

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 665 025**

51 Int. Cl.:

B64C 1/06 (2006.01)

B64C 1/12 (2006.01)

B29D 99/00 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.04.2014** **E 14164751 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.01.2018** **EP 2808249**

54 Título: **Rigidizador en forma de sombrero compuesto**

30 Prioridad:

30.05.2013 US 201313905294

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

24.04.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**FIRKO, JASON LAWRENCE y
MAZZA, CHRISTOPHER**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 665 025 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

Rigidizador en forma de sombrero compuesto

Antecedentes

5 Estructuras de aeronaves compuestas ofrecen muchas ventajas a la industria de aeronaves comerciales. Fuselajes compuestos pueden ser más ligeros y/o fuertes que fuselajes contruidos a partir de materiales tales como aluminio. El revestimiento de aeronave compuesto puede diseñarse para ser ligero y flexible. Como con otros diseños de aeronaves, las estructuras de aeronaves compuestas están sujetas a diversas fuerzas durante la operación de la aeronave. Mecanismos de refuerzo se usan comúnmente en ubicaciones estratégicas con respecto a las estructuras de aeronaves compuestas para absorber y distribuir estas fuerzas operacionales para mantener la integridad estructural de la aeronave.

15 Un tipo de mecanismo de refuerzo es un rigidizador. Un rigidizador es una tira de material que transfiere fuerzas impartidas en el revestimiento al armazón en la porción de fuselaje de la aeronave y a las nervaduras, los largueros en la porción de ala de la aeronave y a las vigas en una estructura de mamparo. Rigidizadores pueden proporcionar rigidez a la torsión, resistencia a la flexión y resistencia a la deformación en estructuras compuestas para muchas aplicaciones para aeronaves. Los rigidizadores pueden permitir una reducción en el grosor del revestimiento, mientras proporciona un nivel de resistencia y rigidez necesaria para la operación segura de la aeronave.

20 Diseños de rigidizador convencionales varían de fabricante a fabricante y de aeronave a aeronave. En una aeronave compuesta, diseños de rigidizador pueden tomar la forma de un rigidizador en forma de sombrero, que puede ser abierto o cerrado. Otros diseños de rigidizador pueden incluir, pero sin limitación, un rigidizador en "I", o un rigidizador en "J". Para mantener la integridad estructural de la aeronave, el rigidizador habitualmente se diseña para tener en cuenta todas las fuerzas descritas anteriormente. Diseño de rigidizador convencional y restricciones de fabricación a menudo resultan en rendimiento por debajo de óptimo para algunas condiciones de carga y sobredimensionamiento potencial para otras condiciones. Por ejemplo, rigidizadores en forma de sombrero tradicionales a menudo tienen un ángulo de alma de sombrero constante. Almas de rigidizador en forma de sombrero casi verticales son mejores para transferencia de carga de interfaz, pero pueden necesitar que se refuercen mediante ajustes de extremo de larguerillo que pueden ayudar a mitigar problemas de torsión resultantes de la fuerza de retardo de cortadura. Un rigidizador en forma de sombrero con un ángulo de alma de sombrero menos inclinado manejaría de forma más eficiente el retardo de cortadura, pero puede necesitar reforzarse en interfaces desprendibles con rellenos de radio o ajustes de ángulo.

30 La patente de Estados Unidos N.º 7897004 divulga un método para fabricar larguerillos. El larguerillo co-curado compuesto incluye un larguerillo y un mandril colocados dentro de un canal definido mediante el larguerillo. Una pluralidad de tiras se colocan dentro de una abertura del mandril y una capa de sustrato, tal como revestimiento de aeronave, se coloca adyacente al larguerillo. Durante aplicación de la capa de sustrato al larguerillo, el mandril y pluralidad de tiras soportan el larguerillo.

35 La solicitud de patente europea EP 2433781 divulga un mandril que tiene una curvatura fuera de plano y un correspondiente cambio en plano en la geometría del mandril a usar para fabricar rigidizadores reforzados con fibra sustancialmente sin arrugas que tienen una curvatura fuera de plano.

40 La solicitud de patente de Alemania DE102007033868 divulga una parte perfilada para uso dentro de una aeronave o vehículo espacial que comprende una porción de parte perfilada hueca y una porción de parte perfilada con forma de T y/o forma de L.

45 La solicitud de patente de Estados Unidos US2008/0066983 divulga un capó para un automóvil que tiene una parte exterior hecha de FRP y una parte interior hecha de FRF, unida al lado de la superficie posterior de la parte exterior, en el que la parte interior está separada en dos partes en la dirección hacia adelante y hacia atrás de una carrocería de vehículo. El capó puede satisfacer el rendimiento de absorción de impactos y rendimiento requerido predeterminado para deformación en un accidente por colisión y puede mejorar la facilidad de producción.

50 La solicitud de patente de Estados Unidos US2011/0084428 divulga un aparato y método de formación de un larguerillo o un larguerillo integral y revestimiento de fuselaje. El aparato puede ser una cámara de aire sólida hecha de silicona o cualquier material similar o combinación de los mismos. El método comprende colocar un material compuesto en una superficie de una herramienta que tiene un canal dimensionado y conformado para corresponder con el tamaño y forma del larguerillo. Entonces una cámara de aire sólida puede colocarse en el material compuesto con respecto al canal. La forma de la cámara de aire sólida puede corresponder a la forma del canal. El material compuesto puede a continuación colocarse sobre la cámara de aire sólida, sellarse al vacío y curarse para endurecer el material compuesto, formando de este modo un larguerillo o un larguerillo integral y revestimiento de fuselaje.

La divulgación hecha en este documento se presenta con respecto a estas y otras consideraciones.

Sumario

5 Debería apreciarse que este Sumario se proporciona para introducir una selección de conceptos de una forma simplificada que se describirán adicionalmente a continuación en la descripción detallada. Este Sumario no pretende limitar el alcance de la materia objeto reivindicada.

10 De acuerdo con un aspecto de la divulgación en este documento se proporciona un rigidizador en forma de sombrero de acuerdo con la reivindicación 1. El rigidizador en forma de sombrero incluye una tapa de sombrero que tiene una longitud de tapa de sombrero, una o más bridas de sombrero a lo largo de la longitud de tapa de sombrero y un alma de sombrero. El alma de sombrero incluye una primera inclinación a lo largo de la longitud de tapa de sombrero y una segunda inclinación a lo largo de la longitud de tapa de sombrero. La segunda inclinación es mayor que la primera inclinación.

15 De acuerdo con otro aspecto, se proporciona una estructura compuesta. Las estructuras compuestas incluyen un revestimiento compuesto y uno o más rigidizadores en forma de sombrero fijados al revestimiento compuesto. El uno o más rigidizadores en forma de sombrero incluyen una tapa de sombrero que tiene una longitud de tapa de sombrero, una o más bridas de sombrero a lo largo de la longitud de tapa de sombrero y un alma de sombrero. El alma de sombrero incluye una primera inclinación a lo largo de la longitud de tapa de sombrero y una segunda inclinación a lo largo de la longitud de tapa de sombrero. La segunda inclinación es mayor que la primera inclinación.

20 De acuerdo con otro aspecto más, se proporciona un método de formación de un rigidizador en forma de sombrero. El método incluye proporcionar un mandril que tiene una primera inclinación de alma de sombrero a lo largo de la longitud de tapa de sombrero y una segunda inclinación de alma de sombrero a lo largo de la longitud de tapa de sombrero. La segunda inclinación de alma de sombrero es mayor que la primera inclinación de alma de sombrero. El método incluye adicionalmente proporcionar un material compuesto, colocar el material compuesto en el mandril, curar el material compuesto y retirar el material compuesto para proporcionar un rigidizador en forma de sombrero que tiene inclinaciones de alma de sombrero localmente optimizadas.

25 Las características, funciones y ventajas analizadas en este documento pueden lograrse de forma independiente en diversas realizaciones de la presente divulgación o pueden combinarse en otras realizaciones más como se definen mediante las reivindicaciones adjuntas, detalles adicionales de las que pueden observarse con referencia a la siguiente descripción y dibujos.

Breve descripción de los dibujos

30 La Figura 1 es una vista en perspectiva de una porción de una estructura de fuselaje compuesta convencional.

La Figura 2 es una vista en sección transversal de una estructura de fuselaje compuesta convencional usando un rigidizador en forma de sombrero convencional.

La Figura 3 es una vista en sección transversal de una estructura de fuselaje compuesta usando un rigidizador en forma de sombrero optimizado localmente, de acuerdo con realizaciones presentadas en este documento.

35 La Figura 4 es una vista en perspectiva de un rigidizador en forma de sombrero, de acuerdo con realizaciones presentadas en este documento.

La Figura 5 es una vista en perspectiva de un rigidizador en forma de sombrero alternativo, de acuerdo con realizaciones presentadas en este documento.

40 La Figura 6 es una vista en perspectiva de un rigidizador en forma de sombrero alternativo, de acuerdo con realizaciones presentadas en este documento.

La Figura 7 es una vista en perspectiva de un mandril que puede usarse para formar un rigidizador en forma de sombrero, de acuerdo con realizaciones presentadas en este documento.

La Figura 8 es una vista en perspectiva de un mandril con longitudes de brida variables, de acuerdo con realizaciones presentadas en este documento.

45 La Figura 9 es una vista en sección transversal de una estructura de fuselaje compuesta con alturas de sombrero variables, de acuerdo con realizaciones presentadas en este documento.

La Figura 10 es un método ilustrativo para formar rigidizadores en forma de sombrero compuestos optimizados localmente, de acuerdo con realizaciones presentadas en este documento.

La Figura 11 es un método ilustrativo para usar un rigidizador en forma de sombrero compuesto optimizado localmente, de acuerdo con realizaciones presentadas en este documento.

5 Descripción detallada

La siguiente descripción detallada se dirige a un rigidizador en forma de sombrero que incorpora una inclinación de alma de sombrero variable a lo largo de la longitud de tapa de sombrero del rigidizador en forma de sombrero. La incorporación de una inclinación de alma de sombrero variable puede proporcionar un rigidizador en forma de sombrero con almas de sombrero con inclinación casi vertical en interfaces de extracción. La inclinación de alma de sombrero variable también puede proporcionar un alma de sombrero inclinada más gradualmente en las terminaciones, o escapes, en el extremo del rigidizador, o en el área en la que no se necesitan almas verticales. En algunas configuraciones, las inclinaciones de alma de sombrero casi verticales pueden reducir la compensación entre la carga de interfaz aplicada a la brida del sombrero y la trayectoria de carga proporcionada por las almas de sombrero para transportar esta carga de fuera de plano a la estructura circundante. La reducción en compensación puede reducir la flexión de radio inducida en la interfaz. Como resultado, la carga de tensión interlaminar puede reducirse en las interfaces de extracción.

Las almas inclinadas más gradualmente en los escapes pueden proporcionar una trayectoria de carga para cortadura en plano, desde la tapa del rigidizador hasta el revestimiento, antes de la terminación del rigidizador. Proporcionar una trayectoria de carga para cortadura en plano puede reducir la cantidad de retardo de cortadura que acumula, que conduce posiblemente a flexión de radio y fallos de tensión interlaminar en los escapes de rigidizador. La geometría de mandril puede variarse para fabricar un rigidizador de acuerdo con diversos aspectos descritos en este documento.

Los pliegues compuestos que forman un rigidizador en forma de sombrero pueden inmovilizarse de la misma manera que un rigidizador en forma de sombrero tradicional y cubrirse en la herramienta de mandril, embolsarse y curarse. Los rigidizadores a continuación podrían sujetarse, unirse o co-unirse a un mamparo o revestimiento. En algunas configuraciones, pueden no requerirse partes adicionales, posiblemente reduciendo el número de partes, tiempo de ensamblaje y fuerza de análisis mediante la reducción o eliminación de la necesidad de fijar ajustes de escape adicionales o ajustes de interfaz de extracción/rellenos de radio.

En la siguiente descripción detallada, se hace referencia a los dibujos adjuntos que forman una parte de la misma y en los que se muestran, por medio de ilustración, realizaciones o ejemplos específicos. Haciendo referencia ahora a los dibujos, en los que números similares representan elementos similares a lo largo de las varias figuras, se presentarán aspectos de un rigidizador en forma de sombrero que incorpora ángulos de sombrero variables y otros aspectos.

Haciendo referencia ahora a la Figura 1, se ilustra una porción de estructura de fuselaje compuesta convencional 100 de una técnica anterior. La estructura de fuselaje 100 puede incluir un revestimiento 102. El revestimiento 102 es habitualmente una matriz compuesta formada a partir de varias capas de pliegues. Los pliegues pueden incluir varias capas de material que, cuando se curan, forman el revestimiento 102. Rigidizadores en forma de sombrero 104 fijados a la parte inferior del revestimiento 102 proporcionan soporte estructural al revestimiento 102. La combinación del revestimiento 102, construido a partir de una matriz compuesta, y los rigidizadores en forma de sombrero 104, que también pueden construirse a partir de una matriz compuesta, puede proporcionar la estructura de fuselaje 100 que puede ser estructuralmente resistente, aunque relativamente ligera.

La Figura 2 es una vista en sección transversal de uno de los rigidizadores en forma de sombrero 104, ilustrado como rigidizador en forma de sombrero 104A. El rigidizador en forma de sombrero 104A se forma a partir de diversos componentes que juntos actúan para proporcionar soporte de estructura al revestimiento 102. Los componentes incluyen una tapa de sombrero 206, un alma de sombrero 208A, 208B y bridas de sombrero 210A, 210B. En algunas configuraciones, la tapa de sombrero 206 se conecta a un armazón de una aeronave (no mostrado). La tapa de sombrero 206 puede proporcionar resistencia a la flexión al rigidizador 104A. Las almas de sombrero 208A, 208B pueden desplazar la tapa de sombrero 206 del revestimiento 102, aumentando la contribución de almas de sombrero 208A, 208B a resistencia a la flexión. Además, las almas de sombrero 208A, 208B también pueden proporcionar una resistencia de cortadura fuera de plano, permitiendo que el rigidizador en forma de sombrero 104A transfiera cargas a estructura circundante. En algunas configuraciones, la tapa de sombrero 206 también puede absorber cortadura en plano. Las almas de sombrero 208A, 208B pueden proporcionar una trayectoria de carga para transferir cortadura en plano entre el revestimiento 102 y la tapa de sombrero 206 y la tapa de sombrero 206 y el revestimiento 102.

55

En otras configuraciones, la tapa de sombrero 206 puede conectarse a otra estructura compuesta, tal como una segunda capa de revestimiento (no mostrada). En algunas implementaciones, el armazón puede tener agujeros de conexión y pasar por encima del sombrero en las bridas, o se montaría una viga al otro lado del revestimiento y a continuación se fijaría al sombrero sujetando a través de las bridas fijadas. En algunas implementaciones, la tapa de sombrero 206 puede fijarse, sin embargo, habitualmente esto se evita ya que es difícil inspeccionar algo fijado a la tapa de un sombrero.

El alma de sombrero 208A, 208B forma la estructura de soporte entre la tapa de sombrero 206 y las bridas de sombrero 210A, 210B. Las bridas de sombrero 210A, 210B conectan un lado del rigidizador en forma de sombrero 104A a una parte de la aeronave, tal como el revestimiento 102. Las bridas de sombrero 210A, 210B pueden formarse integralmente con el revestimiento 102 o puede adherirse al revestimiento 102 a través del uso de un adhesivo 212 u otra tecnología de unión o adhesión.

El espacio Q entre las superficies internas de la brida 210A y brida 210B en relación con la longitud R de la tapa de sombrero 206 proporcionan un ángulo de alma de rigidizador α . El ángulo de alma de rigidizador α puede influenciar cómo se transfieren fuerzas desde el revestimiento 102 a la tapa de sombrero 206 y hacia otras estructuras en una aeronave para disipación de cargas. La tapa de sombrero 206 actúa como un mecanismo de transferencias de fuerzas para transferir fuerzas desde el alma de sombrero 208, que a su vez transfiere fuerzas desde la brida de alma 210. El rigidizador en forma de sombrero 104A puede estar sujeto a diversas fuerzas en múltiples vectores.

Por ejemplo, el rigidizador en forma de sombrero 104A puede estar sujeto a fuerza de extracción C, que es fuerza de carga que tiene una dirección indicada en la Figura 2. En una configuración, una trayectoria de transferencia deseada para la fuerza de extracción C es desde el revestimiento 102, a través del rigidizador en forma de sombrero 104A y a través de otras diversas estructuras, finalizando en un armazón de la aeronave. El rigidizador en forma de sombrero 104A también puede estar sujeto a una fuerza de cortadura S, que es una fuerza que se extiende generalmente normal a la fuerza de extracción C. Esta fuerza de cortadura S puede ser una reacción en la tapa de sombrero 206 debido a cortadura en el revestimiento 102 y las bridas de sombrero 210A, 210B. Debido a esta reacción, la fuerza de cortadura S presente en la tapa de sombrero 206 tiene un vector opuesto a la fuerza de cortadura S presente en el revestimiento 102 (demostrado mediante dos barras verticales a través del vector de fuerza en el revestimiento 102). Esta cortadura puede acumularse en la tapa de sombrero 206, también llamado retardo de cortadura, y a continuación reaccionar en el extremo del rigidizador en forma de sombrero 104A. En el extremo del rigidizador en forma de sombrero 104A, la tapa de sombrero 206 puede experimentar torsión, requiriendo por lo tanto que la fuerza de cortadura S total se mueva desde la tapa de sombrero 206 de vuelta al revestimiento 102, causando problemas de flexión de radio, analizado en más detalle a continuación. En una configuración, una trayectoria de transferencia deseada para la fuerza de cortadura S puede ser desde el revestimiento 102, hacia la brida de sombrero 210A, a través del alma de sombrero 208, la tapa de sombrero 206, de vuelta a la brida de sombrero 210B y de vuelta al revestimiento 102.

La magnitud de la fuerza de extracción C en comparación con fuerza de cortadura S puede variar dependiendo de la ubicación del rigidizador en forma de sombrero 104A en la aeronave, o la ubicación a lo largo de la longitud de un rigidizador en forma de sombrero particular, así como la operación particular de la aeronave, tales como cuando se cambian direcciones, aumenta o desciende la altitud, aplicación de presión de cabina, así como otros factores. El ángulo de alma α tiene un impacto sobre lo bien que el rigidizador en forma de sombrero 104A funciona cuando transfiere diversas fuerzas. Por ejemplo, un ángulo de alma α pequeño, trasladado a una inclinación de alma de sombrero relativamente grande, puede proporcionar una mejor transferencia de la fuerza de extracción C, mientras que tampoco transfiere la fuerza de cortadura S. Sin embargo, de la misma manera, con un ángulo de alma α relativamente pequeño, la capacidad del rigidizador en forma de sombrero 104A para resistir la fuerza de cortadura S en un radio 214 del rigidizador en forma de sombrero 104A puede ser menor que óptima. Esto puede llevar a fallos de tensión interlaminar en el radio 214 provocados por flexión de radio, resultando en una rotura estructural del rigidizador en forma de sombrero 104A.

Mientras rigidizadores en forma de sombrero convencionales pueden usar componentes adicionales para compensar las fuerzas que actúan en el rigidizador en forma de sombrero, diversas configuraciones de la materia objeto descrita en el presente documento usan inclinaciones de alma de sombrero distintas en el rigidizador en forma de sombrero. Como se usa en el presente documento, la inclinación de alma de sombrero es el gradiente de una línea que comienza en la intersección del alma de sombrero y la brida de sombrero y finaliza en la intersección del alma de sombrero y la tapa de sombrero. Una inclinación de alma de sombrero puede describirse en este documento en términos de un ángulo alma de sombrero, pero también puede describirse en términos relativos a otra inclinación de alma de sombrero. La inclinación de alma de sombrero en una ubicación particular del rigidizador en forma de sombrero puede configurarse basándose en los requisitos de rendimiento del rigidizador en forma de sombrero en la ubicación particular. Debería entenderse que las inclinaciones, ángulos y formas generales de los rigidizadores en forma de sombrero descritos en este documento son únicamente ilustrativos. Además, la presente divulgación no se limita a ninguna determinación específica de grado de inclinación, ya que las inclinaciones son relativas en naturaleza. El uso de las expresiones "más grande" y "más pequeño" son expresiones relativas.

Haciendo referencia ahora a la Figura 3, se ilustra una vista en sección transversal de un rigidizador en forma de sombrero ilustrativo 304 con ángulos de alma variables para proporcionar inclinaciones de alma de sombrero variables. El rigidizador en forma de sombrero 304 tiene ángulo de alma α en una ubicación a lo largo de su longitud y ángulo de alma α' en otra ubicación a lo largo de su longitud, descritos en detalle adicional en las Figuras 4-6 a
 5 continuación. El ángulo de alma α puede proporcionar una primera inclinación de alma de sombrero, mientras el ángulo de alma α' puede proporcionar una segunda inclinación de alma de sombrero. Implementaciones de la actualmente divulgada materia objeto pueden incluir dos o más inclinaciones de alma de sombrero. Como se ilustra en la Figura 3, la primera inclinación de alma de sombrero es menor que la segunda inclinación de alma de sombrero. Como se ha analizado anteriormente, un ángulo de alma relativamente grande, tales como el ángulo de
 10 alma α , puede transferir la fuerza de cortadura S entre las bridas de sombrero 310A y 310B y la tapa de sombrero 306 a través de las almas de sombrero 308A y 308B mejor que un ángulo de alma relativamente más pequeño, tales como el ángulo de alma α' .

En la porción del rigidizador en forma de sombrero 304 en la que es deseable tener en cuenta la fuerza de extracción C con un mayor grado que la fuerza de cortadura S, el rigidizador en forma de sombrero 304 tiene un
 15 ángulo de alma α' que proporciona la segunda inclinación de alma de sombrero. En esta configuración, la fuerza de extracción C puede transferirse de forma efectiva desde las bridas de sombrero 310A' y 310B', ilustrado en más detalle en la Figura 4 a continuación, a las almas de sombrero 308A' y 308B', que pueden transferir la carga a otro componente estructural de una aeronave. El radio 314B puede ser capaz de resistir mejor la fuerza de extracción C porque el ángulo de alma α' más pequeño provoca menor momento a aplicar al radio 314B, causando mayor flexión
 20 de radio y tensión interlaminar, cuando se compara con el radio 314A.

En la porción del rigidizador en forma de sombrero 304 en la que se desea tener en cuenta la fuerza de cortadura S con un mayor grado que la fuerza de extracción C, el rigidizador en forma de sombrero 304 tiene un ángulo de alma
 25 α , proporcionando una segunda inclinación de alma de sombrero, que puede tener una inclinación de alma de sombrero menor que la inclinación de alma de sombrero proporcionada por el ángulo de alma α' . En esta configuración, la fuerza de cortadura S puede transferirse de forma efectiva entre el revestimiento 102 y la tapa de sombrero 306 a través de las almas de sombrero 308A y 308B. El radio 314A puede ser capaz de resistir mejor la fuerza de cortadura S que el radio 314B porque el ángulo de alma α' mayor provoca menos momento a aplicar al radio 314A y, por lo tanto, menor flexión de radio y tensión interlaminar, cuando se compara con el radio 314B en una situación de fuerza de cortadura S.

El rigidizador en forma de sombrero 304 puede fijarse al revestimiento 102 usando medios de fijación convencionales. Por ejemplo, el rigidizador en forma de sombrero 304 puede adherirse al revestimiento 102 a través
 30 del uso del adhesivo 212. Pueden usarse otras tecnologías de fijación dependiendo de los materiales usados para formar los diversos componentes descritos en este documento, incluyendo sujeción, unión, co-unión, co-curación, soldadura y remachado. La presente divulgación no se limita a ninguna tecnología para sujetar el rigidizador en
 35 forma de sombrero 304 al revestimiento 102. Otros rigidizadores en forma de sombrero, incluyendo rigidizadores en forma de sombrero contruidos de acuerdo con los conceptos descritos en este documento, pueden adherirse al revestimiento 102 para formar una porción de una estructura compuesta para su uso en una aeronave.

Los ángulos de alma variables también pueden proporcionar anchuras internas variables. En la Figura 3, una primera anchura interna W corresponde al ángulo de alma α . También se muestra una segunda anchura interna W' que corresponde al ángulo de alma α' . Ya que se modifican diversos componentes del rigidizador en forma de
 40 sombrero 304, la anchura interna del rigidizador en forma de sombrero 304 en diversas ubicaciones puede variar desde la primera anchura interna W a la segunda anchura interna W'. Debería entenderse que la primera anchura interna W y la segunda anchura interna W' se muestran como que se miden en una ubicación cerca de la base de las bridas de sombrero 310A y 310B, sin embargo, la primera anchura interna W y la segunda anchura interna W' pueden medirse en diversas ubicaciones a lo largo del rigidizador en forma de sombrero. Además, debería entenderse que una anchura interna del rigidizador en forma de sombrero 304 puede variarse de formas diferentes
 45 de a través de cambios en un ángulo de alma.

La Figura 4 es una ilustración de un rigidizador en forma de sombrero 404 que tiene múltiples inclinaciones de alma de sombrero a lo largo de la longitud del rigidizador en forma de sombrero 404. El rigidizador en forma de sombrero
 50 404 en la Figura 4 tiene una tapa de sombrero 406, un alma de sombrero 408 y una brida de sombrero 410. El alma de sombrero 408 tiene diversas inclinaciones a lo largo de una longitud de tapa de sombrero XY del rigidizador en forma de sombrero 404. Las diversas inclinaciones, descritas en más detalle a continuación, pueden ayudar al rigidizador en forma de sombrero 404 a transferir cargas de forma más efectiva. Por ejemplo, en áreas de fuerza de cortadura S alta, la inclinación del alma de sombrero 408 puede ser relativamente pequeña para reducir la cantidad de momento sentida en los radios del rigidizador en forma de sombrero 404. En otro ejemplo, en áreas de fuerza de
 55 extracción C alta, la inclinación del alma de sombrero 408 puede ser relativamente más grande para transferir la fuerza de extracción C.

Una primera inclinación de alma de sombrero del rigidizador en forma de sombrero 404 es el área de alma 420 con las bridas de alma 310A y 310B. El área de alma 420 se ilustra como que tiene una inclinación de alma de sombrero relativamente más pequeña, similar a la inclinación de alma de sombrero proporcionada por el ángulo de alma α de la Figura 3. Como se ha descrito anteriormente, porque el ángulo de alma α proporciona una inclinación menor que cuando se compara con el ángulo de alma α' , la porción del rigidizador en forma de sombrero 404 que tiene que ángulo de alma se configura para controlar la fuerza de cortadura S de forma más efectiva que un rigidizador en forma de sombrero con una inclinación proporcionada por el ángulo de alma α' . La capacidad para controlar la fuerza de cortadura S puede ser útil en ubicaciones que son impactadas por un grado mayor de la fuerza de cortadura S en comparación con la fuerza de extracción C. Por ejemplo, la porción de rigidizador en forma de sombrero 426 puede ser más eficiente en una región en la que la fuerza de cortadura S es un mayor contribuyente de fuerza que la fuerza de extracción C.

En algunas ubicaciones pueden existir cargas fuera de plano locales aplicadas al rigidizador en forma de sombrero 404, tales como una tensión/carga de extracción en una fijación de soporte. Por ejemplo, una porción de rigidizador en forma de sombrero 428 puede estar en una porción de la aeronave en la que se fija una viga en el otro lado del panel o se fija un soporte y similares, que pueden provocar la aplicación de una carga de interfaz discreta. En esta configuración, la porción de rigidizador en forma de sombrero 428 puede tener una inclinación proporcionada por el ángulo de alma de sombrero α' con bridas de sombrero 310A' y 310B'. En esta configuración, el rigidizador en forma de sombrero 404 puede configurarse para controlar mejor los efectos de la fuerza de interfaz de extracción C que la fuerza de cortadura S.

El rigidizador en forma de sombrero 404 también puede tener un área de transición, área de alma de sombrero 424, entre el área de alma de sombrero 420 y el área de alma de sombrero 422. El área de alma de sombrero 424 puede tener un alma con una inclinación transicional de grados variables a lo largo de su longitud para permitir una transición desde la inclinación más pequeña del área de alma de sombrero 420 hasta la inclinación más grande del área de alma de sombrero 422. Aunque la presente divulgación no se limita a ningún beneficio particular, una transición entre la inclinación más pequeña del área de alma de sombrero 420 a la inclinación más grande del área de alma de sombrero 422 puede ayudar a aumentar la integridad estructural del rigidizador en forma de sombrero 404 reduciendo ángulos afilados.

Por ejemplo, cuando se fabrican usando materiales compuestos, transiciones afiladas en ángulos desde una superficie a otra pueden conducir a concentraciones de tensión y tensiones interlaminares, especialmente en una curvatura entre dos superficies. Proporcionar el área de alma de sombrero 424 puede reducir los efectos de la transición mientras aún proporcionando la rigidez estructural necesaria para rendir apropiadamente. Debería entenderse que la presente divulgación no se limita a ninguna porción de rigidizador en forma de sombrero relativa particular, ya que algunos rigidizadores en forma de sombrero pueden fabricarse con menos o más porciones de rigidizador en forma de sombrero, ilustrados a modo de ejemplo, en la Figura 5.

La Figura 5 es una vista en perspectiva de un rigidizador en forma de sombrero 504 que tiene menos inclinaciones de alma que el rigidizador en forma de sombrero 404 de la Figura 4 y una anchura constante para la tapa de sombrero 406. El rigidizador en forma de sombrero 504 tiene área de alma de sombrero 520A. El área de alma de sombrero 520A tiene una inclinación relativamente más pequeña, similar al área de alma de sombrero 420 de la Figura 4. El área de alma de sombrero 520A pasa desde una inclinación más pequeña a una inclinación más grande a través de área de alma de sombrero 524A, que proporciona una gran inclinación en la ubicación 532. Por lo tanto, la inclinación del rigidizador en forma de sombrero en una ubicación 532 es mayor que la inclinación en el área de alma de sombrero 520A. El perfil del rigidizador en forma de sombrero 504 continua desde el área de alma de sombrero 524A a un área de alma de sombrero 524B, que es una transición desde la gran inclinación en la ubicación 532 al área de alma de sombrero 520B. El área de alma de sombrero 520B puede tener una inclinación similar al área de alma de sombrero 520A.

Se ha de observar que las porciones de transición, tales como las áreas de alma de sombrero 524A y 524B, pueden no tener una forma particular. Por ejemplo, mientras el área de alma de sombrero 424 de la Figura 4 y las áreas de alma de sombrero 524A y 524B de la Figura 5 se muestran que tiene una forma generalmente cóncava, otras configuraciones pueden proporcionar una forma convexa. Adicionalmente, diversas configuraciones pueden proporcionar un tamaño de tapa de sombrero variable, un ejemplo de lo cual se ilustra en la Figura 6.

En la Figura 6, un rigidizador en forma de sombrero 604 tiene un área de alma de sombrero 620A y un área de alma de sombrero 620B, ambas de las cuales pueden tener inclinaciones similares a las áreas de alma de sombrero 520A y 520B de la Figura 5. Como en algunas configuraciones analizadas en este documento, puede ser deseable tener un rigidizador en forma de sombrero con un ángulo de alma optimizado para controlar la carga de extracción C en lugar de la fuerza de cortadura S. En esa configuración, el rigidizador en forma de sombrero 604 tiene áreas de alma de sombrero 624A y 624B, que pasan la inclinación desde las áreas de alma de sombrero 620A y 620B a la inclinación encontrada en una ubicación 632, que puede tener una mayor inclinación que las áreas de alma de sombrero 620A y 620B.

En la Figura 6, las áreas de alma de sombrero 624A y 624B pasan a la inclinación más grande a través de una configuración convexa, de una manera diferente que la transición cóncava que puede encontrarse en las Figuras 4 y 5. En la configuración de la Figura 6, la transición convexa proporciona una tapa de sombrero 606 con tamaño variable a lo largo de su longitud. Por ejemplo, la tapa de sombrero 606 puede tener una porción 634 cerca del extremo de la tapa de sombrero que tiene una anchura de A, mientras que la tapa de sombrero 606 puede tener a una porción 636 cerca de la ubicación 632 que tiene una anchura de A+B. Aunque no se limita a ningún beneficio adicional. Por ejemplo, la ubicación 636 puede proporcionar área de superficie adicional necesaria para resistir una carga particular. En otro ejemplo, la ubicación 636 puede proporcionar una mejor transición desde el rigidizador en forma de sombrero 604 cuando se optimiza para controlar la fuerza de cortadura S al rigidizador en forma de sombrero 604 cuando se optimiza para controlar la carga de extracción C.

La Figura 7 es una ilustración de un mandril 700 que puede usarse para formar un rigidizador en forma de sombrero, de acuerdo con las diversas realizaciones descritas en el presente documento. El mandril 700 puede conformarse para recibir una o más capas de material compuesto 702. El material compuesto 702 puede ser un laminado formado a partir de diversos tipos de material. Los conceptos descritos en este documento no se limitan a ningún tipo particular de laminado de materiales.

Como se ilustra en la Figura 7, el mandril 700 tiene diversas inclinaciones que, cuando se usan para formar un rigidizador en forma de sombrero de acuerdo con diversas configuraciones descritas en este documento, forma un rigidizador en forma de sombrero con diversas inclinaciones. El mandril 700 tiene un área 704, que puede usarse para formar una porción de rigidizador en forma de sombrero con una inclinación más pequeña, tal como el área de alma de sombrero 420 de la Figura 4. El mandril 700 también puede tener el área de transición 706, que aumenta la inclinación de un rigidizador en forma de sombrero desde la inclinación del área 704 a la inclinación de un área 708. El material compuesto 702 puede colocarse en el mandril 700 y formarse mediante técnicas de curación convencionales. Debería entenderse que el mandril 700 puede formarse de una o más piezas o puede ser de construcción unitaria, cuya tecnología no se limita a ninguna configuración particular.

La Figura 8 es una ilustración de un rigidizador en forma de sombrero 804 que tiene bridas con diversas anchuras. Aunque la actualmente divulgada materia objeto no se limita a ningún beneficio o ventaja particular, en algunas implementaciones, anchuras variables pueden proporcionar alguna funcionalidad. Por ejemplo, en ubicaciones en las que la fuerza de cortadura S o la fuerza de extracción C pueden ser relativamente grandes, una brida de sombrero más ancho puede proporcionar área de superficie adicional en la que el rigidizador en forma de sombrero 804 puede fijarse al revestimiento 102.

Ilustrando una realización ilustrativa, el rigidizador en forma de sombrero 804 tiene una brida de sombrero 810 con anchuras variables a lo largo de la longitud de la brida de sombrero 810. En la ubicación 840 de la brida de sombrero 810, la brida de sombrero 810 tiene una anchura de "H". En la ubicación 842 de la brida de sombrero 810, la brida de sombrero 810 tiene una anchura de "H+I". Como se ilustra, la anchura "H+I" es más ancha que la anchura "H". En la ubicación 844, la brida de sombrero 810 tiene una anchura de "H". Debería apreciarse que la presente divulgación no se limita a ningún orden específico de variación de la anchura de la brida de sombrero 810. Por ejemplo, la implementación ilustrada en la Figura 8 muestra una brida de sombrero 810 que tiene un perfil de anchura en el que la anchura cerca de los extremos distales del rigidizador en forma de sombrero 804 son similares. Estas y otras configuraciones se consideran que están dentro del alcance de la presente divulgación.

La Figura 9 es una vista en sección transversal de un rigidizador en forma de sombrero 904 con alturas de sombrero variables. El rigidizador en forma de sombrero 904 incluye una tapa de sombrero 906, almas de sombrero 908A y 908B y bridas de sombrero 910A y 910B. Como se ha analizado anteriormente en relación con la Figura 3, la inclinación de alma de sombrero del rigidizador en forma de sombrero 904 puede cambiarse. En la implementación ilustrada en la Figura 9, la altura de la tapa de sombrero se ha modificado para acomodar la inclinación de alma de sombrero variable. Una inclinación de alma de sombrero proporcionada por la tapa de sombrero 906, las almas de sombrero 908A y 908B y las bridas de sombrero 910A y 910B proporciona una altura de sombrero de "L". En lugar de mantener una altura de sombrero constante, la altura de sombrero puede aumentarse o disminuirse. Por ejemplo, rigidizador en forma de sombrero 904 tiene una altura de sombrero de "L+G" proporcionada por la tapa de sombrero 906', las almas de sombrero 908A' y 908B' y las bridas de sombrero 910A' y 910B', que es un mayor ángulo de alma de sombrero que la inclinación de alma de sombrero proporcionando la altura de sombrero de "L". Pueden variarse otros componentes del rigidizador en forma de sombrero. Por ejemplo, el grosor del rigidizador en forma de sombrero 904 o sus componentes constituyentes, tales como, pero sin limitación, el alma de sombrero 908A y 908B, la tapa de sombrero 906 y las bridas de sombrero 910A y 910B.

Pasando ahora a la Figura 10, se proporciona en este documento una rutina ilustrativa 1000 para formar un rigidizador en forma de sombrero con inclinaciones de alma de sombrero localmente optimizadas. A no ser que se indique, debería apreciarse que pueden realizarse más o menos operaciones que las mostradas en las figuras y descritas en este documento. Adicionalmente, a no ser que se indique, estas operaciones también pueden realizarse en un orden diferente que los descritos en este documento

La rutina 1000 comienza en la operación 1002, en la que un se proporciona mandril 700. Para proporcionar ángulos de alma de sombrero localmente optimizados, el mandril 700 está provisto de ángulos variables para las almas de sombrero. En una configuración, el mandril 700 tiene una pequeña inclinación en las áreas en las que el rigidizador en forma de sombrero 404 se configura convenientemente para controlar la fuerza de cortadura S de una manera más efectiva que la carga de extracción C. En otra configuración, el mandril 700 tiene una gran inclinación de alma en las áreas en las que el rigidizador en forma de sombrero 404 se configura convenientemente para controlar la carga de extracción C de una manera más efectiva que la fuerza de cortadura S.

La rutina 1000 continua desde la operación 1002 a la operación 1004, en la que el material compuesto 702 se coloca en el mandril 700. Como se ha descrito anteriormente, el material compuesto 702 puede ser una matriz formada a partir de diversos materiales, dependiendo de la aplicación particular. El material compuesto 702 puede colocarse en el mandril 700 en una operación o en capas sucesivas, la presente tecnología de lo cual no se limita a ninguna configuración particular. El material compuesto 702 puede colocarse y asegurarse en el mandril 700 de diversas formas. Por ejemplo, el material compuesto 702 puede presionarse en el mandril 700 usando una cámara de aire (no mostrada) que encaja en el mandril 700. Todo el conjunto, mandril 700, material compuesto 702 y cámara de aire, puede a continuación embolsarse y puede aplicarse un vacío para crear presión en el conjunto para forzar el material compuesto 702 a la forma del mandril 700 durante un proceso de curación. La actualmente divulgada materia objeto no se limita a ningún medio particular de asegurar el material compuesto 702 en el mandril 700.

La rutina 1000 continua desde la operación 1004 a la operación 1006, en la que el material compuesto 702 se cura. Los conceptos y tecnologías descritos en este documento no se limitan a ningún proceso de curación particular. En algunas configuraciones, debido al perfil de inclinación de alma de sombrero cambiante, puede ser ventajoso o necesario variar la temperatura o presión del mandril 700 durante el proceso de curación a lo largo de la longitud del mandril 700. Aunque no limitado a ninguna razón particular, la temperatura o presión para variarse para tener en cuenta material adicional que puede estar presente en algunas áreas del rigidizador en forma de sombrero 404 que otras áreas debido a las inclinaciones cambiantes. Sin embargo, la actualmente divulgada materia objeto no se limita a ningún perfil de temperatura o presión particulares para curación.

La rutina 1000 continua desde la operación 1006 a la operación 1008, en la que el rigidizador en forma de sombrero curado se elimina del mandril 700. En algunas configuraciones, el rigidizador en forma de sombrero incluye inclinaciones de alma de sombrero localmente optimizadas formadas mediante los diversos ángulos en el mandril 700 que corresponden a las almas de sombrero. Debería entenderse que la presente tecnología no se limita a ningún proceso de eliminación particular. Además, como parte del proceso de eliminación, algún material del material compuesto ahora curado 702 puede eliminarse para conformar el rigidizador en forma de sombrero de acuerdo con una configuración de diseño requerida. La rutina 1000 posteriormente finaliza.

La Figura 11 es una rutina ilustrativa para usar un rigidizador en forma de sombrero, de acuerdo con diversas realizaciones. La rutina 1100 comienza y avanza a la operación 1102, en la que se recibe una fuerza operacional en un rigidizador en forma de sombrero optimizado localmente como se ha descrito anteriormente, un rigidizador en forma de sombrero optimizado localmente puede realizar ciertas funciones. Una primera función puede ser coger cargas aplicadas al revestimiento, recoger las cargas y a continuación transferir esas cargas en o hacia otras estructuras más robustas capaces de manejar las cargas. Las cargas pueden ser debido a diversas fuerzas operacionales, incluyendo, pero sin limitación, carga de presión o alguna otra carga aplicada localmente o distribuida. Las ubicaciones de carga aplicada, o interfaces con otras estructuras, pueden ser ubicaciones que desarrollan una cantidad significativa de carga de extracción. Una segunda función puede ser estabilizar el revestimiento. Los rigidizadores en forma de sombrero optimizados localmente de la presente divulgación pueden hacer esto suministrando rigidez fuera de plano, reduciendo de este modo la probabilidad de una deformación o fallo de panel.

Diversas configuraciones de los rigidizadores en forma de sombrero localmente optimizados pueden tener un amplio efecto, que puede ser un mecanismo efectivo para estabilizar un área relativamente grande de panel. La rigidez torsional y rigidez de cortadura también pueden ayudar a estabilizar un panel. Durante presurización, los rigidizadores en forma de sombrero generalmente pueden tomar la carga de presión y redistribuir la misma a la estructura circundante. Durante maniobras de despegue/aterrizaje, el fuselaje y mamparos en la estructura pueden estar sujetos a cargas. Diferentes áreas del fuselaje observarán carga de cortadura elevada para diferentes escenarios de carga.

La rutina 1100 avanza desde la operación 1102 a la operación 1104, en la que el rigidizador en forma de sombrero optimizado localmente absorbe (o recoge) al menos una porción de la fuerza operacional. La fuerza operacional puede absorberse mediante más de un rigidizador en forma de sombrero optimizado localmente. Debido a la optimización local, un rigidizador en forma de sombrero de acuerdo con diversas configuraciones descritas en este documento puede absorber la fuerza operacional en diversas ubicaciones a lo largo de la longitud del rigidizador en forma de sombrero. Por ejemplo, una ubicación en el rigidizador en forma de sombrero optimizado para un tipo de fuerza operacional puede no absorber una cantidad apreciable de la fuerza operacional, mientras que una ubicación en el rigidizador en forma de sombrero optimizado para la fuerza operacional puede absorber una porción de la

fuerza operacional significativa.

La rutina 1100 avanza desde la operación 1104 a la operación 1106, en la que las fuerzas operacionales absorbidas se distribuyen a la estructura circundante. La estructura circundante puede incluir, pero sin limitación, un armazón de la aeronave, otros paneles y similares. La rutina 1100 posteriormente finaliza.

- 5 De acuerdo con un aspecto de la presente divulgación se proporciona una estructura compuesta, que comprende un revestimiento compuesto; y una pluralidad de rigidizadores en forma de sombrero (104) fijados al revestimiento compuesto, la pluralidad de rigidizadores en forma de sombrero que comprenden una tapa de sombrero (206) que tiene una longitud de tapa de sombrero (206), una pluralidad de bridas de sombrero (210A, 210B) a lo largo de la longitud de tapa de sombrero (206) y un alma de sombrero (208A, 208B) que tiene una primera inclinación a lo largo de la longitud de tapa de sombrero (206) y una segunda inclinación a lo largo de la longitud de tapa de sombrero (206), en el que la segunda inclinación es mayor que la primera inclinación.

- 10 La primera inclinación puede configurarse para una fuerza de cortadura. La segunda inclinación puede configurarse para una fuerza de extracción. El alma de sombrero puede comprender además una inclinación transicional. La inclinación transicional puede proporcionar una transición desde la primera inclinación a la segunda inclinación. El alma de sombrero puede comprender además una tercera inclinación. Una altura del rigidizador en forma de sombrero puede variar a lo largo de una longitud del rigidizador en forma de sombrero. Una anchura de la tapa de sombrero puede variar a lo largo de la longitud de tapa de sombrero. Al menos una porción de la pluralidad de rigidizadores en forma de sombrero pueden comprender además una primera anchura interna y la segunda anchura interna.

- 15 La materia objeto descrita anteriormente se proporciona por medio de ilustración únicamente y no debería interpretarse como limitante. Diversas modificaciones y cambios pueden hacerse a la materia objeto descrita en el presente documento sin seguir los ejemplos de realizaciones y aplicaciones ilustradas y descritas, y sin alejarse del alcance de la presente divulgación, cuyas realizaciones se exponen en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un rigidizador en forma de sombrero para reforzar un revestimiento de aeronave, comprendiendo el rigidizador en forma de sombrero:

una tapa de sombrero (206) que tiene una longitud de tapa de sombrero (206);

5 una pluralidad de bridas de sombrero (210A, 210B, 410) a lo largo de la longitud de tapa de sombrero (206), en el que se extiende un espacio entre superficies interiores de la pluralidad de bridas de sombrero (210A, 210B, 410) a lo largo de toda la longitud de tapa de sombrero (206); y

10 un alma de sombrero (208A, 208B) entre la tapa de sombrero (206) y la pluralidad de bridas de sombrero (210A, 210B, 410), teniendo el alma de sombrero una primera inclinación (420, 520A, 620A) a lo largo de una porción de la longitud de tapa de sombrero (206) y una segunda inclinación (422, 532, 632) a lo largo de otra porción de la longitud de tapa de sombrero (206), **caracterizado por que** la segunda inclinación es mayor que la primera inclinación, en el que el alma de sombrero (208A, 208B) comprende además: una primera inclinación transicional (424, 524A, 624A) que proporciona una transición desde la primera inclinación a la segunda inclinación; una tercera inclinación (520B, 620B) que es la misma que la primera inclinación; y una segunda inclinación transicional (524B, 624B) que proporciona una transición desde la segunda inclinación a la tercera inclinación.

2. El rigidizador en forma de sombrero de la reivindicación 1, en el que una anchura de la tapa de sombrero (206) varía a lo largo de la longitud de tapa de sombrero (206).

20 3. El rigidizador en forma de sombrero de la reivindicación 2, en el que la anchura de la tapa de sombrero (206) que corresponde a la segunda inclinación es mayor que la anchura de la tapa de sombrero (206) que corresponde a la primera inclinación.

4. El rigidizador en forma de sombrero de cualquiera de las reivindicaciones 1-3 comprendiendo además:

un revestimiento compuesto.

5. Un método de formación de un rigidizador en forma de sombrero de acuerdo con la reivindicación 1, comprendiendo el método:

25 proporcionar un mandril (700) que tiene una primera porción de alma de sombrero (208A, 208B) dispuesta para definir la primera inclinación a lo largo de la longitud de tapa de sombrero (206) y una segunda porción de alma de sombrero (208A, 208B) dispuesta para definir la segunda inclinación a lo largo de la longitud de tapa de sombrero (206);

proporcionar un material compuesto;

30 colocar el material compuesto en el mandril;

curar el material compuesto; y

retirar el material compuesto para proporcionar un rigidizador en forma de sombrero que tiene inclinaciones de alma de sombrero (208A, 208B) localmente optimizadas.

6. El método de la reivindicación 5, comprendiendo además conformar el rigidizador en forma de sombrero (104).

35

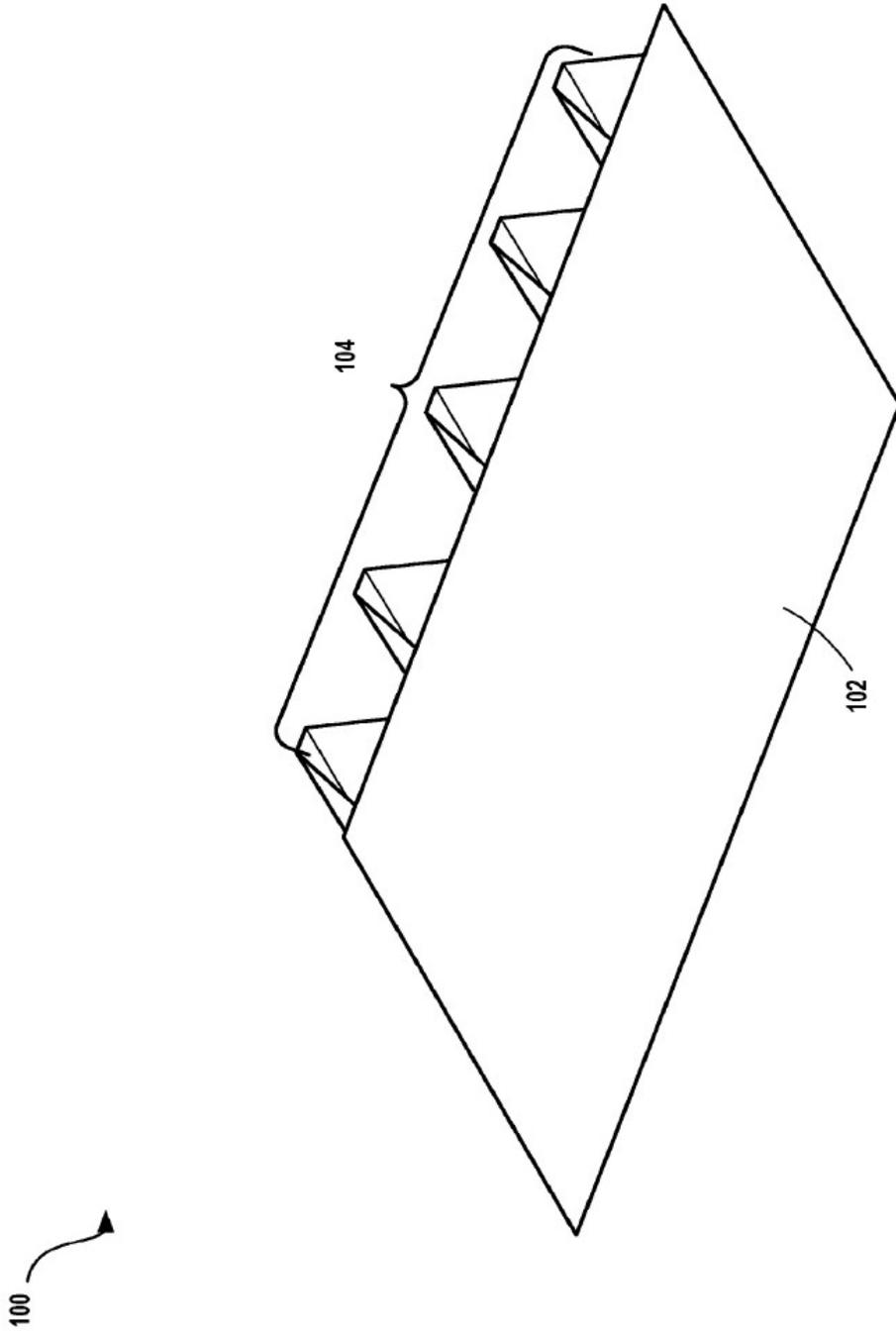


FIG. 1
(TÉCNICA ANTERIOR)

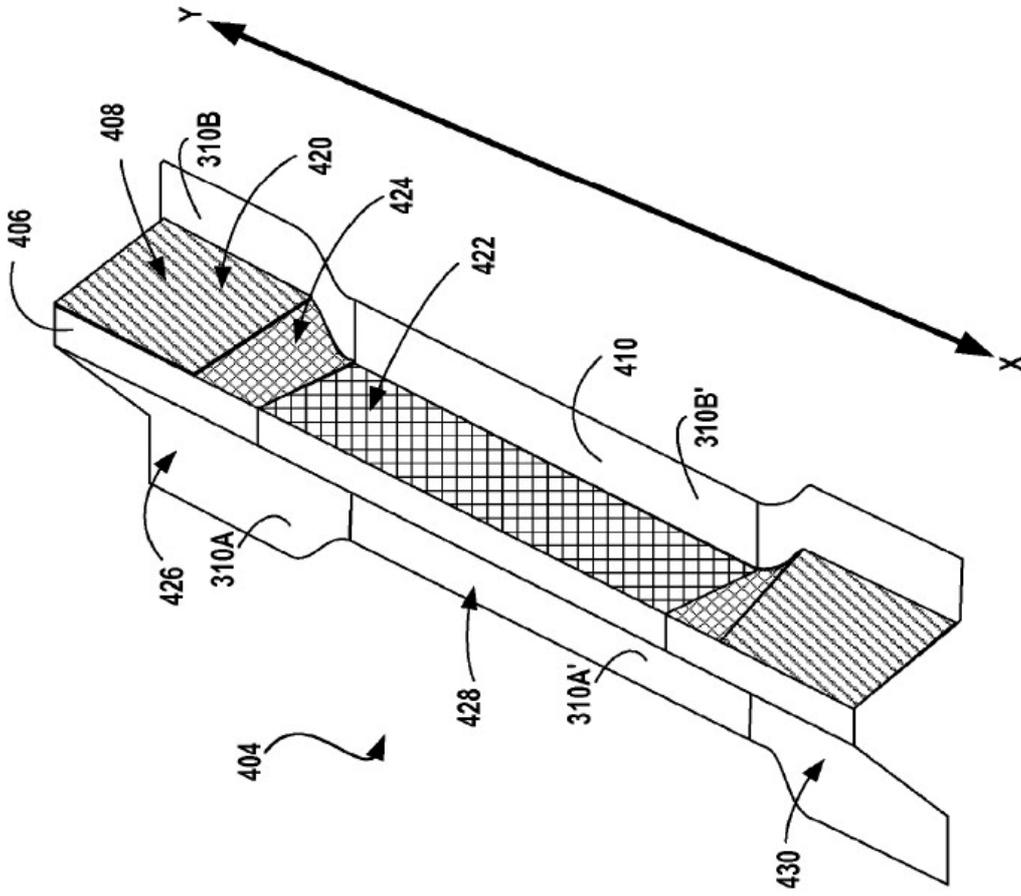


FIG. 4

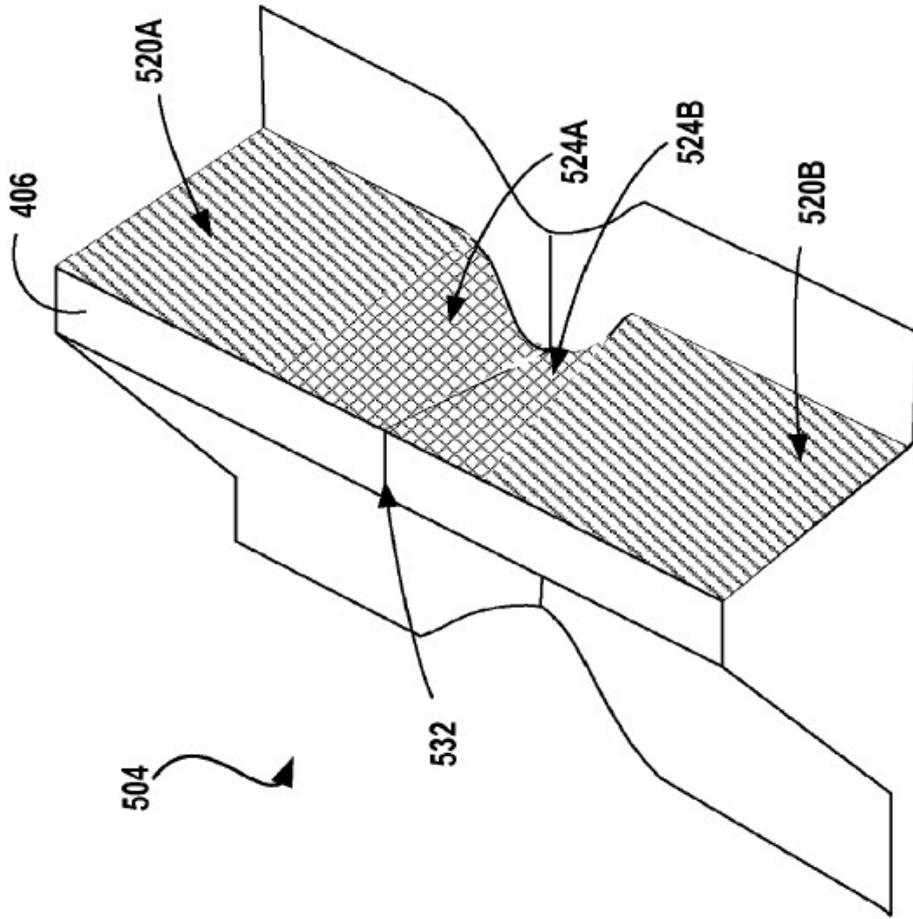


FIG. 5

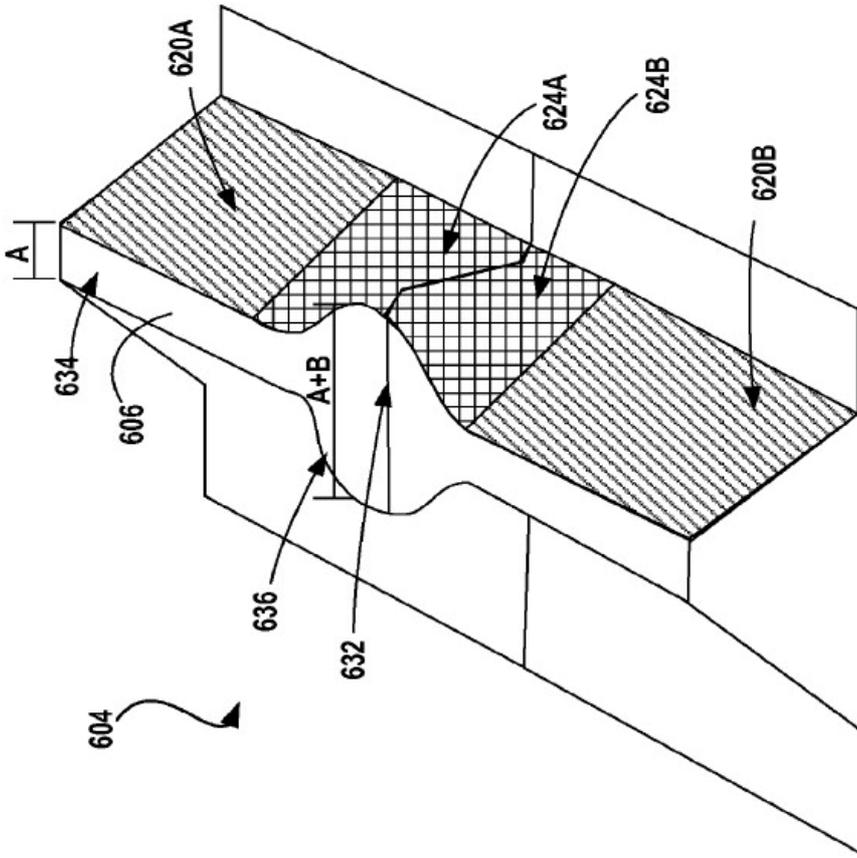


FIG. 6

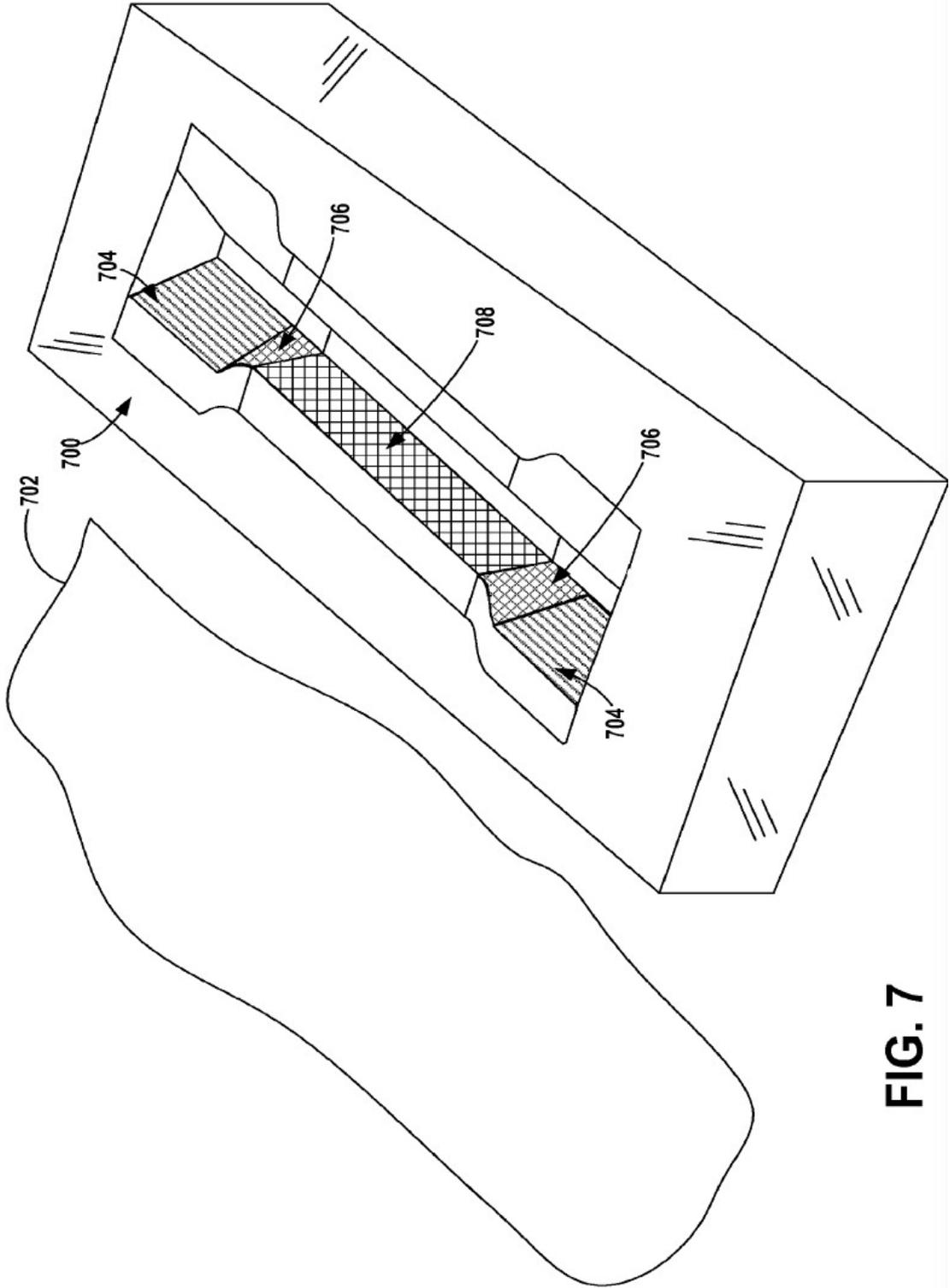


FIG. 7

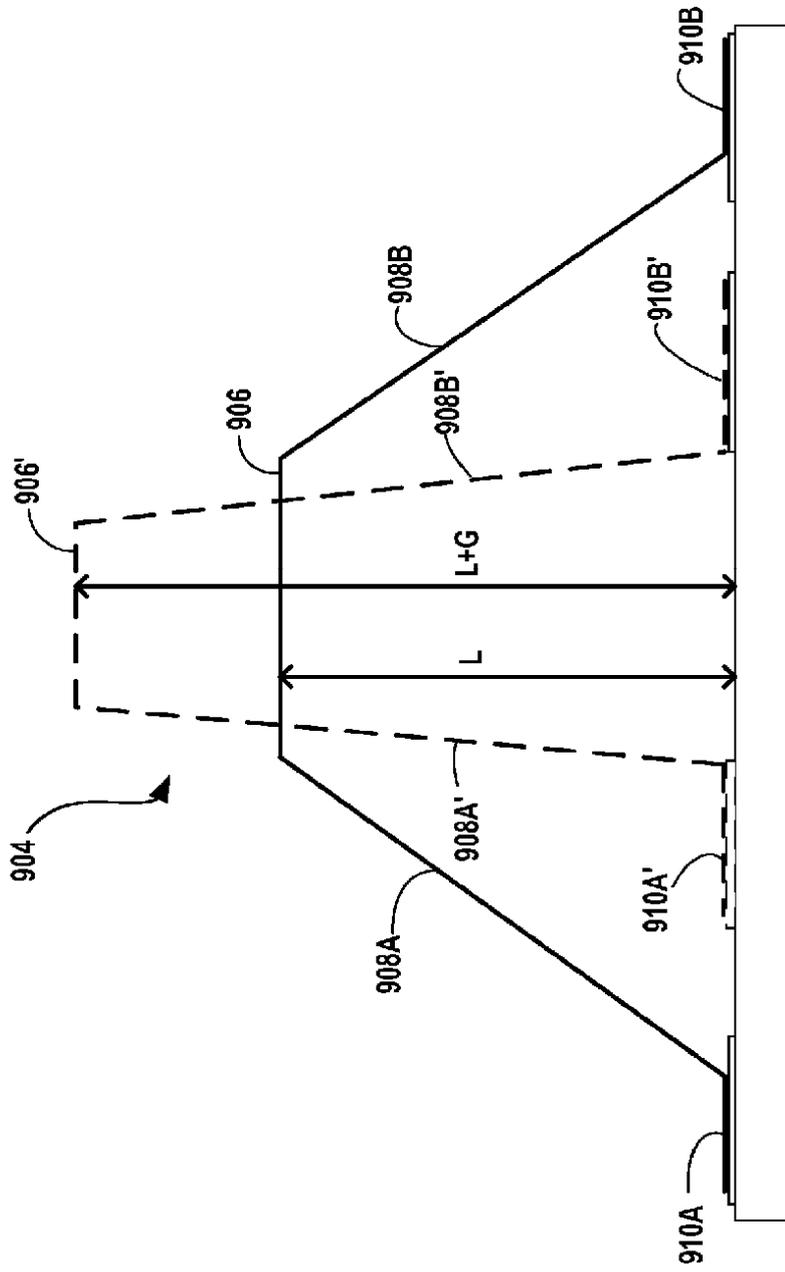


FIG. 9

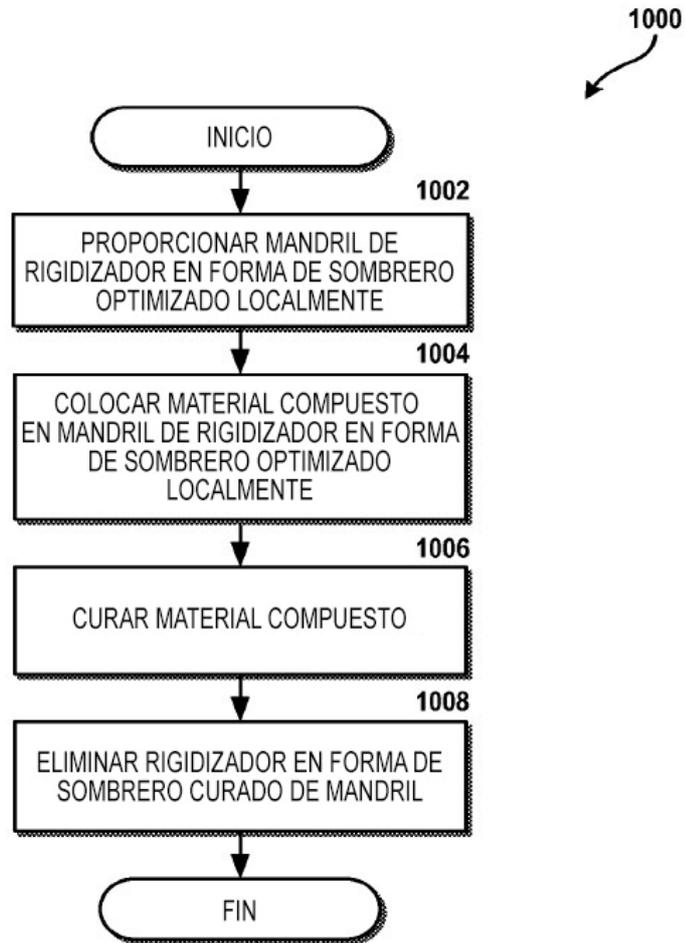


FIG. 10

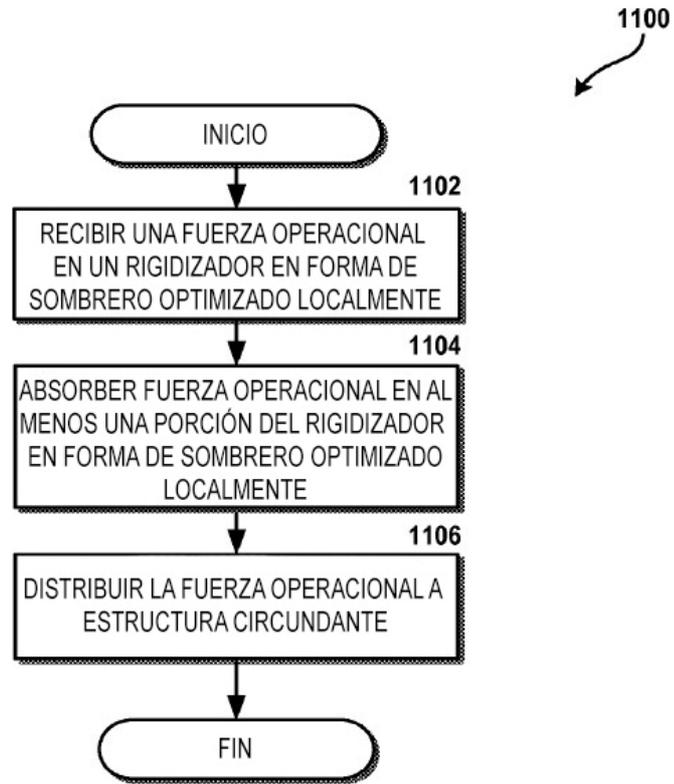


FIG. 11