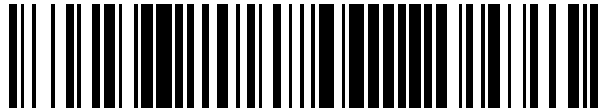


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 608 817**

51 Int. Cl.:

**B64C 1/06** (2006.01)  
**B64C 1/12** (2006.01)  
**B29L 31/54** (2006.01)  
**B29L 22/00** (2006.01)  
**B29C 43/10** (2006.01)  
**B64C 3/18** (2006.01)  
**B29C 43/36** (2006.01)  
**B64C 1/00** (2006.01)  
**B29C 70/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.05.2008 PCT/US2008/064427**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **19.02.2009 WO09023346**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.05.2008 E 08827299 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.12.2016 EP 2152574**

54 Título: **Método de fabricación de largueros conformados de material compuesto**

30 Prioridad:

**24.05.2007 US 753482**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**17.04.2017**

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)  
100 North Riverside Plaza  
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

**GUZMAN, JUAN, C.;  
MCCARVILLE, DOUGLAS, A.;  
ROTTER, DANIEL, M. y  
ROBINS, BRIAN, G.**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 608 817 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 de fabricación de largueros conformados de material compuesto

5 **Campo de la invención**

Las realizaciones descritas en la presente memoria se refieren, en general, a la fabricación de largueros de aeronaves, y más particularmente se refieren a la fabricación de largueros conformados de material compuesto.

10 **Antecedentes**

Las aeronaves incluyen, por lo general, un fuselaje, que se puede considerar como un esqueleto subyacente, al que se unen paneles superficiales para formar una superficie exterior aerodinámica lisa. Las alas incluyen también estructura subyacente cubierta con paneles superficiales. Normalmente, los paneles superficiales son ligeros y finos para minimizar el peso de la aeronave y aumentar su carga útil y alcance. Dado que los paneles superficiales son finos son, por lo general, flexibles y requieren rigidización para evitar movimientos, flexiones y vibraciones indeseables durante el vuelo.

Los largueros de sombrero se han utilizados durante décadas en la industria aeroespacial para reforzar las secciones de fuselaje metálicas y las capas superficiales de ala de metal en aeronaves tanto comerciales como militares. Estos largueros se forman de un panel metálico fino con ángulos agudos que resultan en una forma trapezoidal. Se utilizan técnicas de conformación de metal relativamente simples para doblar el metal a los ángulos agudos requeridos para esta forma. Estas técnicas de conformación de metal incluyen la conformación en plegadora o laminación del metal en la forma del larguero de sombrero. Estas técnicas permiten la producción de largueros de sombrero con curvas angulares ajustadas y constantes y patas rectas o planas. En la Figura 1, por ejemplo, un larguero de sombrero 10 se fija a un panel superficial 20 del fuselaje mediante una serie de sujeciones 25 (dos mostradas) que se fijan a intervalos a lo largo de la pata 16 del larguero de sombrero 10. El larguero de sombrero 10 es trapezoidal con una superficie superior plana 12 y lados inclinados 14 que forman un ángulo con respecto a las patas 16, que están sustancialmente alineadas con la superficie superior plana 12. La intersección entre los lados 14 y las patas 16 puede caracterizarse como afilada, apretada o con un radio pequeño de curvatura.

Los materiales compuestos que incluyen una matriz de resina y una carga han encontrado una aplicación creciente en la industria aeroespacial debido a su peso relativamente ligero y propiedades físicas favorables. Por lo general, las cargas pueden ser de refuerzo o sin refuerzo en naturaleza y pueden estar en una variedad de formas, por ejemplo, polvos, partículas, cintas de fibras de fibras unidireccionales, telas tejidas y similares. Las resinas son materiales poliméricos orgánicos que pueden incluir, por ejemplo, las resinas epoxi utilizadas habitualmente.

Puesto que los materiales compuestos (por ejemplo, fibra de carbono y resina de matriz epoxi) se han hecho más frecuentes en la industria para paneles superficiales del fuselaje y de las alas, los largueros de sombrero siguen siendo populares por una variedad de razones. Por ejemplo, si bien los largueros de sombrero se pueden fabricar de una sola pila de material, otras formas menos comunes tales como refuerzos en forma de I, en forma de J o en forma de T requieren la combinación de múltiples pilas y cargas radiales.

Como los largueros que han pasado de materiales metálicos a materiales compuestos, la modificación de la forma de los largueros de patas rectas y curvas cerradas de los largueros de sombrero no era una alta prioridad. Esto se debe en gran medida a que el rendimiento estructural de las formas de sombreros tradicionales se entiende bien y debido a que al crear herramientas en las que se pueden curar sombreros de material compuesto, las formas rectas o planas con detalles de radio relativamente pequeños son más fáciles de fabricar.

Los largueros de sombrero de material compuesto se utilizan ahora ampliamente en ciertas aeronaves de transporte comerciales. Un ejemplo de un proceso para la fijación de largueros de material compuesto a una sección de fuselaje se ilustra en la Figura 2. Un larguero de sombrero 10 descansa sobre la capa superficial del fuselaje que está soportada por una lámina de recubrimiento semirrígida 35. El interior del larguero de sombrero hueco 10 tiene una cámara de aire de caucho hinchable 36 y el exterior del larguero de sombrero 10 se cubre por una línea de molde interior (IML). La cámara de aire 36 se hincha mientras la herramienta IML proporciona presión externa sobre el larguero de sombrero 10. Por tanto, el larguero de sombrero 10 se consolida a la capa superficial 20 del fuselaje por la presión de la herramienta IML 30 (y la cámara de aire 36) y el curado de la resina, mientras que la lámina de recubrimiento 35 controla el contorno de la capa superficial 20 del fuselaje.

Este método de fabricación de IML requiere un rendimiento impecable de diversas etapas. Por ejemplo, el material compuesto se debe situar con precisión en las cavidades de la herramienta IML para evitar huecos por encima o por debajo del relleno. Las cámaras de aire deben hincharse durante el curado para aplicar presión de compactación y curado. La lámina de recubrimiento debe ser lo suficientemente flexible como para tener en cuenta las variaciones en el espesor del material y/o la mala colocación de las capas mientras que al mismo tiempo es suficientemente rígida para crear una superficie aerodinámica lisa.

Un proceso de curado de OML (línea de molde exterior) se muestra en la Figura 3. Estos paneles de recubrimiento 42, formados como los largueros de sombrero 10, ayudan a forzar el material compuesto en el radio durante el ciclo de curado y a alisar las irregularidades. Por tanto, la capa superficial 20 del fuselaje está soportada por una herramienta en línea con el molde exterior (OML) 32 y el larguero de sombrero 10 descansa sobre el fuselaje 20, con una cámara de aire 36 en su interior. Un panel de recubrimiento 42 que se ajusta a la forma exterior del larguero de sombrero 10 descansa sobre el larguero 10. Una bolsa 40 envuelve al menos el panel de recubrimiento 42 y la superficie superior de la capa superficial 20 del fuselaje. Se introduce un vacío en la bolsa 40 mientras que la cámara de aire 36 se hincha y se aplica presión a través de la herramienta de IML 32 para consolidar el larguero sombrero 10 al fuselaje a medida que la resina se cura para fijar la capa superficial de material compuesto del fuselaje al larguero de material compuesto 10. Este método de co-curado asistido por paneles de recubrimiento requiere la fabricación y uso de cientos de herramientas maestras y recubrimientos de diseño único, de alto mantenimiento asociados lo que impone una carga de costes significativa.

Por consiguiente, es deseable desarrollar métodos de fabricación de largueros de material compuesto que simplifiquen los procesos y reduzcan los costes. Además, es deseable que los largueros de material compuesto tengan radios grandes para facilitar la conformación del larguero fuera de una preforma de material compuesto. Además, las formas de los largueros deben actuar igual o mejor estructuralmente (por ejemplo, resistir el pandeo de las columnas y la flexión de cuatro puntos) que los sombreros de forma trapezoidal tradicionales cuando se fabrican con materiales compuestos. Además, existe la necesidad de métodos para fabricar largueros de material compuesto que tengan radios de curvatura lisos y suaves (más grandes) cerca de la base de los largueros y que eliminen la necesidad de utilizar láminas de recubrimiento para ayudar al co-curado del larguero al panel. Adicionalmente, otros aspectos y características deseables de los largueros de material compuesto se pondrán de manifiesto a partir de la siguiente descripción detallada y de las reivindicaciones adjuntas, tomadas junto con los dibujos adjuntos y el campo técnico y antecedentes anteriores.

El documento US 2006/0226287 describe un panel estructural para una aeronave. El panel comprende largueros de material compuesto fijados a una capa superficial de material compuesta. En una disposición, los largueros tienen una sección transversal generalmente en forma de sombrero con una superficie exterior que se curva suavemente. El documento WO2005/105402 describe un panel de aeronave formado por el co-curado de largueros de material compuesto a una capa superficial de material compuesto. Los largueros tienen una sección transversal trapezoidal con bordes rectos que carecen de curvatura. Un mandril plegable que contiene un conjunto de tiras se proporciona dentro del larguero durante el conformado. Después del curado, las tiras se extraen secuencialmente del mandril y se retira el mandril. El documento GB 1.522.432 se refiere a un elemento rigidizado con fibra de vidrio que después de la laminación presenta una forma hueca. Se utiliza un material elástico como un núcleo que se reduce en tamaño cuando se somete a esfuerzos de tracción permitiendo de este modo que sea retirado de la parte interior de la estructura de fibra de vidrio endurecida.

#### Breve resumen

La presente invención proporciona un método para rigidizar un panel de material compuesto con un larguero de acuerdo con la reivindicación 1.

#### Breve descripción de los dibujos

A continuación se describirán diversas realizaciones en relación con las siguientes figuras del dibujo, que no están a escala y que pueden ser de naturaleza esquemática, en las que los números iguales designan elementos similares y

la Figura 1 es una vista en perspectiva de un larguero de sombrero de la técnica anterior fijado a un panel superficial de la aeronave;

la Figura 2 es una vista esquemática de extremo que representa una técnica anterior dentro de la línea de molde que se dispone utilizando una cámara de aire hinchable y una lámina de recubrimiento;

la Figura 3 es una vista esquemática de extremo de una línea de molde exterior de la técnica anterior que se dispone utilizando un panel de recubrimiento y una cámara de aire interior;

la Figura 4 es una vista esquemática de una realización ejemplar de una disposición utilizando una herramienta de OML para fabricar un larguero conformado de material compuesto;

las Figuras 5-9 ilustran formas de larguero de material compuesto en una vista de extremo; y

la Figura 10 ilustra una realización ejemplar de un método para fabricar un panel rigidizado.

#### Descripción detallada

Los ejemplos proporcionan estructura y consolidación de larguero mejoradas con un panel a rigidizar. Al reconfigurar la forma del larguero de manera que se eliminen los radios estrechos, las realizaciones proporcionan una forma lisa con una curvatura de radio grande donde los lados del larguero se unen en las patas del larguero. Los lados del larguero pueden tener un punto de inflexión que es un punto de transición suave. El material compuesto utilizado para formar el larguero se adapta naturalmente para conformar la forma lisa. El contorno es suficientemente suave y gradual (es decir, sin transiciones agudas ni radios estrechos) de modo que permite el uso de capas de cinta en

lugar de tejido, lo que resulta en un ahorro de peso significativo. La integridad estructural se mantiene sin afectar el rendimiento del larguero.

5 Por lo general, en algunos de los ejemplos los largueros tienen lados que incluyen una zona intermedia que a su vez incluye un punto de inflexión donde la curvatura del lado del larguero transiciona suavemente de una curva convexa a una curva cóncava o de una curva cóncava a una curva convexa. El término "suave" en relación con la curvatura del larguero significa la transición de una línea recta a una curva en un punto tangente a la curva o de una curva a otra curva en un punto tangente mutuo. El término "continuo" en lo que respecta a las curvas, significa que no hay discontinuidades en la curvatura lisa y sin curvas o curvas agudas. La zona intermedia se puede situar a lo largo del  
10 lado del larguero cerca del centro del larguero (con referencia a la altura del larguero) o cerca del extremo inferior o del extremo superior del lado del larguero. Las realizaciones ejemplares de los largueros son simétricas a cada lado de una línea central vertical, como se muestra en las Figuras 5-9, por ejemplo, y como se describe a continuación.

15 Las realizaciones ejemplares permiten que el tejido se adapte para conformarse a través de su trayectoria natural basándose en su propia flexibilidad inherente. Esto simplifica el proceso de fabricación. La cinta o tejido se aplica sobre un mandril de curado conformado sin necesidad de una operación de preformación del larguero, como se requiere para los radios estrechos del larguero de sombrero trapezoidal tradicional. El mandril de curado utilizado con estos largueros conformado especial se puede seleccionar a partir de una variedad de materiales y puede incluir, por ejemplo, un mandril de un material desprendible (es decir, espuma de baja densidad que elimina la  
20 necesidad de cámaras de aire de hinchado), una cámara de aire hinchable, o un mandril sólido o hueco extraíble. Los mandriles de espuma se pueden seleccionar basándose en las propiedades de rendimiento específicas tales como atenuación acústica, retardación de llama y capacidad de transporte de carga estructural. Mediante el aumento de la capacidad de transporte de carga del larguero mediante una conformación única, se puede reducir el área de la sección transversal y se pueden conseguir ahorros en el peso

25 La Figura 4 es una realización ejemplar de una disposición 100 que incluye una herramienta de OML 200 que soporta la parte inferior de un panel superficial 150 de la aeronave, tal como un panel de fuselaje o de ala. Un mandril o cámara de aire hinchable 120 descansa sobre la superficie superior del panel superficial 150 de la aeronave y capas mixtas flexibles 110 se adaptan sobre el mandril o cámara de aire 120. Una bolsa de vacío 130 envuelve al menos el mandril o cámara de aire envuelta en capas 120 para aplicar presión para presionar las capas 110 al mandril o cámara de aire 120 cuando se introduce un vacío en la bolsa 130. Debido a las curvas suaves y lisas formadas por el drapeado de las capas 110, la realización ejemplar no tiene ángulos agudos o estrechos y tiene un punto de inflexión 102 a lo largo de los lados del larguero que se formará cuando las capas 110 se curen. Cuando las capas 110 se consolidan al panel superficial 150 de la aeronave mediante la presión y co-curado de las capas 110 y el panel superficial 150, el larguero 300 formado (Figura 6) a partir de las capas 110 se curva suavemente y las patas 308 del larguero se extienden desde los Lados 304 del larguero 300 en una curva lisa desprovista de  
30 vueltas agudas, "torceduras" o ángulos estrechos. El larguero 300 se puede caracterizar como parabólico o en forma de campana.

40 La "zona de fijación" de un larguero de material compuesto a un panel superficial significa la zona más interior (en relación con el larguero) donde el larguero se fija al panel, que también se conoce como la brida. Las realizaciones ejemplares presentadas aquí que tienen una curvatura suave, de radio amplio y continua desde el lado del larguero hasta la pata del larguero para minimizar o eliminar cualquier rotura de capa potencial, separación de un cuerpo principal de carga (por ejemplo, tejido o cinta) y minimizando también el exceso de acumulación de resina.

45 Otras formas de larguero de material compuesto que se pueden utilizar con la presente invención se ilustran en las Figuras 5-9. Otras formas son, por supuesto, también posibles.

50 En la Figura 5, el larguero 300 tiene una forma sustancialmente parabólica y tiene una parte superior redondeada 302 curvada hacia abajo a los lados 304 en una curva convexa. Los lados 304 transicionan de la parte superior redondeada 302 en los puntos tangentes 305 a la curvatura de la parte superior 302 y después descienden en línea recta antes de una transición en el punto tangente de una curva de amplio radio 306 hasta las patas 308 del larguero.

55 El larguero 310 mostrado en la Figura 6 tiene una parte superior sustancialmente plana 312 con curvas redondeadas 313 que conducen a los lados 314 que se extienden suavemente hacia abajo, sustancialmente verticalmente. Cada uno de los lados 314 en este ejemplo forma un punto de inflexión 315. Los extremos inferiores de los lados 314 se curvan a través de una vuelta de radio grande 318 y se extienden hasta las patas 316.

60 El larguero 320 mostrado en la Figura 7 puede caracterizarse como sustancialmente en forma de campana y tiene también una parte superior 322 sustancialmente plana con extremos redondeados 325 que se extienden a los lados 324 que se extienden hacia abajo y se curvan a través de una vuelta de radio grande 328 hasta las patas 326. Como se indica, los lados 324 se pueden extender hacia abajo a un ángulo de 90° con respecto a y a un ángulo que puede estar comprendido entre aproximadamente 90° y aproximadamente 45°.

65

5 El larguero 340 mostrado en la Figura 8 tiene una parte superior redondeada 342 y es sustancialmente parabólico o con forma de campana. La parte superior redondeada 342 se extiende suavemente en una curvatura convexa hacia los lados 344 que se extienden hacia afuera a medida que se extienden hacia abajo. Los lados 344 se extienden después a través de una curva de ángulo amplio 345 para formar las patas 346. El ángulo  $\alpha$ , como se indica, puede variar de aproximadamente 35 a aproximadamente 65°.

10 0024 El larguero 350 que se muestra en Figura 9 tiene una parte superior redondeada 352 y es sustancialmente parabólico o con forma de campana y tiene una forma general más redonda con lados rectos más cortos que el larguero 340 de la Figura 8. La parte superior redondeada 352 se extiende suavemente en una curvatura convexa hasta los lados 354 que se extienden hacia fuera a medida que se extienden hacia abajo. Los lados 354 se extienden después a través de una curva de ángulo amplio 355 para formar las patas 356. El ángulo  $\alpha$ , como se indica, pueden variar de aproximadamente 35 a aproximadamente 65°.

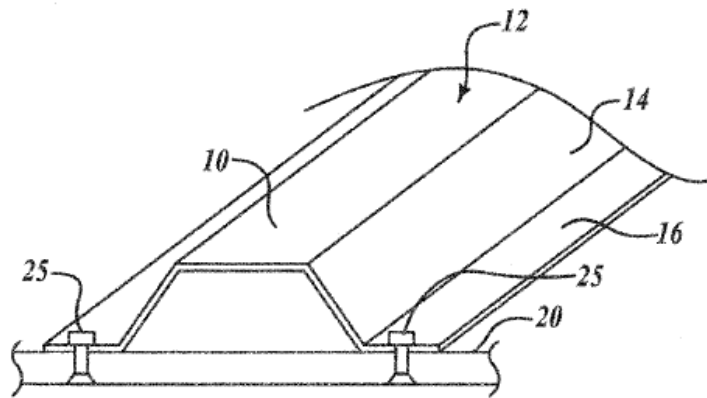
15 A partir de los ejemplos anteriores, es evidente que muchas formas de larguero de material compuesto se pueden utilizar con la presente invención, siempre que estas formas incluyan una transición lisa, de radio amplio desde los lados del larguero hasta las patas del larguero y también de la parte superior del larguero a los lados del larguero lo que minimiza o elimina el potencial de acumulación excesiva de resina en el punto de transición, separación de las fibras, delaminación, arrugas de la fibra, ondulación o marcado (ondulación en el plano) y porosidad en la resina matriz.

20 Debido a que los largueros tienen formas lisas (al menos donde los lados del larguero se unen en las patas del larguero y se unen en la parte superior del larguero), es posible utilizar capas de cinta con estas realizaciones en lugar de preimpregnados de tejido. Las capas de cinta tienen cada capa de la cinta en un solo plano. La orientación de las capas en la cinta permite el uso de una serie de cintas óptimamente orientadas para formar los largueros. El uso de capas de cinta reduce los costes de material y ofrece posibilidades de reducción de peso.

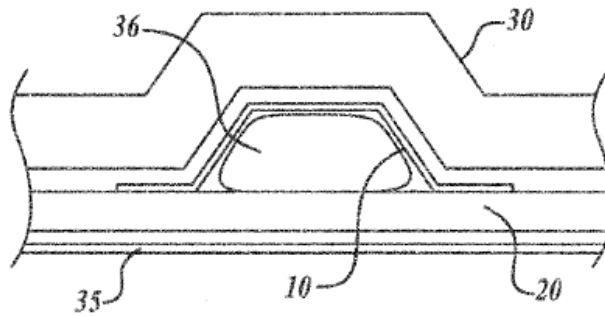
30 La Figura 10 ilustra una realización ejemplar de un método 400 de fabricación de largueros conformados de material compuesto. Por supuesto, también se pueden utilizar otros métodos. En este caso, se utiliza una herramienta de OML. En el proceso 410, se realiza una determinación de la separación y ubicación de los largueros sobre el panel de la capa superficial, el ala, el fuselaje u otro componente para reforzarse con largueros. Una vez que se ha hecho una determinación, el componente se coloca sobre la herramienta de OML, en el proceso 420. Las cámaras de aire o mandriles en la forma del larguero se colocan después en el componente en posiciones e intervalos predeterminados, en el proceso 430. Una cinta se prepara después en el proceso 440. La formación de cinta puede tener una serie de capas apiladas orientadas y la cinta se puede preimpregnar con una resina adecuada, tal como resina epoxi. La disposición de la cinta se coloca sobre la cámara de aire o mandril, en el proceso 450. En este punto, el conjunto del componente, cámara de aire o mandril y la disposición de cinta se empaqueta dentro de una bolsa de vacío, en el proceso 460. Un vacío se introduce en la bolsa, y la disposición de cinta se consolida al componente, en el proceso 470. La temperatura normal puede ser aproximadamente 177 °C (350 °F) para una matriz de resina epoxi normal, y la presión puede ser de aproximadamente 85 psi (586.000 Pa). Otras condiciones de temperatura y presión pueden aplicarse a otras resinas. Por lo general, pero no necesariamente, la resina del panel y del larguero es la misma. Por consiguiente, durante la consolidación, la resina del larguero y la resina del panel se curan o "co-curan" simultáneamente. Esto facilita la formación de una fuerte unión entre el larguero y el panel, a medida que la resina fluye y se consolida en una matriz en la zona de fijación incluye cargas tanto del panel como del larguero. Después de la consolidación, la bolsa se retira, en el proceso 480. El larguero se consolida ahora con el componente. En el proceso ejemplar, la cinta flexible envuelta forma un larguero suavemente curvado minimizando así la posibilidad de problemas estructurales en el larguero. El larguero está libre de curvas de radio estrecho o curvas abruptas y tiene curvas suaves, continuas y de radio amplio. Además, no se requiere el uso de paneles de recubrimiento ni de láminas de recubrimiento.

**REIVINDICACIONES**

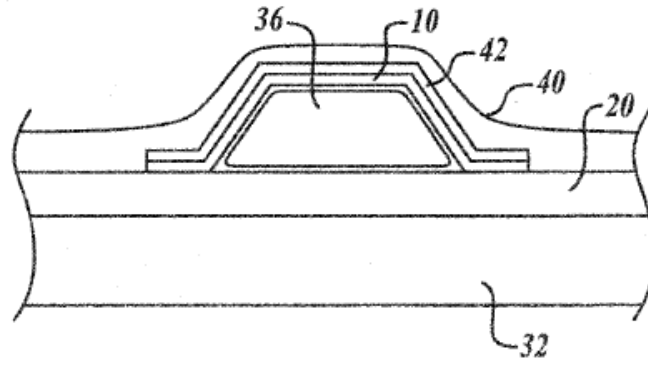
1. Un método para rigidizar un panel de material compuesto (150) con un larguero (300), comprendiendo el método:
- 5        determinar la ubicación y separación de largueros sobre un panel de material compuesto s rigidizar;  
situar el panel de material compuesto sobre una herramienta en línea con el molde exterior (200);  
colocar sobre el panel de material compuesto, en posiciones a separaciones determinadas, mandriles  
conformados (120) que conforman una forma de los largueros a formar;  
10        preparar disposiciones de material compuesto para conformarse en largueros, donde las disposiciones son  
láminas de cinta;  
colocar una disposición preparada de material compuesto sobre cada uno de los mandriles;  
encerrar al menos el panel de material compuesto y disponer los mandriles cubiertos con una bolsa de vacío;  
consolidar los largueros al panel de material compuesto bajo calor y presión sin utilizar ninguna lámina de  
recubrimiento o paneles de recubrimiento para ayudar al co-curado de los largueros al panel de material  
15        compuesto; y  
producir un panel de material compuesto reforzado donde cada uno de los largueros comprende un par de lados  
(304) del larguero que se extienden cada uno desde una parte superior (302) del larguero hasta una pata (308)  
del larguero, extendiéndose cada lado (304) y (302) del larguero hasta la pata (308) del larguero.
- 20    2. El método de la reivindicación 1, donde los mandriles comprenden espuma, materiales desprendibles, espuma de  
baja densidad o cámaras de aire de cacho hinchables.



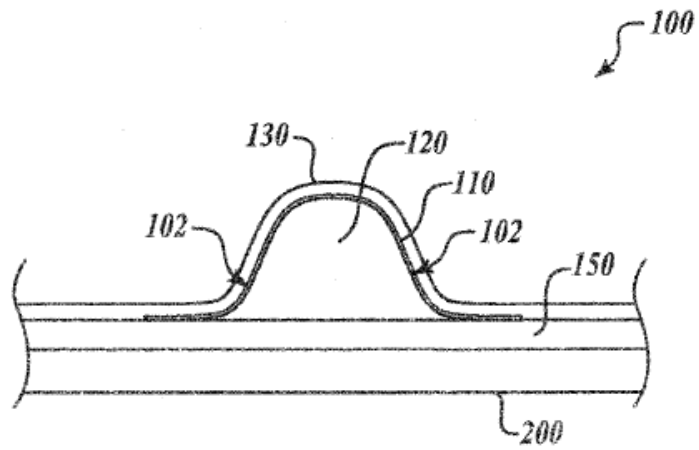
**FIG.1** (TÉCNICA ANTERIOR)



**FIG.2** (TÉCNICA ANTERIOR)

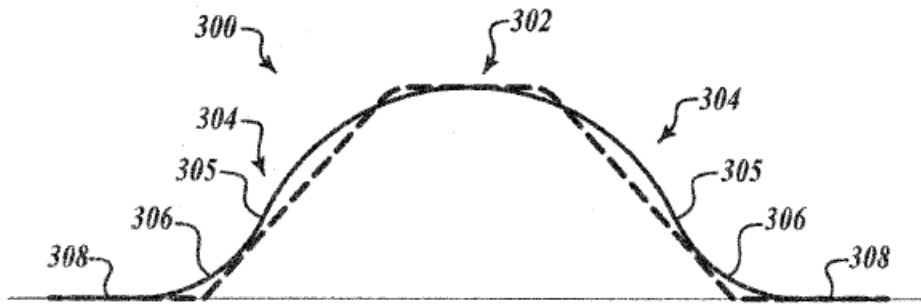


**FIG.3** (TÉCNICA ANTERIOR)

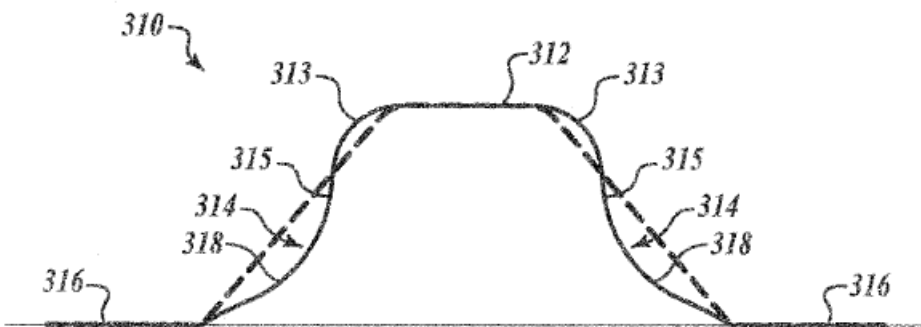


**FIG.4**

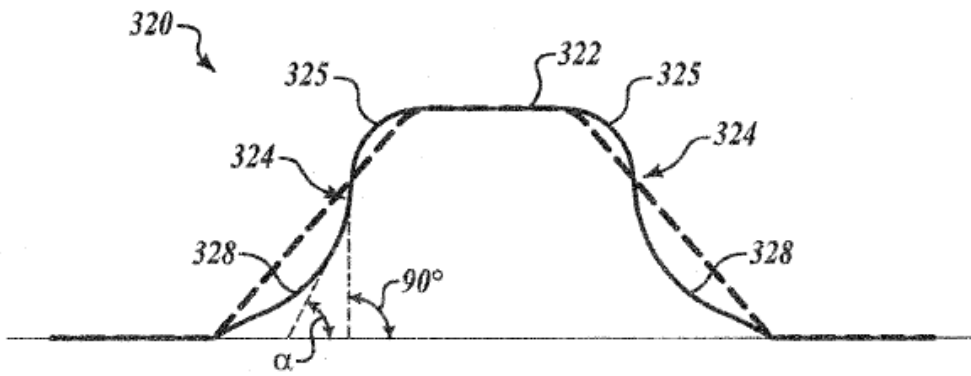




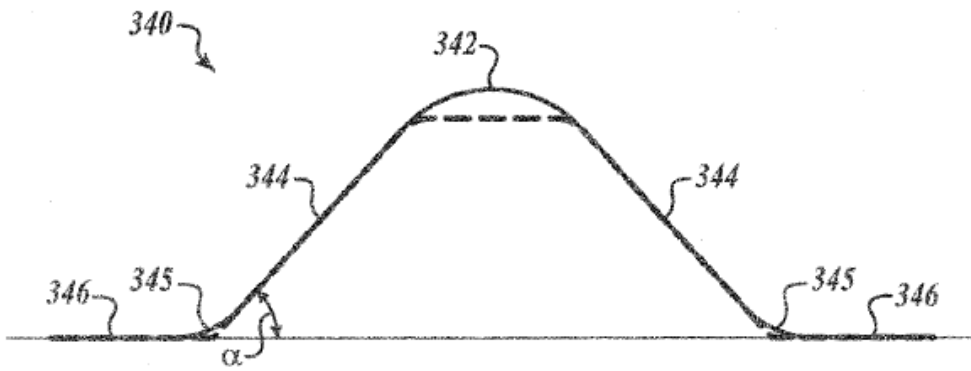
**FIG. 5**



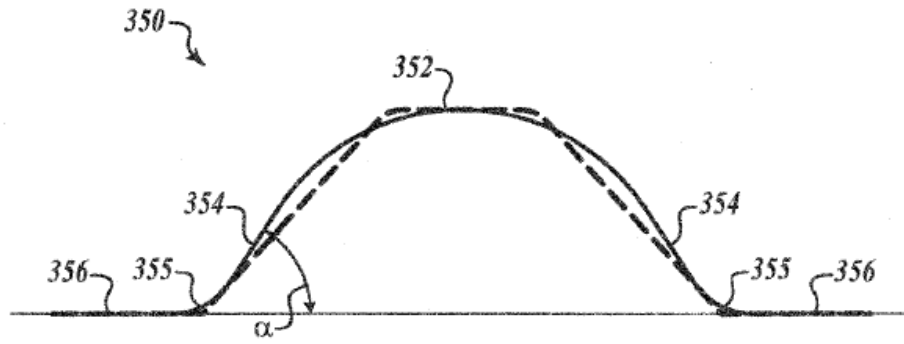
**FIG. 6**



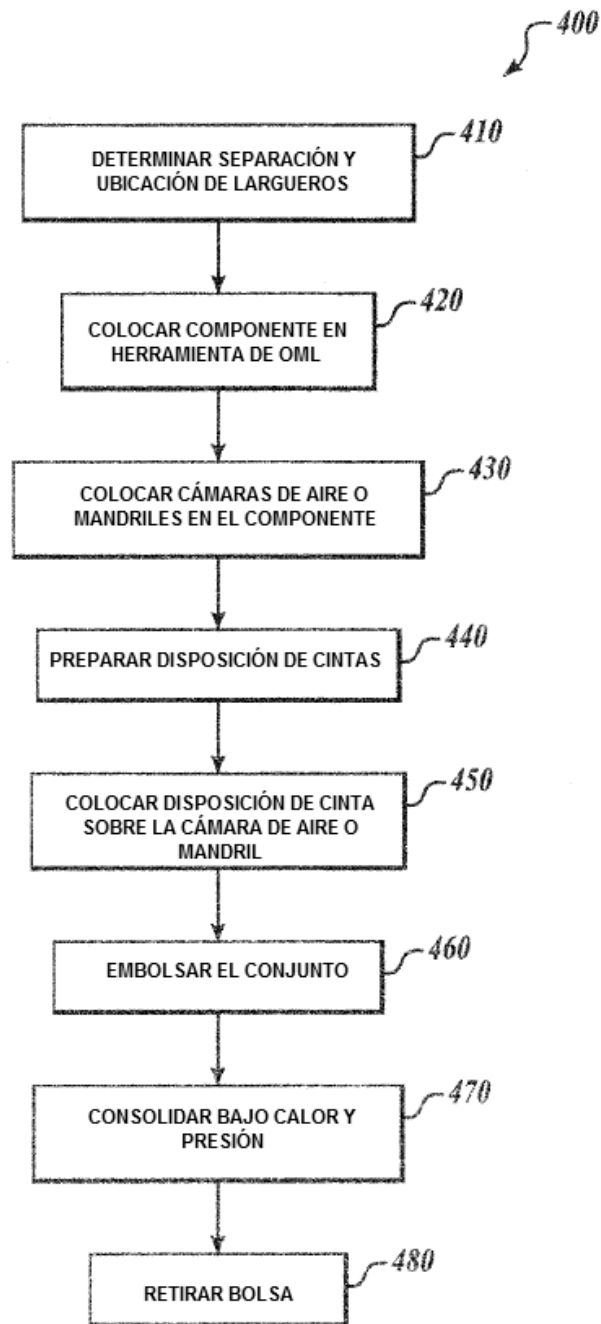
**FIG. 7**



**FIG. 8**



**FIG. 9**



*FIG.10*