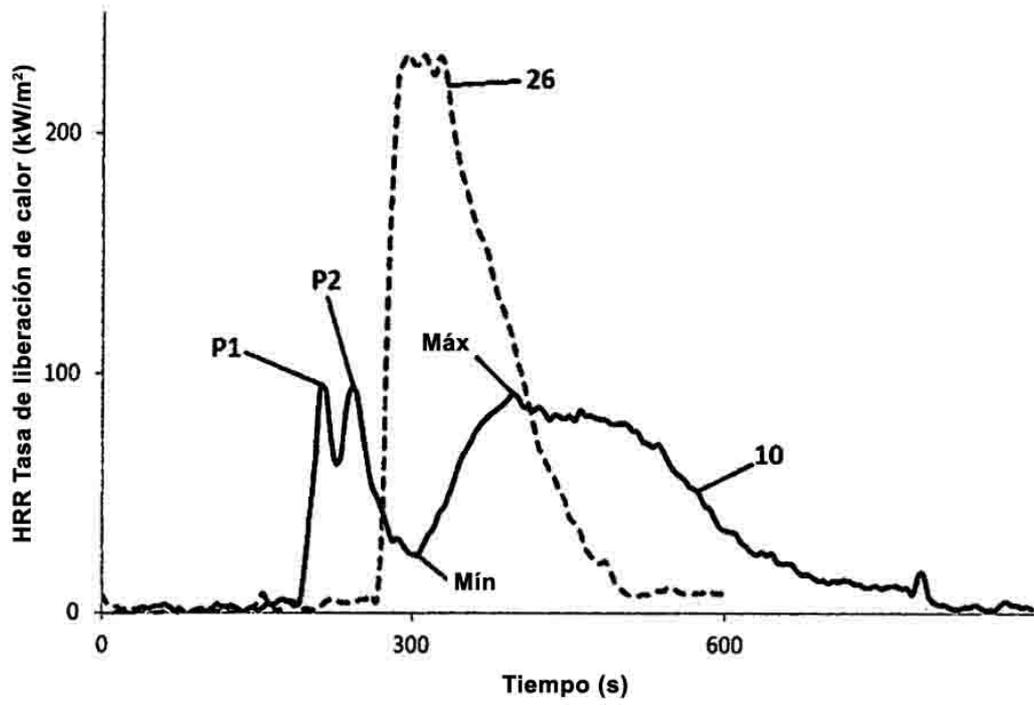


Fig. 3

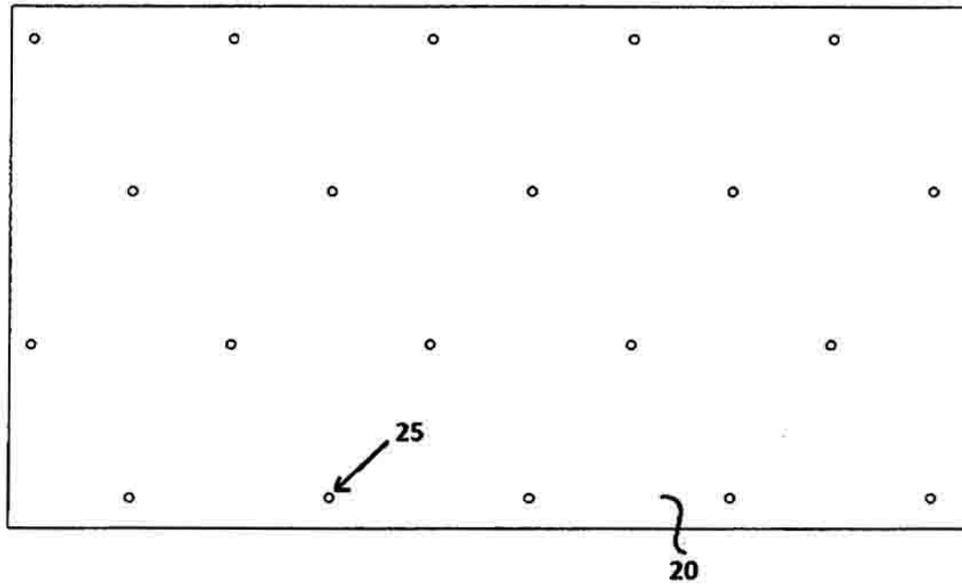


Fig. 4