

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 943 862**

51 Int. Cl.:

**B64C 3/18** (2006.01)

**B64C 3/26** (2006.01)

**B29D 99/00** (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.03.2019 E 19160519 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.02.2023 EP 3536606**

54 Título: **Paneles compuestos reforzados con largueros que tienen una resistencia a la extracción mejorada**

30 Prioridad:

**06.03.2018 US 201815913488**

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

**16.06.2023**

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)  
929 Long Bridge Drive  
Arlington, VA 22202, US**

72 Inventor/es:

**BEHZADPOUR, FOROUZAN y  
CHENG, JIANGTIAN**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 943 862 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

Paneles compuestos reforzados con largueros que tienen una resistencia a la extracción mejorada

## 5 Campo de la divulgación

Esta descripción se refiere en general a paneles compuestos reforzados/rigidizados con largueros y, más particularmente, a paneles compuestos rigidizados con largueros que tienen una resistencia a la extracción/tracción mejorada.

## 10 Antecedentes técnicos

Los fuselajes y las alas de las aeronaves pueden incluir estructuras de soporte, como largueros, para ayudar al fuselaje y a las alas a mantener su forma bajo diversas condiciones de esfuerzo y deformación. En algunos ejemplos, cada larguero puede incluir un espacio/hueco adyacente a un revestimiento del fuselaje o las alas. Los espacios pueden rellenarse para proporcionar resistencia y/o rigidez al conjunto de largueros. El tamaño, la forma y/o la configuración de un larguero pueden afectar uno o más atributos de desempeño asociados con el larguero. Por ejemplo, el tamaño, la forma y/o la configuración de un larguero pueden afectar la resistencia a la extracción asociada con el larguero cuando el larguero está acoplado a una estructura compuesta de una aeronave, como el revestimiento de un fuselaje o ala.

20 El documento WO 2015/020675 describe un panel reforzado que comprende un panel compuesto y un refuerzo que incluye una brida de base en el panel compuesto. La brida de base se estrecha hacia el panel. El panel reforzado comprende además una capa envolvente de material compuesto únicamente sobre el panel compuesto y una superficie ahusada de la brida de base.

25 A MUKHERJEE Y AL: "Design guidelines for ply drop-off in laminated composite structures", COMPOSITES: PART B, vol. 32, número 2, 1 de enero de 2001 (2001-01-01), páginas 153-164, AMSTERDAM, NL ISSN: 1359-8368, DOI: 10.1016/51359-8368(00)00038-X tiene como objetivo desarrollar algunas pautas para el diseño de compuestos laminados cónicos/ahusados. La disminución en los compuestos laminados se introduce terminando (cayendo) las capas en diferentes ubicaciones. El objetivo principal en el diseño de una caída ("drop-off") es reducir la concentración de esfuerzos.

## 30 Breve descripción de la invención

35 Se describen paneles compuestos reforzados con largueros que tienen una resistencia a la extracción mejorada. En un aspecto, se describe un larguero. El larguero comprende una primera superficie, una segunda superficie, un borde y un chaflán. La segunda superficie está situada opuesta a la primera superficie y debe acoplarse a una estructura compuesta de una aeronave. El borde se extiende desde la segunda superficie hacia la primera superficie. El chaflán se extiende desde la primera superficie hasta el borde en un ángulo de entre doce y dieciocho grados con respecto a la primera superficie. El larguero tiene un grosor de al menos 0,25 cm (0,10 pulgadas) a lo largo del borde.

40 En un segundo aspecto, se describe un aparato. El aparato comprende una estructura compuesta de una aeronave y un larguero acoplado a la estructura compuesta. El larguero comprende una primera superficie, una segunda superficie, un borde y un chaflán. La segunda superficie está situada opuesta a la primera superficie y está acoplada a la estructura compuesta. El borde se extiende desde la segunda superficie hacia la primera superficie. El chaflán se extiende desde la primera superficie hasta el borde en un ángulo de entre doce y dieciocho grados con respecto a la primera superficie. El larguero tiene un grosor de al menos 0,25 cm (0,10 pulgadas) a lo largo del borde.

50 En un tercer aspecto, se describe un método. El método comprende acoplar un larguero a una estructura compuesta de una aeronave. En el método, el larguero incluye una primera superficie, una segunda superficie, un borde y un chaflán. La segunda superficie está situada opuesta a la primera superficie y debe acoplarse a la estructura compuesta. El borde se extiende desde la segunda superficie hacia la primera superficie. El chaflán se extiende desde la primera superficie hasta el borde en un ángulo de entre doce y dieciocho grados con respecto a la primera superficie. El larguero tiene un grosor de al menos 0,25 cm (0,10 pulgadas) a lo largo del borde.

## 55 Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 ilustra una aeronave que incluye un fuselaje con el que se pueden implementar estructuras compuestas de ejemplo descritas en este documento.

La Figura 2 representa un larguero de ejemplo que incluye un relleno de espacios de ejemplo como se describe en este documento.

60 Las Figuras 3 a 5 representan un proceso de fabricación de ejemplo del relleno de espacios de ejemplo descrito en este documento.

La Figura 6 representa un diagrama de flujo de ejemplo representativo de un método de ejemplo de fabricación del relleno de espacios de ejemplo de las Figuras 1 a 5.

65 La Figura 7 representa una primera configuración de ejemplo de la segunda porción de ejemplo del primer segmento de refuerzo de ejemplo del larguero de ejemplo de la Figura 2.

La Figura 8 representa un ejemplo de proceso de fabricación asociado con la primera configuración de ejemplo de la segunda porción de ejemplo del segmento de refuerzo de ejemplo de la Figura 7.

La Figura 9 representa una segunda configuración de ejemplo de la segunda porción de ejemplo del primer segmento de refuerzo de ejemplo del larguero de ejemplo de la Figura 2.

5 La Figura 10 representa un proceso de fabricación de ejemplo asociado con la segunda configuración de ejemplo de la segunda porción de ejemplo del segmento de refuerzo de ejemplo de la Figura 9.

10 Ciertos ejemplos se muestran en las figuras identificadas anteriormente y se describen en detalle a continuación. Al describir estos ejemplos, se utilizan números de referencia iguales o idénticos para identificar elementos iguales o similares. Las figuras no están necesariamente a escala y ciertas características y ciertas vistas de las figuras pueden mostrarse exageradas en escala o en esquema para mayor claridad y/o concisión. Tal como se usa en esta patente, que indica que cualquier parte (por ejemplo, una capa, película, área o placa) está colocada de alguna forma sobre (por ejemplo, colocada, ubicada, dispuesta o formada sobre, etc.) otra parte, indica que la parte a la que se hace referencia está en contacto con la otra parte, o que la parte a la que se hace referencia está por encima de la otra parte con una o más partes intermedias ubicadas entre ellas. Afirmar que cualquier parte está en contacto con otra parte significa que no hay una parte intermedia entre las dos partes.

#### Descripción detallada

20 Los fuselajes y/o las alas de las aeronaves pueden incluir estructuras de soporte, tales como largueros, para ayudar al fuselaje y/o las alas a mantener una forma bajo diversas condiciones de tensión y tensión y/o aumentar la resistencia del fuselaje y/o las alas. En algunos ejemplos, los largueros tienen una forma tal que se forma un hueco junto a un revestimiento del fuselaje o las alas. Los espacios pueden rellenarse con estructuras laminadas o uni-nodulares. Sin embargo, los rellenos de espacios laminados pueden agrietarse debido a las diferentes propiedades térmicas y mecánicas del relleno de espacios laminados y el larguero y/o el revestimiento. Por ejemplo, un larguero puede tener una tasa diferente de expansión térmica que el relleno de espacios laminado, y el relleno de espacios puede agrietarse debido al esfuerzo y/o deformación ejercida sobre el relleno de espacios debido a las diferentes tasas de expansión térmica. El agrietamiento en un relleno de espacios laminado o un uni-nodular puede debilitar la interfaz del larguero y reducir la capacidad de carga de tracción del refuerzo, lo que requiere un refuerzo y capas de larguero adicionales.

30 En los ejemplos ilustrados descritos en este documento, los largueros incluyen espacios rellenos con un relleno de fibra de carbono cortada que es multidireccional. Más específicamente, el relleno de espacios tiene fibras de carbono orientadas en múltiples direcciones en cualquier plano dado del relleno de espacios. La orientación de las fibras de carbono en múltiples direcciones alivia el esfuerzo térmico ejercido sobre el relleno de espacios debido a las diferentes tasas de expansión térmica del relleno de espacios, el larguero y/o el revestimiento. Los rellenos de espacios de ejemplo descritos aquí alivian el esfuerzo térmico, particularmente en la dirección fuera del plano (por ejemplo, una dirección perpendicular a un plano del revestimiento).

40 En los ejemplos ilustrados descritos en este documento, una estructura compuesta (por ejemplo, un fuselaje de un avión) se acopla a uno o más largueros para soporte. Los largueros de ejemplo también pueden estar hechos de un material compuesto, o pueden estar hechos, en algunos ejemplos, de aluminio. Los largueros de ejemplo pueden tener bordes biselados de aproximadamente 15 grados, lo que puede reducir la carga y mejorar el momento de desprendimiento de las partes unidas (por ejemplo, el larguero y el relleno de espacios después de ser curado). Cuando el larguero está acoplado a la estructura compuesta, el larguero y la estructura compuesta forman un espacio de radio del larguero. Se dispone un relleno de espacios en el espacio de radio del larguero para proporcionar un refuerzo estructural adicional. Los rellenos de espacio de ejemplo descritos en este documento incluyen fibras cortadas orientadas en múltiples direcciones. En algunos ejemplos, el relleno de espacios también incluye una resina termoendurecible en la que se disponen y distribuyen las fibras cortadas.

50 Las fibras se dispersan aleatoriamente a lo largo de un volumen completo o sustancialmente completo del relleno de espacios de manera que las fibras se orientan en múltiples direcciones en cualquier plano dado del relleno de espacios (por ejemplo, un plano xy, un plano xz, un plano yz o cualquier plano sesgado). Por ejemplo, en cualquier plano dado del relleno de espacios, los ejes longitudinales de las fibras pueden estar orientados en múltiples direcciones y/o pueden viajar a lo largo y/o a través del plano. Como se usa en el presente documento, la frase "sustancialmente todo el volumen" significa que más del 75% del volumen del relleno de espacios incluye al menos una porción de al menos una fibra. Además, las fibras pueden dispersarse o distribuirse uniformemente de modo que la densidad de las fibras sea sustancialmente la misma (por ejemplo, entre 1.107,2 kg/m<sup>3</sup> y 1.660,79 kg/m<sup>3</sup> (0,04 y 0,06 libras/pulgada cúbica), entre 276 y 413 Pa) por todo el relleno de espacios. La densidad de las fibras en todo el relleno de espacios puede ser sustancialmente la misma que la densidad de las fibras en todo el larguero, lo que reduce la probabilidad de que se forme una grieta entre el relleno de espacios y el larguero. En algunos ejemplos, las fibras también se pueden colocar dentro del relleno de espacios de modo que las fibras individuales se puedan curvar y/o doblar en múltiples direcciones. Las fibras multidireccionales (por ejemplo, sustancialmente omnidireccionales) pueden, en algunos ejemplos, ser sustancialmente perpendiculares a un plano paralelo al revestimiento de la aeronave, o pueden estar orientadas en cualquier otra dirección (por ejemplo, paralelas, no paralelas) en relación con el plano paralelo al revestimiento.

65 Un método para fabricar el relleno de espacios incluye la generación de copos/trozos de fibra cortada, la formación de

copos de fibra cortada en un relleno de espacios y el curado del relleno de espacios formado por los copos de fibra cortada. El método de ejemplo puede incluir además mezclar los copos de fibra cortadas con una resina. En algunos ejemplos, formar los copos de fibra cortada en un relleno de espacios incluye extruir los copos de fibra cortada a través de un troquelado para que coincida con el perfil de la sección transversal de un espacio en el que se va a disponer el relleno de espacios. Alternativamente, la formación de los copos de fibra cortada en un relleno de espacios incluye el uso de un proceso de formación de troqueles de múltiples rodillos de diámetro variable. En otros ejemplos, formar los copos de fibra cortada en un relleno de espacios incluye aplicar calor y presión al relleno de espacios, donde el relleno de espacios se dispone en un molde. En algunos ejemplos, generar copos de fibra picada incluye cortar una hoja de fibra en tiras y/o cuadrados. En algunos ejemplos, los copos de fibra son cuadrados de 2,5 cm (1 pulgada) (0,0006 metros cuadrados). Alternativamente, los copos pueden ser de cualquier otro tamaño adecuado.

Un método para usar el relleno de espacios con el espacio del larguero incluye insertar un relleno de espacios curado en un espacio de un larguero, cubrir el relleno de espacios con un revestimiento para formar un conjunto de largueros y curar el conjunto de largueros. En algunos ejemplos, curar el conjunto de largueros incluye aplicar presión y calor al conjunto de largueros. El método de ejemplo incluye además colocar el conjunto de largueros dentro de una bolsa de vacío. Por ejemplo, la bolsa de vacío se puede usar para aplicar presión al conjunto de largueros y una fuente de calor (por ejemplo, un autoclave) puede proporcionar calor. El método puede incluir además la instalación del conjunto de larguero curado en una aeronave.

La Figura 1 ilustra una aeronave de ejemplo 100 con la que se pueden implementar el aparato y los métodos de ejemplo descritos en este documento. La aeronave de ejemplo 100 incluye un fuselaje 102, que puede encerrar una cabina de pasajeros y/o un área de carga. El fuselaje de ejemplo 102 puede incluir un revestimiento y largueros. Los largueros proporcionan soporte estructural al revestimiento del fuselaje. En algunos ejemplos, el fuselaje 102 puede ser un fuselaje compuesto de múltiples capas 102 tal como un fuselaje de plástico reforzado con fibra de carbono. Alternativamente, el fuselaje 102 puede estar hecho de un tipo diferente de material compuesto. El avión de ejemplo 100 incluye alas 104 (por ejemplo, un ala derecha y un ala izquierda) que se extienden lateralmente hacia afuera desde el fuselaje 102. Las alas de ejemplo 104 también incluyen largueros para proporcionar soporte estructural a un revestimiento de las alas 104. Las alas de ejemplo 104 pueden estar hechas sustancialmente del mismo material compuesto que el fuselaje compuesto 102. Alternativamente, las alas 104 pueden estar hechas de un material compuesto diferente.

La Figura 2 representa un conjunto de largueros 200 de ejemplo que incluye un relleno de espacios 202 hecho usando fibra cortada, como se describe en este documento. El larguero de ejemplo 200 incluye dos segmentos de refuerzo 204, 206 acoplados a un revestimiento 208 (por ejemplo, un revestimiento de la aeronave 100) para proporcionar soporte a la estructura (por ejemplo, el fuselaje 102, las alas 104). En algunos ejemplos, los largueros 200 pueden implementarse en la aeronave 100 para proporcionar soporte para el fuselaje 102 o las alas 104. En tales ejemplos, las alas de ejemplo 104 y/o el fuselaje 102 de la aeronave 100 pueden incluir múltiples largueros 200 a lo largo de las alas 104 y/o el fuselaje 102. Alternativamente, los largueros se pueden utilizar para proporcionar soporte a otra estructura, como otro tipo de aeronave, una embarcación, un vehículo terrestre, etc. Los largueros 200 de ejemplo descritos en este documento pueden estar hechos de un material compuesto. Alternativamente, los largueros 200 pueden ser de cualquier otro material adecuado.

El larguero de ejemplo 200 se forma acoplando los dos segmentos de refuerzo 204, 206 de modo que las respectivas primeras porciones 210, 212 de los segmentos de refuerzo 204, 206 se extiendan perpendicularmente desde el revestimiento 208 al que está acoplado el larguero 200. Cuando el larguero 200 está acoplado al fuselaje 102, la primera porción de ejemplo 210 del larguero 200 es sustancialmente perpendicular al revestimiento 208 en cualquier sección transversal dada del larguero 200 a lo largo del fuselaje 102. Cada segmento de refuerzo 204, 206 incluye una segunda porción respectiva 214, 216 que tiene una superficie de acoplamiento 218, 220. Cada una de las segundas porciones 214, 216 de los segmentos de refuerzo 204, 206 está acoplada al revestimiento 208. Las segundas porciones 214, 216 del segmento de refuerzo 204, 206 son sustancialmente perpendiculares a las primeras porciones 210, 212. Las segundas porciones 214, 216 de los respectivos segmentos de refuerzo 204, 206 se extienden desde el larguero 200 en direcciones opuestas. Es decir, las primeras porciones 210, 212 están acopladas y dispuestas entre las respectivas segundas porciones 214, 216 del larguero 200.

Cada una de las segundas porciones de ejemplo 214, 216 incluye extremos respectivos 222, 224 que tienen un chaflán 226, 228 que mejora la carga de extracción del larguero 200 al reducir la capacidad de momento de desprendimiento del larguero 200, reduciendo así el esfuerzo de desprendimiento del revestimiento. El chaflán 226, 228 en el larguero 200 ilustrado en la Figura 2 es un chaflán de 15 grados  $\pm$  3 grados (por ejemplo, el ángulo del chaflán tiene un rango entre 12 grados y 18 grados). Se seleccionó el ángulo de chaflán de aproximadamente 15 grados para proporcionar la mayor fuerza necesaria para extraer el larguero 200. La reducción del ángulo del chaflán a aproximadamente 15 grados proporciona un aumento significativo en la resistencia a la extracción requerida en comparación con 90 grados o 45 grados. El ángulo de chaflán de aproximadamente 15 grados también mejora la resistencia a la tracción transversal del larguero al revestimiento en comparación con la de un chaflán de 45 grados.

El chaflán 226, 228 no se estrecha hasta un punto, sino que se estrecha hasta un borde 230, 232 que, en algunos ejemplos divulgados útiles para comprender la invención a la que se refiere esta patente, tiene un grosor de  $(0,25 \pm 0,13 \text{ cm})$  ( $0,10 \pm 0,05$  pulgadas) para reducir la capacidad de momento de desprendimiento del larguero 200 sin provocar un fallo prematuro. El relleno de espacios de ejemplo 202 descrito aquí permite utilizar un ángulo de chaflán de la brida del larguero

más pequeño (por ejemplo, 15 grados) para reducir el momento de desprendimiento de la pieza compuesta unida (por ejemplo, el relleno de espacios 202, el larguero 200). El ángulo de chaflán de ejemplo de aproximadamente 15 grados equilibra la fuerza de unión y el momento de desprendimiento del larguero 200. Las configuraciones de ejemplo de las respectivas segundas porciones 214, 216 de los correspondientes segmentos de refuerzo respectivos 204, 206 del larguero 200 que pueden implementarse para lograr los beneficios de rendimiento de la carga de extracción y el momento de desprendimiento descritos anteriormente se describen más adelante en conexión con las Figuras 7 a 10.

En el ejemplo ilustrado, la primera y segunda porciones 210, 212, 214, 216 de cada segmento de refuerzo 204, 206 están unidas por un filete respectivo 234, 236. Los filetes 234, 236 pueden ser operativos para aumentar la resistencia del larguero 200 de ejemplo y/o pueden reducir la posibilidad de agrietamiento del larguero 200 de ejemplo en la intersección de las dos porciones 210, 212, 214, 216 de los segmentos de refuerzo 204, 206. Frente a los filetes 234, 236, las esquinas (por ejemplo, redondeos) 238, 240 de los segmentos de refuerzo de ejemplo 204, 206 también están redondeados o tiene radios en la intersección donde la primera y la segunda porciones 210, 212, 214, 216 de los respectivos segmentos de refuerzo 204, 206 se encuentran. Es decir, los segmentos de refuerzo de ejemplo 204, 206 tienen sustancialmente el mismo ancho a través de ambas primera y segunda porciones 210, 212, 214, 216 y el borde en el que se encuentran la primera y segunda porciones 210, 212, 214, 216. Los redondeos de ejemplo 238, 240 de los respectivos segmentos de refuerzo 204, 206 forman un espacio 242 (por ejemplo, un espacio de radio de larguero) donde se encuentran los dos segmentos de refuerzo 204, 206 del larguero 200, adyacentes a los redondeos 238, 240 y al revestimiento 208. El espacio 242 del ejemplo ilustrado se llena con el relleno de espacios 202 (por ejemplo, un nódulo, un relleno de radio, un relleno de espacios de fibra de carbono, un relleno de espacios compuesto, un relleno de espacios de fibra cortada, o combinaciones de los mismos).

El relleno de espacios de ejemplo 202 está hecho de un material de fibra de carbono cortada 244. El material de fibra de carbono cortada 244 ayuda a aliviar el esfuerzo térmico del larguero 200 porque el relleno del hueco 202 se expande y contrae a una tasa similar al de las tasas de expansión y contracción de los otros componentes del larguero 200 (por ejemplo, los segmentos de refuerzo 204, 206) y el revestimiento 208. Debido a que las tasas de expansión del relleno de espacios 202, los segmentos de refuerzo 204, 206 y el revestimiento 208 son similares, el relleno de espacios 202 y/o los segmentos de refuerzo 204, 206 son significativamente más fuertes y más resistentes al agrietamiento. El relleno de espacios de ejemplo 202 descrito aquí también evita la separación en una línea de unión 246 (por ejemplo, un plano entre los segmentos de refuerzo 204, 206 y el revestimiento 208) debido a las tasas similares de expansión y contracción del relleno de espacios 202 y los segmentos de refuerzo 204, 206. En algunos ejemplos, las fibras de carbono cortadas 244 se mezclan con una resina 248. Los materiales (por ejemplo, láminas de fibra de carbono) utilizados para el relleno de espacios 202 pueden ser similares a los materiales utilizados para los segmentos de refuerzo 204, 206 del larguero 200 y para el revestimiento 208. Es decir, el revestimiento 208 y los segmentos de refuerzo 204, 206 pueden fabricarse utilizando láminas de fibra de carbono, que también pueden utilizarse para fabricar los copos de fibra del relleno de espacios 202.

El relleno de espacios 202 puede incluir compuestos de resina termoendurecible reforzada con fibra cortada o compuestos de resina termoplástica reforzada con fibra cortada. En algunos ejemplos, el material laminar termoendurecible de resina epoxi reforzada con fibra de carbono, como el suministrado por Toray o Zoltek, se puede utilizar para fabricar el relleno de espacios 202. Una hoja preimpregnada continua se puede cortar en tiras de 2,5 cm (1 pulgada) de ancho, luego se puede cortar en cuadrados de 2,5 cm (1 pulgada) (0,0006 metros cuadrados) (por ejemplo, copos) para tener una distribución de fibras uniforme y relativamente aleatoria en todo el volumen del relleno de espacios 202. Alternativamente, los copos pueden ser de cualquier tamaño adecuado (por ejemplo, cada borde de un copo puede tener entre 0,013 cm y 8 cm (0,005 pulgadas y 3 pulgadas), con un rango preferido de 0,318 cm a 3 cm (0,125 pulgadas a 1 pulgada)). Las fibras de los copos de fibra se pueden orientar de manera que las fibras sean multidireccionales dentro del relleno de espacios 202 (es decir, las fibras se pueden orientar en múltiples direcciones en cualquier plano dado del relleno de espacios 202).

Opcionalmente, se pueden agregar copos adicionales de partículas, como nanopartículas, para endurecer la resina. Por lo tanto, el relleno de espacios de ejemplo 202 se puede formar incorporando fibra o microfibras cortadas con copos de fibra de carbono de tamaño micrométrico o nanopartícula y un material compuesto de espuma o resina termoestable o termoplástica que tenga un coeficiente de expansión térmica minimizado, una tenacidad a la fractura razonable (por ejemplo, al menos 14000 Pa (2 lb/pulgada cuadrada), y un módulo de elasticidad similar o más suave (por ejemplo, entre 3450 MPa y 55158 MPa (0,5 msi y 8 msi)) en comparación con el material del segmento de refuerzo.

En algunos ejemplos, el relleno de espacios 202 puede incluir nanopartículas para aumentar la dureza del relleno de espacios 202. Las fibras cortadas 244 del relleno de espacios 202 incluyen fibras de carbono (por ejemplo, fibras que pueden soportar hasta 176,7 grados Celsius (350 grados Fahrenheit), fibra de vidrio, aramida, Kevlar o nailon. El relleno de espacios 202 tiene una tenacidad a la fractura de al menos 14000 Pa (2 lb/pulgada cuadrada) y una resistencia a la tracción mínima de 103 MPa (15 ksi). El relleno de espacios 202 tiene un módulo de elasticidad entre 3450 MPa y 55158 MPa (0,5 msi y 8 msi). La fracción de volumen de fibra del relleno de espacios 202 está entre el 45% y el 65%, con una fracción preferida del 50%. Un ejemplo de longitud de fibra cortada está entre 0,013 cm y 8 cm (0,005 pulgadas y 3 pulgadas), con un rango preferido de 0,318 cm a 2,5 cm (0,125 pulgadas a 1 pulgada). La resina de alto peso molecular, como la resina epoxi o PEEK, se utiliza para proporcionar una temperatura de curado final (Tg) de 121 grados Celsius (250 grados Fahrenheit) o superior. La densidad del relleno de espacios 202 está entre 276 y 413 Pa (0,04 y 0,06 libras/pulgada cúbica). La contracción del relleno de espacios 202 debido al cambio de temperatura está entre 0,002 y

0,02 cm (0,001 y 0,008 pulgadas). Los coeficientes de dilatación térmica lineal están entre 0,5 y 50 cm/grados Celsius ( $0,1 \times 10^{-6}$  y  $10,0 \times 10^{-6}$  pulgada/grados Fahrenheit) en todas las direcciones.

5 Los métodos de fabricación del relleno de espacios 202 y el larguero 200 de ejemplo descritos en el presente documento tienen una serie de ventajas. La orientación de fibra multidireccional y la distribución de fibra sustancialmente uniforme mantienen la geometría de la interfaz de radio (es decir, mantienen la forma del relleno de espacios 202). El material de fibra de carbono para el relleno de espacios 202 tiene propiedades compatibles con el larguero 200 y el revestimiento 208 para minimizar el esfuerzo térmico para minimizar la posibilidad de iniciación de grietas, minimizar la distorsión térmica del larguero durante el curado y reducir la relajación por fluencia o la deformación por fluencia en el relleno de espacios 10 202 cuando está en servicio. El relleno de espacios 202 de ejemplo se puede formar usando un proceso de moldeo o extrusión para una alta tasa de producción. El pequeño ángulo cónico del chafán 226, 228 reduce el momento/carga de desprendimiento del conjunto de largueros 200.

15 Además, el relleno de espacios de ejemplo 202 tiene coeficientes más pequeños (es decir, en comparación con un relleno de espacios laminado) de expansión térmica en todas las direcciones, incluida la dirección del grosor, para reducir el esfuerzo térmico generado debido al cambio de temperatura durante el procesamiento y el servicio. El relleno de espacios 202 de ejemplo también tiene una compresión y/o expansión de relleno reducida en el enfriamiento y/o calentamiento durante el procesamiento y el servicio, lo que evita la iniciación de grietas. El relleno de espacios 202 de ejemplo tiene un coeficiente moderado de expansión térmica para reducir el esfuerzo térmico que provoca el agrietamiento dentro del 20 relleno de espacios 202 y en la interfaz entre el relleno de espacios 202 y los segmentos de refuerzo 204, 206 y/o el revestimiento 208 para mejorar el desempeño estático y de fatiga. Una microestructura de distribución de fibra 3D dentro del relleno de espacios 202 de ejemplo permite la relajación del esfuerzo para evitar el desarrollo de grietas. El relleno de espacios 202 de ejemplo también evita que las capas se arruguen en el filete (por ejemplo, un radio de refuerzo) 234, 236 o el revestimiento 208 debajo al proporcionar soporte para el control de la dimensión del radio en las ubicaciones de los 25 espacios llenos durante el curado y el servicio para la calidad de la pieza. El relleno de espacios 202 de ejemplo minimiza las concentraciones de esfuerzo en el espacio 242 para mejorar la resistencia de una interfaz de refuerzo durante el uso. El relleno de espacios 202 de ejemplo también mejora la carga de extracción, lo que aumenta la fiabilidad estructural y hace que los paneles compuestos reforzados sean adecuados para un ala, un empenaje, un fuselaje y/o estructuras de 30 vigas de suelo.

La Figura 3 representa un proceso de fabricación de ejemplo 300 del relleno de espacios 202 descrito en este documento. El proceso de fabricación de ejemplo 300 de la Figura 3 utiliza un proceso de moldeo para formar de relleno de espacios de ejemplo 202. Durante una primera etapa 302, los copos de fibra cortada 304 se insertan en una cavidad 305 de un 35 molde 306 de modo que los copos de fibra 304 se distribuyan por todo el volumen de la cavidad 305 (por ejemplo, al azar, distribuidos uniformemente de manera que los copos de fibra 304 y, por lo tanto, las fibras individuales que forman los copos de fibra 304 están orientados en múltiples direcciones). Los copos de fibra 304 se pueden mezclar con la resina 308 antes de colocarlos en la cavidad 305 y/o la resina 308 se puede verter en el molde 306 después de insertar los copos de fibra 304 en la cavidad 305 del molde 306. La mezcla de fibra cortada (por ejemplo, la mezcla de los copos de fibra 304 y la resina 308) se puede insertar en el molde 306 con algo de sobrellenado (por ejemplo, 15% o menos de 40 sobrellenado). El relleno de espacios de ejemplo 202 se puede formar en el molde 306 usando un proceso de curado de primera etapa. El proceso de curado de la primera etapa puede incluir la aplicación de calor y presión a la mezcla de fibra picada utilizando una placa 310 y una fuente de calor. En algunos ejemplos, la fuente de calor puede estar integrada con la placa 310. El calor y la presión se pueden aplicar durante un período de tiempo suficiente para que la mezcla de fibra cortada se cure y forme el relleno de espacios de ejemplo 202. El relleno de espacios de ejemplo 202 se puede enfriar en 45 el molde 306.

En algunos ejemplos, durante la primera etapa 302, se aplica una bolsa de vacío durante aproximadamente 5 a 10 minutos para compactar el relleno de espacios 202 y extraer los vacíos de aire dentro del relleno de espacios 202. Después de compactar, el relleno de espacios 202 y el molde 306 se colocan en un horno, que se calienta a 250 grados durante 50 aproximadamente 10 a 15 minutos para completar un curado de primera etapa. Este ejemplo de curado de primera etapa puede curar hasta aproximadamente un 85% de reticulación para formar la forma inicial para el ajuste final en el espacio 242 del larguero 200. Después de la primera etapa de curado, el horno se enfría a temperatura ambiente.

55 Durante una segunda etapa 312, el relleno de espacios de ejemplo 202 puede retirarse del molde 306 después de que se haya formado y curado el relleno de espacios 202. El relleno de espacios 202 de ejemplo tiene una distribución de fibras sustancialmente uniforme (por ejemplo, la distribución de copos de fibra es tal que la distribución de las fibras es sustancialmente uniforme y las direcciones en las que se orientan las fibras individuales son aleatorias) en todo el volumen del relleno de espacios 202. El relleno de espacios 202 puede entonces insertarse en el espacio 242 del larguero 200 en una tercera etapa 314. 60

Después de insertar el relleno de espacios 202 en el hueco del larguero 200, los segmentos de refuerzo 204, 206 se acoplan al revestimiento 208 durante una etapa final 316 (por ejemplo, una cuarta etapa) para formar el conjunto de largueros 200. En algunos ejemplos, el conjunto de larguero 200 se cura utilizando un proceso de curado final. El proceso de curado final puede incluir aplicar presión y/o calor al conjunto de largueros de ejemplo 200. En algunos ejemplos, se 65 coloca una bolsa de vacío alrededor del conjunto de largueros 200 de ejemplo durante el proceso de curado final. En algunos ejemplos, el curado conjunto final con el larguero 200 y el revestimiento 208 se realiza en un autoclave a alta

presión y una temperatura de hasta 176,66°C (350 grados Fahrenheit). Después del proceso de curado final, el conjunto de largueros 200 se puede instalar, por ejemplo, en la aeronave de ejemplo 100.

5 La Figura 4 representa otro proceso de fabricación de ejemplo 400 del relleno de espacios 202 descrito en este documento. El proceso de fabricación de ejemplo 400 de la Figura 4 utiliza un proceso de extrusión para formar el ejemplo de relleno de espacios 202. Durante una primera etapa 402, se insertan copos de fibra cortada de ejemplo 404 en una tolva 406 de una extrusora 408. Los copos de fibra cortada 404 y la resina 410 de ejemplo se extruyen a través de un troquel 412 que se ha cortado para formar el relleno de espacios 202 que encaja dentro del espacio 242 del larguero 200. Durante el proceso de extrusión, se puede aplicar calor a la extrusora 408 y la mezcla de resina 410 y fibra cortada 404 que se extruye. Después de extruir la mezcla a través del troquel 412 para formar el relleno de espacios 202, el relleno de espacios 202 se puede enfriar durante una segunda etapa 414. El relleno de espacios 202 puede entonces insertarse en el espacio 242 del larguero 200 en una tercera etapa 416.

15 Después de insertar el relleno de espacios 202 en el espacio 242 del larguero 200, los segmentos de refuerzo 204, 206 se acoplan al revestimiento 208 durante una etapa final 418 (por ejemplo, una cuarta etapa) para formar el conjunto de largueros 200. En algunos ejemplos, el conjunto de larguero 200 se cura utilizando un proceso de curado final. El proceso de curado final puede incluir aplicar presión y/o calor al conjunto de largueros de ejemplo 200. En algunos ejemplos, se coloca una bolsa de vacío alrededor del conjunto de largueros 200 de ejemplo durante el proceso de curado final. En algunos ejemplos, el curado conjunto final con el larguero 200 y el revestimiento 208 se realiza en un autoclave a alta presión y una temperatura de hasta 176,66°C (350 grados Fahrenheit). Después del proceso de curado final, el conjunto de largueros 200 puede instalarse, por ejemplo, en la aeronave de ejemplo 100.

25 La Figura 5 representa otro proceso de fabricación de ejemplo 500 del relleno de espacios 202 descrito en este documento. El proceso de fabricación de ejemplo 500 de la Figura 5 es un proceso de troquel de rodillo automatizado. En una primera etapa 502, el proceso de ejemplo 500 utiliza una serie de rodillos 503, 504 para formar el relleno de espacios 202 en la forma deseada. También se puede aplicar calor cuando los rodillos 503, 504 forman el relleno de espacios 202. En el ejemplo ilustrado, las líneas discontinuas en la primera etapa 502 representan un lado opuesto del relleno de espacios 202 cuando el relleno de espacios 202 está formado por los rodillos. Una vista de la sección transversal 505 de los rodillos 503, 504 muestra la forma de la sección transversal del relleno de espacios 202, que corresponde a la forma de espacios 242 en el larguero 200. En el ejemplo ilustrado, para formar el relleno de espacios 202 en la forma que corresponde al espacio 242, se puede usar un rodillo superior 503 y dos rodillos inferiores 504 en cada conjunto de rodillos. Después de que se forma el relleno de espacios 202, el relleno de espacios 202 se puede enfriar durante una segunda etapa 506. El relleno de espacios 202 puede entonces insertarse en el espacio 242 del larguero 200 en una tercera etapa 508.

35 Después de insertar el relleno de espacios 202 en el espacio 242 del larguero 200, los segmentos de refuerzo 204, 206 se acoplan al revestimiento 208 durante una etapa final 510 (por ejemplo, una cuarta etapa) para formar el conjunto de largueros 200. En algunos ejemplos, el conjunto de larguero 200 se cura utilizando un proceso de curado final. El proceso de curado final puede incluir aplicar presión y/o calor al conjunto de largueros de ejemplo 200. En algunos ejemplos, se coloca una bolsa de vacío alrededor del conjunto de largueros 200 de ejemplo durante el proceso de curado final. En algunos ejemplos, el curado conjunto final con el larguero 200 y el revestimiento 208 se realiza en un autoclave a alta presión y una temperatura de hasta 176,66°C (350 grados Fahrenheit). Después del proceso de curado final, el conjunto de largueros 200 se puede instalar, por ejemplo, en la aeronave de ejemplo 100.

45 La Figura 6 representa un diagrama de flujo de ejemplo representativo de un método de ejemplo 600 de fabricación del relleno de espacios de ejemplo 202 de las Figuras 1 a 4. En algunos ejemplos, los bloques se pueden reorganizar o eliminar, o se pueden agregar bloques adicionales. El método de ejemplo 600 puede comenzar obteniendo una lámina de fibra de carbono (por ejemplo, una lámina preimpregnada) (bloque 602). Pueden crearse copos de fibra cortada 304 a partir de la lámina de fibra de carbono cortando la lámina en tiras y/o cuadrados (bloque 604). En algunos ejemplos, las tiras tienen 2,5 cm (1 pulgada) de ancho y los cuadrados son cuadrados de 2,5 cm (1 pulgada) (0,0006 metros cuadrados). Las tiras o cuadrados de ejemplo se pueden insertar luego en un aparato de formación (por ejemplo, el molde 306, la tolva 406 de la extrusora 408, o los rodillos 504, etc.) (bloque 606). En los ejemplos en los que los copos 304 pueden insertarse en el molde 306, los copos 304 pueden disponerse para crear una distribución aleatoria de copos de fibra 304 en todo el volumen del relleno de espacios 202. Los copos de fibra 304 se pueden mezclar con una resina 308 (por ejemplo, un epoxi) (bloque 608). En algunos ejemplos, los copos de fibra 304 se mezclan con la resina 308 antes de insertarlos en el aparato de formación (por ejemplo, el bloque 608 ocurre antes que el bloque 606). En el método de ejemplo ilustrado 600, el orden de ejecución de los bloques puede cambiarse y/o algunos de los bloques descritos pueden cambiarse, eliminarse o combinarse, en particular los bloques 602 a 608.

60 Después de insertar los copos de fibra 304 y la resina 308 en el aparato de formación, el aparato de formación usa una combinación de calor y presión para formar la mezcla de copos y resina de ejemplo en el relleno de espacios 202 (bloque 610). El relleno de espacios de ejemplo 202 se puede curar luego usando un proceso de curado de primera etapa (por ejemplo, usando una combinación de calor y presión) (bloque 612). Después de curar el relleno de espacios 202, se enfría (bloque 614). En algunos ejemplos, el relleno de espacios 202 puede permanecer en el aparato de formación durante el enfriamiento. En tales ejemplos, el relleno de espacios 202 se retira del aparato de formación después del enfriamiento (bloque 616). Si el relleno de espacios 202 no permanece en el aparato de formación durante el enfriamiento en el bloque 614, el relleno de espacios 202 puede retirarse antes del enfriamiento.

Después de curar y enfriar el relleno de espacios 202, el relleno de espacios de ejemplo 202 se inserta en el espacio 242 del larguero 200 (bloque 618). El relleno de espacios 202 y el larguero 200 están cubiertos por un revestimiento 208 (por ejemplo, un revestimiento de un fuselaje, un revestimiento de un ala), y se forma un conjunto de largueros 200 (bloque 620). El revestimiento de ejemplo 208 puede ser un revestimiento compuesto de fibra de carbono, que incluye materiales similares a los del relleno de espacios de ejemplo 202. El ensamblaje de largueros 200 de ejemplo se puede colocar en una bolsa de vacío y/o en un autoclave (bloque 622) y se puede curar utilizando un proceso de etapa final que incluye calor y presión (bloque 624). El bloque 622 se puede eliminar del método de ejemplo 600. El conjunto de largueros 200 de ejemplo se puede instalar entonces en la aeronave 100 (bloque 626). Alternativamente, el método de ejemplo 600 termina en el bloque 624.

Los rellenos de espacios de ejemplo 202 descritos en este documento se pueden producir utilizando procesos rápidos de moldeo o extrusión, lo que puede acortar el tiempo de construcción y preformar el relleno de espacios 202 en las formas apropiadas para ensamblarlo fácilmente con el larguero 200. Por lo tanto, el curado conjunto de los segmentos de refuerzo 204, 206 con el relleno de espacios 202 y el revestimiento 208 es más eficaz. El relleno de espacios de ejemplo y los procesos para fabricar el relleno de espacios de ejemplo pueden reducir el tiempo de ciclo (en comparación con un tiempo de ciclo de curado de co-unión típico) porque solo se necesita un curado final y los rellenos de espacios de ejemplo tienen una mayor tolerancia térmica. Además, los rellenos de espacios de ejemplo mejoran la calidad de la interfaz entre los segmentos de refuerzo y el revestimiento 208, lo que reduce los costes adicionales de tratamiento e instalación. La calidad de la interfaz se puede mejorar porque el material del relleno de espacios es similar al material de los segmentos de refuerzo y, por lo tanto, el relleno de espacios y los segmentos del refuerzo reaccionan de manera similar al calentamiento y al enfriamiento. El tiempo de inactividad asociado con la reparación en fábrica para el mantenimiento relacionado con los largueros compuestos se reduce debido a la sólida tolerancia térmica, la calidad y la confiabilidad del larguero.

El relleno de espacios 202 de ejemplo se crea usando microfibras cortadas o con micras o nanopartículas o copos. Las fibras refuerzan una resina termoestable, una resina termoplástica o un material compuesto de espuma que tiene un coeficiente de expansión térmica minimizado, una tenacidad razonable y un módulo de elasticidad similar o más blando (en comparación con los segmentos de refuerzo 204, 206). El relleno de espacios 202 se usa para rellenar los espacios entre los segmentos de refuerzo 204, 206 y el revestimiento 208 en las intersecciones de cambio de radio o curvatura.

El relleno de espacios 202 de ejemplo descrito aquí reduce los costes de desarrollo de herramientas y procesamiento porque el relleno de espacios se puede formar utilizando procesos automatizados para convertir rápidamente el relleno de espacios 202 en una forma designada para un ensamblaje rápido. El curado final utiliza un proceso de autoclave existente para curar el ensamblaje, lo que elimina herramientas adicionales y/o costosas y el desarrollo de procesos complejos. Además, la tolerancia térmica mejorada debido a las propiedades termomecánicas diseñadas del relleno de espacios puede minimizar la deformación y/o esfuerzo térmico causados por fallas en la interfaz y reducir los costos de ingeniería extensos relacionados con el desarrollo de varios laminados o uni-nodulares que son vulnerables al agrietamiento térmico y necesitan sujetadores de detención más grandes. El relleno de espacios 202 descrito aquí para los segmentos y revestimientos de refuerzo compuestos mejora la integridad de la interfaz y requiere menos soporte de integración de las estructuras de la interfaz. El relleno de espacios de ejemplo también permite el desarrollo de estructuras de interfaz eficientes, como lazos de corte, para ahorrar peso y mejorar el rendimiento del combustible.

El relleno de espacios de ejemplo también proporciona un tiempo de fabricación y mano de obra reducido debido a los procesos automatizados que pueden usarse para formar el relleno de espacios. Se pueden utilizar partes que tengan una mayor tolerancia térmica para reducir el tiempo de fabricación de los rellenos de espacios. El tratamiento de la superficie también se puede reducir debido a la tolerancia térmica mejorada y la calidad de la interfaz del relleno de espacios. Ya no es necesario recortar o ablandar el relleno de espacios del laminado, o sujetadores adicionales de detención de daños y refuerzo de radios, lo que reduce aún más el tiempo y los costes de fabricación.

A partir de lo anterior, se apreciará que se han descrito métodos, aparatos y artículos de fabricación de ejemplo que aumentan la resistencia de un larguero, por ejemplo, en una aeronave, al mismo tiempo que reducen el tiempo y los costes de fabricación. El aparato de ejemplo descrito en este documento se puede utilizar con largueros y revestimientos compuestos para evitar el agrietamiento de los largueros y/o los revestimientos debido a la expansión y contracción térmica.

La Figura 7 representa una primera configuración de ejemplo 700 de la segunda porción de ejemplo 214 del primer segmento de refuerzo de ejemplo 204 del larguero de ejemplo 200 de la Figura 2. La segunda parte de ejemplo 216 del segundo segmento de refuerzo de ejemplo 206 del larguero de ejemplo 200 de la Figura 2 también puede implementarse a través de una versión complementaria de la primera configuración 700 descrita en este documento. En la primera configuración 700 mostrada en la Figura 7, la segunda porción 214 del segmento de refuerzo 204 del larguero 200 incluye una primera superficie de ejemplo 702, una segunda superficie de ejemplo 704, el borde de ejemplo 230 de la Figura 2, y el chafán de ejemplo 226 de la Figura 2. La segunda superficie 704 está ubicada frente a la primera superficie 702 y debe acoplarse a una estructura compuesta de una aeronave, tal como el revestimiento de ejemplo 208 descrito anteriormente en relación con la Figura 2. El borde 230 se extiende desde la segunda superficie 704 hacia la primera superficie 702. La segunda porción 214 del segmento de refuerzo 204 tiene un grosor de ejemplo 706 de al menos 0,3 cm (0,10 pulgadas) a lo largo del borde 230. El chafán 226 se extiende desde la primera superficie 702 hasta el borde 230 en un ángulo de

ejemplo 708 entre doce y dieciocho grados con respecto a la primera superficie 702. En algunos ejemplos, el ángulo 708 es de aproximadamente quince grados.

En el ejemplo ilustrado de la Figura 7, la segunda superficie 704 de la segunda porción 214 del segmento de refuerzo 204 es paralela a la primera superficie 702 de la segunda porción 214 del segmento de refuerzo 204. En otros ejemplos, la primera superficie 702 se puede colocar y/o formar en un ángulo con respecto a la segunda superficie 704 que difiere del que se muestra en la Figura 7 de manera que la segunda superficie 704 no es paralela a la primera superficie 702. En el ejemplo ilustrado de la Figura 7, el borde 230 de la segunda porción 214 del segmento de refuerzo 204 es perpendicular a la segunda superficie 704 de la segunda porción 214 del segmento de refuerzo 204. En otros ejemplos, el borde 230 puede colocarse y/o formarse en un ángulo con respecto a la segunda superficie 704 que difiere del que se muestra en la Figura 7 de manera que el borde 230 no sea perpendicular a la segunda superficie 704.

En la primera configuración 700 mostrada en la Figura 7, la segunda porción 214 del segmento de refuerzo 204 del larguero 200 incluye y/o está formada por una pluralidad de capas de ejemplo 710 ubicadas entre la primera superficie 702 y la segunda superficie 704. Ocho de tales capas 710 se muestran en el ejemplo ilustrado de la Figura 7. En otros ejemplos, el número de capas 710 puede ser menor o mayor que ocho (por ejemplo, seis, diez, doce, dieciséis, etc.). Por ejemplo, el número de capas 710 puede determinarse con base en el grosor de las respectivas capas 710 en relación con el grosor deseado de la segunda porción 214 del segmento de refuerzo 204 del larguero 200. Como se describe adicionalmente a continuación en relación con la Figura 8, las respectivas de las capas 710 de la Figura 7 están dispuestas para proporcionar un ejemplo de extremo de capa escalonada 712.

En el ejemplo ilustrado de la Figura 7, las capas 710 incluyen una primera capa de ejemplo 714, una segunda capa de ejemplo 716, una tercera capa de ejemplo 718, una cuarta capa de ejemplo 720, una quinta capa de ejemplo 722, una sexta capa de ejemplo 724, una séptima capa de ejemplo 726 y una octava capa de ejemplo 728. La primera capa 714 forma la primera superficie 702 de la segunda porción 214 del segmento de refuerzo 204. La primera capa 714 también forma el chaflán 226 de la segunda porción 214 del segmento de refuerzo 204. La octava capa 728 forma la segunda superficie 704 de la segunda porción 214 del segmento de refuerzo 204. La séptima capa 726 y la octava capa 728 forman el borde 230 de la segunda porción 214 del segmento de refuerzo 204.

Como se discutió anteriormente, la segunda superficie 704 de la segunda porción 214 del segmento de refuerzo 204 de la Figura 7 debe acoplarse a una estructura compuesta de una aeronave (por ejemplo, el revestimiento 208 de la Figura 2). La finalización de dicho acoplamiento (por ejemplo, mediante unión, curado, etc.) permite que el ángulo 708, el grosor 706 y el extremo de la capa escalonada 712 de la segunda porción 214 del segmento de refuerzo 204 de la Figura 7 proporcione una mayor carga de extracción del segmento de refuerzo 204 en relación con la estructura compuesta, y además permite que el ángulo 708, el espesor 706 y el extremo escalonado 712 proporcionen un momento de desprendimiento reducido del segmento de refuerzo 204 en relación a la estructura compuesta. Por ejemplo, las pruebas de desprendimiento realizadas de acuerdo con la norma ASTM D4541 demuestran que configurar el ángulo 708 del chaflán 226 en aproximadamente quince grados proporciona una mayor carga de extracción del segmento de refuerzo 204 en relación con las respectivas cargas de extracción del segmento de refuerzo 204 asociado con la configuración alternativa del ángulo 708 del chaflán 226 en aproximadamente cuarenta y cinco grados o aproximadamente noventa grados (por ejemplo, una esquina cuadrada). Configurar el ángulo 708 del chaflán 226 en aproximadamente quince grados también proporciona una mayor resistencia a la tracción transversal del larguero a la estructura compuesta en relación con las respectivas resistencias a la tracción transversal asociadas con la configuración alternativa del ángulo 708 del chaflán 226 en aproximadamente cuarenta y cinco grados o aproximadamente noventa grados.

La Figura 8 representa un ejemplo de proceso de fabricación 800 asociado con la primera configuración de ejemplo 700 de la segunda porción de ejemplo 214 del segmento de refuerzo de ejemplo 204 de la Figura 7. Durante una primera etapa de ejemplo 802 del proceso de fabricación 800 de la Figura 8, el ángulo 708 del chaflán 226 aún no se ha formado y el segmento de refuerzo 204 aún no se ha curado. En la primera etapa 802, las respectivas capas 710 de la segunda porción 214 del segmento de refuerzo 204 son paralelas entre sí. Como se muestra en el ejemplo ilustrado de la primera etapa 802 de la Figura 8, las respectivas capas 710 tienen un grosor de capa de ejemplo 804. En el ejemplo ilustrado de la Figura 8, una o más de las capas 710 están lateralmente escalonadas con respecto a una o más capas sucesivas de las capas 710 por una distancia de escalonamiento de ejemplo 806.

Por ejemplo, como mostrado en la Figura 8, la primera capa 714, la séptima 726 y la octava capa 728 tienen generalmente la misma extensión lateral. La segunda capa 716 está escalonada lateralmente con respecto a la primera capa 714, la tercera capa 718 está escalonada lateralmente con respecto a la segunda capa 716, la cuarta capa 720 está escalonada lateralmente con respecto a la tercera capa 718, la quinta capa 722 está escalonada lateralmente con respecto a la a la cuarta capa 720, la sexta capa 724 está escalonada lateralmente con respecto a la quinta capa 722, y la séptima capa 726 está escalonada lateralmente con respecto a la sexta capa 724. Como se muestra además en la Figura 8, la extensión lateral de la segunda capa 716 es menor que la extensión lateral de la primera capa 714, la extensión lateral de la tercera capa 718 es menor que la extensión lateral de la segunda capa 716, la extensión lateral de la cuarta capa 720 es mayor que la extensión lateral de la tercera capa 718, la extensión lateral de la quinta capa 722 es mayor que la extensión lateral de la cuarta capa 720, la extensión lateral de la sexta capa 724 es mayor que la extensión lateral de la quinta capa 722, y la extensión lateral de la séptima capa 726 es mayor que la extensión lateral de la sexta capa 724 y sustancialmente igual a la extensión lateral de la octava capa 728.

5 Durante una segunda etapa de ejemplo 808 del proceso de fabricación 800 de la Figura 8, se forma el ángulo 708 del  
chaflán 226, y el segmento de refuerzo 204 se cura posteriormente. En algunos ejemplos, el segmento de refuerzo 204  
se cura en la segunda etapa 808 de la Figura 8 después de que se forme el ángulo 708 del chaflán 226, y antes de que  
la segunda superficie 704 del segmento de refuerzo 204 se acople a una estructura compuesta de una aeronave. En otros  
ejemplos, la segunda superficie 704 del segmento de refuerzo 204 está acoplada a una estructura compuesta de un avión  
10 en la segunda etapa 808 de la Figura 8 después de que se forme el ángulo 708 del chaflán 226, y el segmento de refuerzo  
204 se cura junto con la estructura compuesta en la segunda etapa 808 de la Figura 8. En algunos ejemplos, el proceso  
de fabricación 800 de la Figura 8 elimina ventajosamente las operaciones de recorte y/o sellado de bordes posteriores al  
curado que, de otro modo, podrían ser necesarias en el curso de la fabricación de un larguero tal como el larguero 200  
de ejemplo de la Figura 2.

15 La Figura 9 representa una segunda configuración de ejemplo 900 de la segunda porción de ejemplo 214 del primer  
segmento de refuerzo de ejemplo 204 del larguero de ejemplo 200 de la Figura 2. La segunda parte de ejemplo 216 del  
segundo segmento de refuerzo de ejemplo 206 del larguero de ejemplo 200 de la Figura 2 también puede implementarse  
a través de una versión complementaria de la segunda configuración 900 descrita en este documento. En la segunda  
configuración 900 mostrada en la Figura 9, la segunda porción 214 del segmento de refuerzo 204 del larguero 200 incluye  
una primera superficie de ejemplo 902, una segunda superficie de ejemplo 904, el borde de ejemplo 230 de la Figura 2, y  
20 el chaflán de ejemplo 226 de la Figura 2. La segunda superficie 904 está ubicada frente a la primera superficie 902 y debe  
acoplarse a una estructura compuesta de una aeronave, tal como el revestimiento de ejemplo 208 descrito anteriormente  
en relación con la Figura 2. El borde 230 se extiende desde la segunda superficie 904 hacia la primera superficie 902. La  
segunda porción 214 del segmento de refuerzo 204 tiene un grosor 906 de al menos 0,25 cm (0,10 pulgadas) a lo largo  
del borde 230. El chaflán 226 se extiende desde la primera superficie 902 hasta el borde 230 en un ángulo 908 entre doce  
y dieciocho grados con respecto a la primera superficie 902. En algunos ejemplos, el ángulo 908 es de aproximadamente  
25 quince grados.

30 En el ejemplo ilustrado de la Figura 9, la segunda superficie 904 de la segunda porción 214 del segmento de refuerzo 204  
es paralela a la primera superficie 902 de la segunda porción 214 del segmento de refuerzo 204. En otros ejemplos, la  
primera superficie 902 se puede colocar y/o formar en un ángulo con respecto a la segunda superficie 904 que difiere del  
que se muestra en la Figura 9 de manera que la segunda superficie 904 no es paralela a la primera superficie 902. En el  
ejemplo ilustrado de la Figura 9, el borde 230 de la segunda porción 214 del segmento de refuerzo 204 es perpendicular  
a la segunda superficie 904 de la segunda porción 214 del segmento de refuerzo 204. En otros ejemplos, el borde 230  
puede colocarse y/o formarse en un ángulo con respecto a la segunda superficie 904 que difiere del que se muestra en  
35 la Figura 9 de manera que el borde 230 no sea perpendicular a la segunda superficie 904.

40 En la segunda configuración 900 mostrada en la Figura 9, la segunda porción 214 del segmento de refuerzo 204 del  
larguero 200 incluye y/o está formada por una pluralidad de capas de ejemplo 910 ubicadas entre la primera superficie  
902 y la segunda superficie 904. Ocho de tales capas 910 se muestran en el ejemplo ilustrado de la Figura 9. En otros  
ejemplos, el número de capas 910 puede ser menor o mayor que ocho (por ejemplo, seis, diez, doce, dieciséis, etc.). Por  
ejemplo, el número de capas 910 puede determinarse con base en el grosor de las respectivas capas 910 en relación con  
el grosor deseado de la segunda porción 214 del segmento de refuerzo 204 del larguero 200. Como se describe  
adicionalmente a continuación en relación con la Figura 10, las respectivas de las capas 910 de la Figura 9 están  
dispuestas para proporcionar un ejemplo de extremo de capa escalonada 912.

45 En el ejemplo ilustrado de la Figura 9, las capas 910 incluyen una primera capa de ejemplo 914, una segunda capa de  
ejemplo 916, una tercera capa de ejemplo 918, una cuarta capa de ejemplo 920, una quinta capa de ejemplo 922, una  
sexta capa de ejemplo 924, una séptima capa de ejemplo 926 y una octava capa de ejemplo 928. La primera capa 914  
forma la primera superficie 902 de la segunda porción 214 del segmento de refuerzo 204. La primera capa 914 también  
forma el chaflán 226 de la segunda porción 214 del segmento de refuerzo 204. La octava capa 928 forma la segunda  
50 superficie 904 de la segunda porción 214 del segmento de refuerzo 204. La séptima capa 926 y la octava capa 928 forman  
el borde 230 de la segunda porción 214 del segmento de refuerzo 204.

55 Como se discutió anteriormente, la segunda superficie 904 de la segunda porción 214 del segmento de refuerzo 204 de  
la Figura 9 debe acoplarse a una estructura compuesta de una aeronave (por ejemplo, el revestimiento 208 de la Figura  
2). La finalización de dicho acoplamiento (por ejemplo, mediante unión, curado, etc.) permite que el ángulo 908, el grosor  
906 y el extremo de la capa escalonada 912 de la segunda porción 214 del segmento de refuerzo 204 de la Figura 9  
proporcione una mayor carga de extracción del segmento de refuerzo 204 en relación con la estructura compuesta, y  
además permite que el ángulo 908, el espesor 906 y el extremo escalonado 912 proporcionen un momento de  
desprendimiento reducido del segmento de refuerzo 204 en relación a la estructura compuesta. Por ejemplo, las pruebas  
60 de desprendimiento realizadas de acuerdo con la norma ASTM D4541 demuestran que configurar el ángulo 908 del  
chaflán 226 en aproximadamente quince grados proporciona una mayor carga de extracción del segmento de refuerzo  
204 en relación con las respectivas cargas de extracción del segmento de refuerzo 204 asociado con la configuración  
alternativa del ángulo 908 del chaflán 226 en aproximadamente cuarenta y cinco grados o aproximadamente noventa  
grados (por ejemplo, una esquina cuadrada). Configurar el ángulo 908 del chaflán 226 en aproximadamente quince grados  
65 también proporciona una mayor resistencia a la tracción transversal del larguero a la estructura compuesta en relación

con las respectivas resistencias a la tracción transversal asociadas con la configuración alternativa del ángulo 908 del chaflán 226 en aproximadamente cuarenta y cinco grados o aproximadamente noventa grados.

5 La Figura 10 representa un proceso de fabricación de ejemplo 1000 asociado con la segunda configuración de ejemplo 900 de la segunda porción de ejemplo 214 del segmento de refuerzo de ejemplo 204 de la Figura 9. Durante una primera etapa de ejemplo 1002 del proceso de fabricación 1000 de la Figura 10, el ángulo 908 del chaflán 226 aún no se ha formado y el segmento de refuerzo 204 aún no se ha curado. En la primera etapa 1002, las respectivas capas 910 de la segunda porción 214 del segmento de refuerzo 204 son paralelas entre sí. Como se muestra en el ejemplo ilustrado de la primera etapa 1002 de la Figura 10, las respectivas capas 910 tienen un grosor de capa de ejemplo 1004. En el ejemplo 10 ilustrado de la Figura 10, una o más de las capas 910 están lateralmente escalonadas con respecto a una o más capas sucesivas de las capas 910 por una distancia de escalonamiento de ejemplo 1006.

15 Por ejemplo, como mostrado en la Figura 10, la primera capa 914, la séptima 926 y la octava capa 928 tienen generalmente la misma extensión lateral. La segunda capa 916 está escalonada lateralmente con respecto a la primera capa 914, la tercera capa 918 está escalonada lateralmente con respecto a la segunda capa 916, la cuarta capa 920 está escalonada lateralmente con respecto a la tercera capa 918, la quinta capa 922 está escalonada lateralmente con respecto a la cuarta capa 920, la sexta capa 924 está escalonada lateralmente con respecto a la quinta capa 922, y la séptima capa 926 está escalonada lateralmente con respecto a la sexta capa 924. Como se muestra además en la Figura 10, la extensión lateral de la segunda capa 916 es menor que la extensión lateral de la primera capa 914, la extensión lateral de la tercera capa 918 es menor que la extensión lateral de la segunda capa 916, la extensión lateral de la cuarta capa 920 es menor que la extensión lateral de la tercera capa 918, la extensión lateral de la quinta capa 922 es menor que la extensión lateral de la cuarta capa 920, la extensión lateral de la sexta capa 924 es menor que la extensión lateral de la quinta capa 922, y la extensión lateral de la séptima capa 926 es mayor que la extensión lateral de la sexta capa 924 y sustancialmente igual a la extensión lateral de la octava capa 928.

25 Durante una segunda etapa de ejemplo 1008 del proceso de fabricación 1000 de la Figura 10, se forma el ángulo 908 del chaflán 226, y el segmento de refuerzo 204 se cura posteriormente. En algunos ejemplos, el segmento de refuerzo 204 se cura en la segunda etapa 1008 de la Figura 10 después de que se forme el ángulo 908 del chaflán 226, y antes de que la segunda superficie 904 del segmento de refuerzo 204 se acople a una estructura compuesta de una aeronave. En otros ejemplos, la segunda superficie 904 del segmento de refuerzo 204 está acoplada a una estructura compuesta de un avión en la segunda etapa 1008 de la Figura 10 después de que se forme el ángulo 908 del chaflán 226, y el segmento de refuerzo 204 se cura junto con la estructura compuesta en la segunda etapa 1008 de la Figura 10. En algunos ejemplos, el proceso de fabricación 1000 de la Figura 10 elimina ventajosamente las operaciones de recorte y/o sellado de bordes posteriores al curado que, de otro modo, podrían ser necesarias en el curso de la fabricación de un larguero tal como el larguero 200 de ejemplo de la Figura 2.

35 A partir de lo anterior, se apreciará que los paneles compuestos reforzados con largueros descritos proporcionan numerosos beneficios de desempeño. Por ejemplo, los paneles compuestos reforzados con largueros descritos proporcionan una mayor carga de extracción, un momento de desprendimiento reducido y una mayor resistencia a la tracción transversal entre el larguero y la estructura compuesta en relación con los paneles compuestos reforzados con largueros que tienen largueros que carecen del ángulo de chaflán y parámetros de altura del borde descritos anteriormente, y/o el extremo de capa escalonada descrito anteriormente.

40 De acuerdo con la reivindicación 1 de esta patente Europea, se describe un larguero. El larguero comprende una primera superficie, una segunda superficie, un borde y un chaflán. La segunda superficie está situada opuesta a la primera superficie y debe acoplarse a una estructura compuesta de una aeronave. El borde se extiende desde la segunda superficie hacia la primera superficie. El chaflán se extiende desde la primera superficie hasta el borde en un ángulo de entre doce y dieciocho grados con respecto a la primera superficie.

45 En algunos ejemplos divulgados, el ángulo es de aproximadamente quince grados. En algunos ejemplos divulgados, la segunda superficie es paralela a la primera superficie y el borde es perpendicular a la segunda superficie. El larguero tiene un grosor de al menos 0,25 cm (0,10 pulgadas) a lo largo del borde. En algunos ejemplos descritos, el larguero comprende además una pluralidad de capas situadas entre la primera superficie y la segunda superficie. En algunos ejemplos descritos, las capas respectivas están dispuestas para proporcionar un extremo de capa escalonada.

50 En algunos ejemplos divulgados, el larguero comprende además un segmento de refuerzo. En algunos ejemplos divulgados, el segmento de refuerzo incluye la primera superficie, la segunda superficie, el borde y el chaflán. En algunos ejemplos divulgados, la segunda superficie es paralela a la primera superficie, el borde es perpendicular a la segunda superficie. El segmento de refuerzo tiene un grosor de al menos 0,25 cm (0,10 pulgadas) a lo largo del borde y, en algunos ejemplos descritos, el segmento de refuerzo tiene un extremo de capa escalonada.

55 En algunos ejemplos, se describe un aparato. En algunos ejemplos divulgados, el aparato comprende una estructura compuesta de una aeronave y un larguero acoplado a la estructura compuesta. El larguero comprende una primera superficie, una segunda superficie, un borde y un chaflán. La segunda superficie está situada opuesta a la primera superficie y está acoplada a la estructura compuesta. El borde se extiende desde la segunda superficie hacia la primera

superficie. El chaflán se extiende desde la primera superficie hasta el borde en un ángulo de entre doce y dieciocho grados con respecto a la primera superficie.

- 5 En algunos ejemplos divulgados, el ángulo es de aproximadamente quince grados. En algunos ejemplos divulgados, la segunda superficie es paralela a la primera superficie y el borde es perpendicular a la segunda superficie. El larguero tiene un grosor de al menos 0,25 cm (0,10 pulgadas) a lo largo del borde. En algunos ejemplos descritos, el larguero comprende además una pluralidad de capas situadas entre la primera superficie y la segunda superficie. En algunos ejemplos descritos, las capas respectivas están dispuestas para proporcionar un extremo de capa escalonada.
- 10 En algunos ejemplos divulgados, el larguero comprende además un segmento de refuerzo. En algunos ejemplos divulgados, el segmento de refuerzo incluye la primera superficie, la segunda superficie, el borde y el chaflán. En algunos ejemplos divulgados, la segunda superficie es paralela a la primera superficie, el borde es perpendicular a la segunda superficie. El segmento de refuerzo tiene un grosor de al menos 0,25 cm (0,10 pulgadas) a lo largo del borde y, en algunos ejemplos descritos, el segmento de refuerzo tiene un extremo de capa escalonada. En algunos ejemplos descritos, el ángulo, el grosor y el extremo de la capa escalonada están configurados para aumentar la carga de tracción del segmento de refuerzo en relación con la estructura compuesta. En algunos ejemplos divulgados, el ángulo, el grosor y el extremo de la capa escalonada están configurados para reducir el momento de desprendimiento del segmento de refuerzo en relación con la estructura compuesta.
- 15
- 20 Según la reivindicación 12 de esta patente europea, se describe un método. El método comprende acoplar un larguero a una estructura compuesta de una aeronave. El larguero incluye una primera superficie, una segunda superficie, un borde y un chaflán. La segunda superficie está situada opuesta a la primera superficie y debe acoplarse a la estructura compuesta. El borde se extiende desde la segunda superficie hacia la primera superficie. El chaflán se extiende desde la primera superficie hasta el borde en un ángulo de entre doce y dieciocho grados con respecto a la primera superficie.
- 25 En algunos ejemplos divulgados, el método comprende además formar el chaflán. En algunos ejemplos descritos, el método comprende además curar el larguero posterior a la formación del chaflán y antes de que el larguero se acople a la estructura compuesta. En otros ejemplos descritos, el método comprende además co-curar el larguero y la estructura compuesta después de que se forme el chaflán y después de que el larguero se acople a la estructura compuesta.
- 30 El larguero tiene un grosor de al menos 0,25 cm (0,10 pulgadas) a lo largo del borde, y en algunos ejemplos descritos el larguero incluye además una pluralidad de capas situadas entre la primera superficie y la segunda superficie. En algunos ejemplos descritos, las capas respectivas están dispuestas para proporcionar un extremo de capa escalonada.
- 35 Aunque en el presente documento se han descrito ciertos ejemplos de métodos, aparatos y artículos de fabricación, el alcance de la cobertura de esta patente no se limita a ellos. Por el contrario, esta patente cubre todos los métodos, aparatos y artículos de fabricación que caen dentro del alcance de las reivindicaciones de esta patente.

## REIVINDICACIONES

1. Un larguero (200) que comprende:
- 5 una primera superficie (702, 902);  
 una segunda superficie (704, 904) situada opuesta a la primera superficie, siendo acoplada la segunda superficie a una estructura compuesta (208) de una aeronave (100);  
 un borde (230) que se extiende desde la segunda superficie hacia la primera superficie; y  
 un chaflán (226) que se extiende desde la primera superficie hasta el borde en un ángulo (708, 908) con respecto a la  
 10 primera superficie,  
 caracterizado porque el ángulo (708, 908) está entre doce y dieciocho grados, y el larguero tiene un grosor (706, 906) de al menos 0,25 cm (0,10 pulgadas) a lo largo del borde.
2. El larguero de acuerdo con la reivindicación 1, donde el ángulo es de aproximadamente quince grados.
3. El larguero de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, que comprende además una pluralidad de capas (710, 910) ubicadas entre la primera superficie y la segunda superficie, estando dispuestas las respectivas capas para proporcionar un extremo de capa escalonada (712, 912).
- 20 4. El larguero de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además un segmento de refuerzo (204), incluyendo el segmento de refuerzo la primera superficie, la segunda superficie, el borde y el chaflán.
5. El larguero de acuerdo con la reivindicación 4, donde la segunda superficie es paralela a la primera superficie, el borde es perpendicular a la segunda superficie, el segmento de refuerzo tiene un grosor (706, 906) de al menos 0,25 cm (0,10 pulgadas) a lo largo del borde, y el segmento de refuerzo tiene un extremo de capa escalonada (712, 912).
- 25 6. Un aparato que comprende:
- una estructura compuesta (208) de una aeronave (100);  
 un larguero de acuerdo con la reivindicación 1 acoplado a la estructura compuesta; donde  
 30 la segunda superficie (704, 904) del larguero se acopla a la estructura compuesta.
7. El aparato de acuerdo con la reivindicación 6, donde el ángulo es de aproximadamente quince grados.
- 35 8. El aparato de acuerdo con la reivindicación 6 ó 7, donde la segunda superficie es paralela a la primera superficie y el borde es perpendicular a la segunda superficie.
9. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, donde el larguero comprende además una pluralidad de capas (710, 910) ubicadas entre la primera superficie y la segunda superficie, estando dispuestas las respectivas capas para proporcionar un extremo de capa escalonada (712, 912).
- 40 10. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, donde el larguero comprende además un segmento de refuerzo (204), incluyendo el segmento de refuerzo la primera superficie, la segunda superficie, el borde y el chaflán.
- 45 11. El aparato de acuerdo con la reivindicación 10, donde la segunda superficie es paralela a la primera superficie, el borde es perpendicular a la segunda superficie, el segmento de refuerzo tiene un grosor (706, 906) de al menos 0,25 cm (0,10 pulgadas) a lo largo del borde, y el segmento de refuerzo tiene un extremo de capa escalonada (712, 912).
- 50 12. Un método que comprende acoplar un larguero (200) a una estructura compuesta (208) de una aeronave (100), el larguero incluye:
- una primera superficie (702, 902);  
 una segunda superficie (704, 904) situada opuesta a la primera superficie, siendo acoplada la segunda superficie a la estructura compuesta;  
 55 un borde (230) que se extiende desde la segunda superficie hacia la primera superficie; y  
 un chaflán (226) que se extiende desde la primera superficie hasta el borde en un ángulo (708, 908) con respecto a la primera superficie, caracterizado porque el ángulo (708, 908) está entre doce y dieciocho grados, y el larguero tiene un grosor (706, 906) de al menos 0,25 cm (0,10 pulgadas) a lo largo del borde.
- 60 13. El método de acuerdo con la reivindicación 12, donde el larguero incluye además una pluralidad de capas (710, 910) situadas entre la primera superficie y la segunda superficie, estando dispuestas las respectivas capas para proporcionar un extremo de capa escalonada.
- 65 14. El método de acuerdo con la reivindicación 12 o 13, que comprende, además:  
 formar el chaflán; y

curar el larguero posterior a la formación del chaflán y antes de acoplar el larguero a la estructura compuesta.

15. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, que comprende, además:

- 5 formar el chaflán; y
- co-curar el larguero y la estructura compuesta posterior a que se forme el chaflán y posterior a que el larguero se acople a la estructura compuesta.

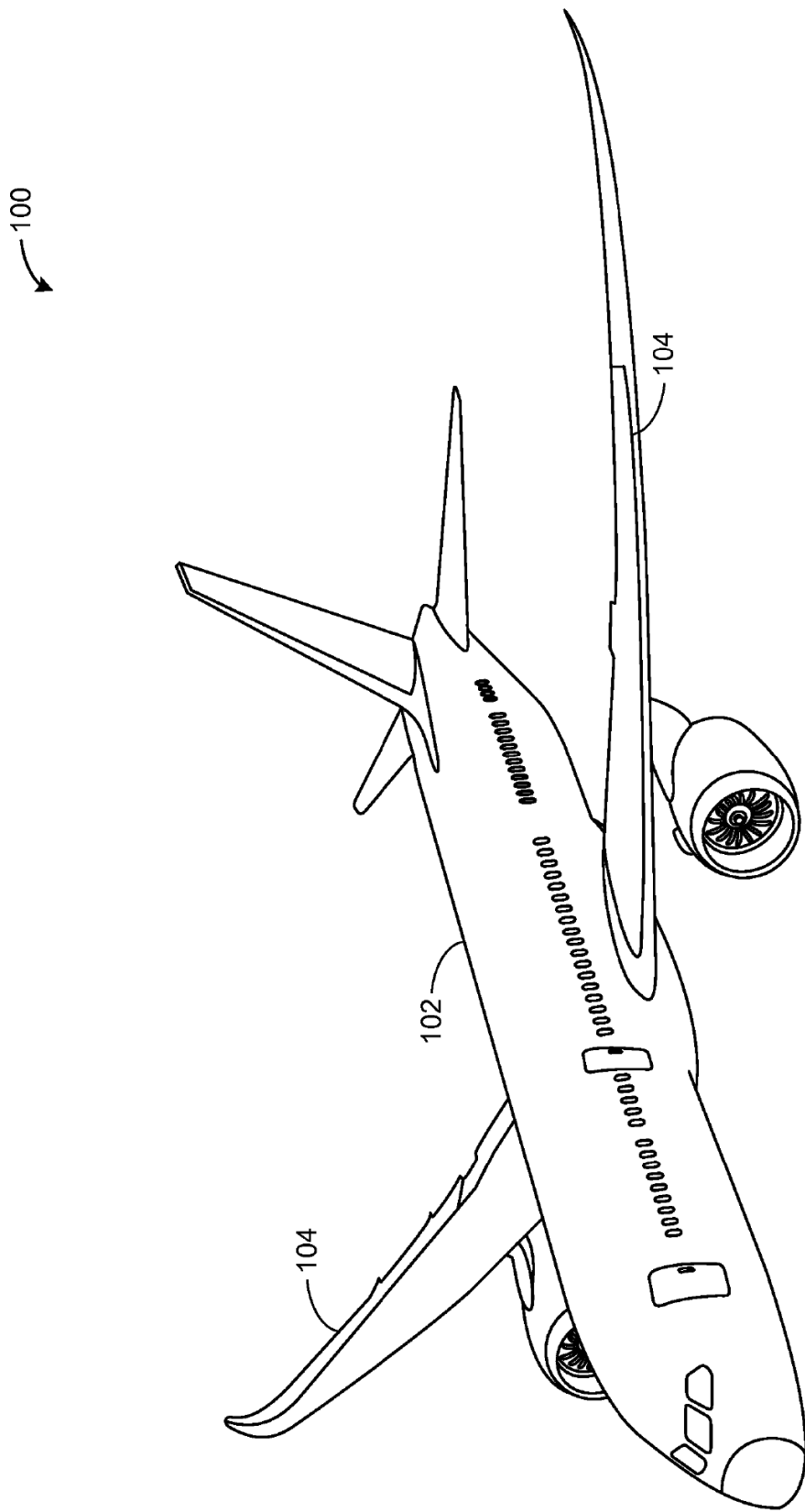


FIG. 1

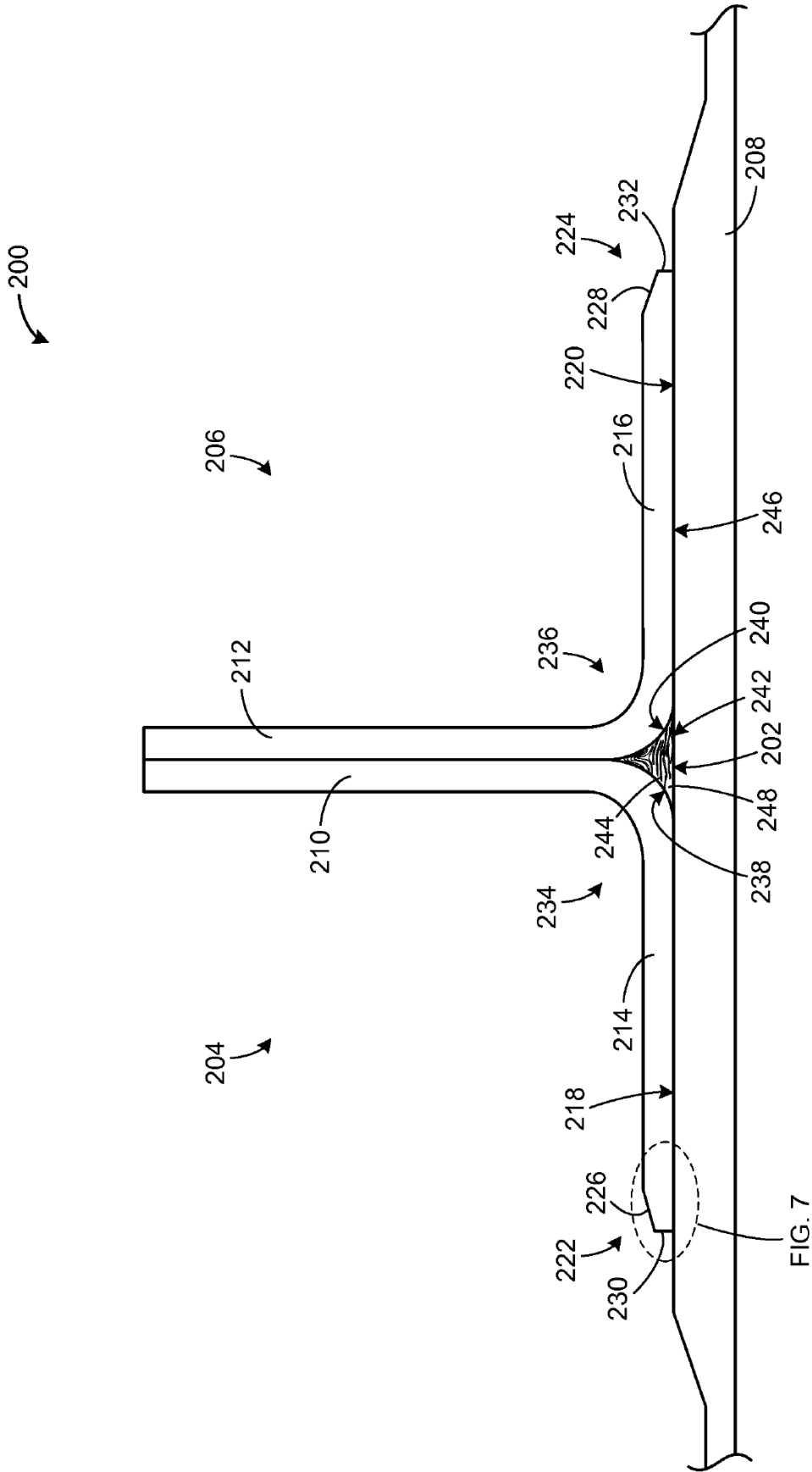


FIG. 2

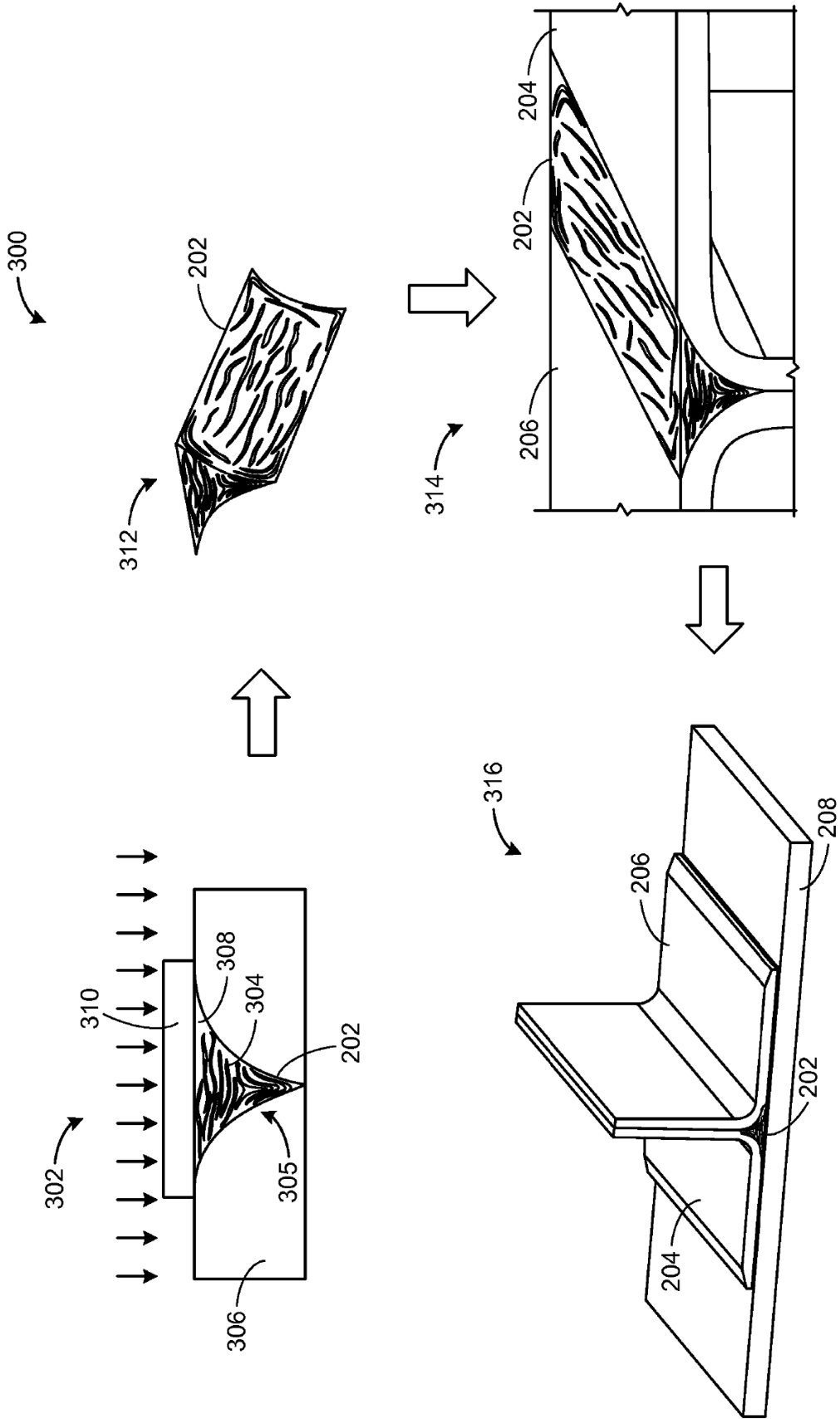


FIG. 3

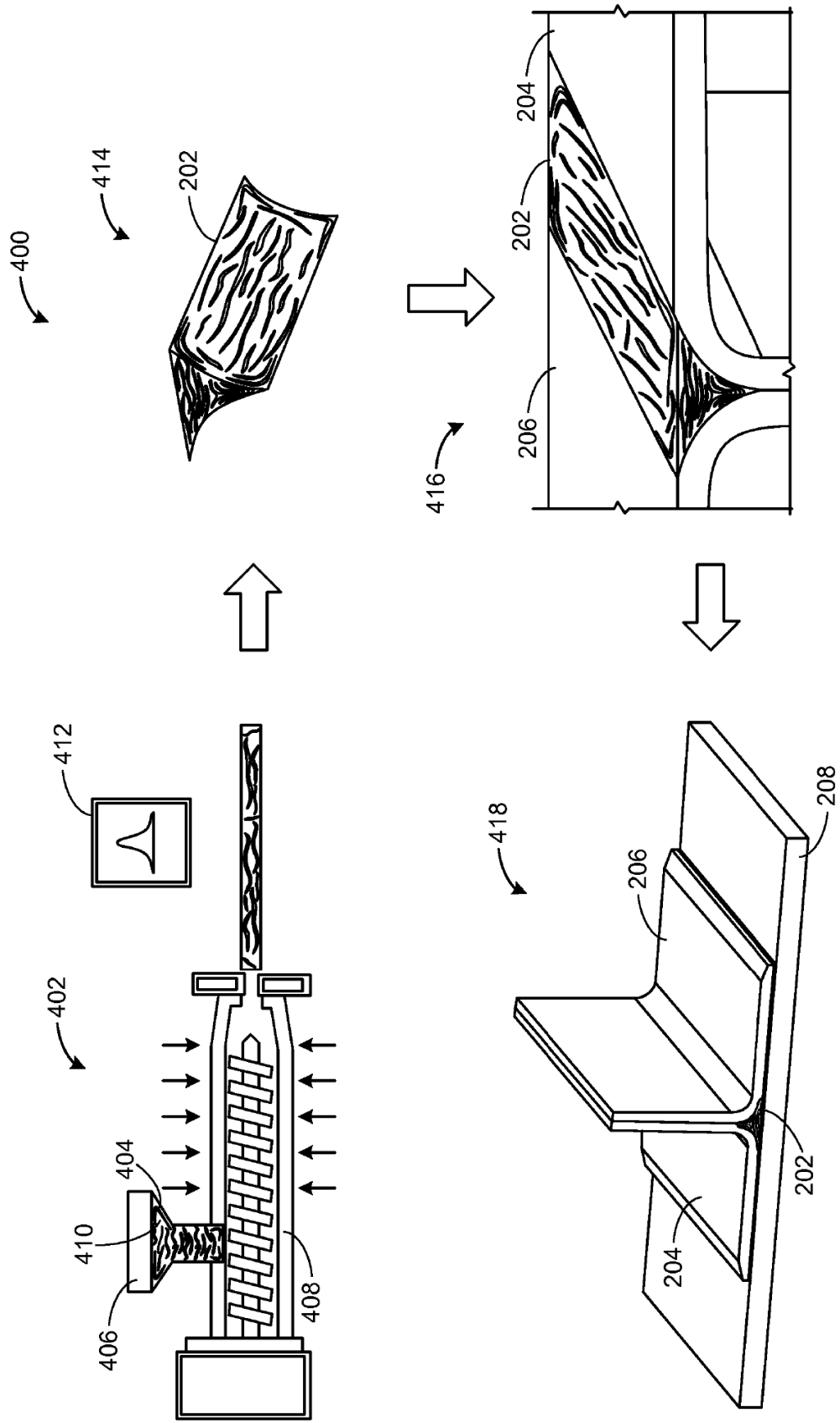


FIG. 4

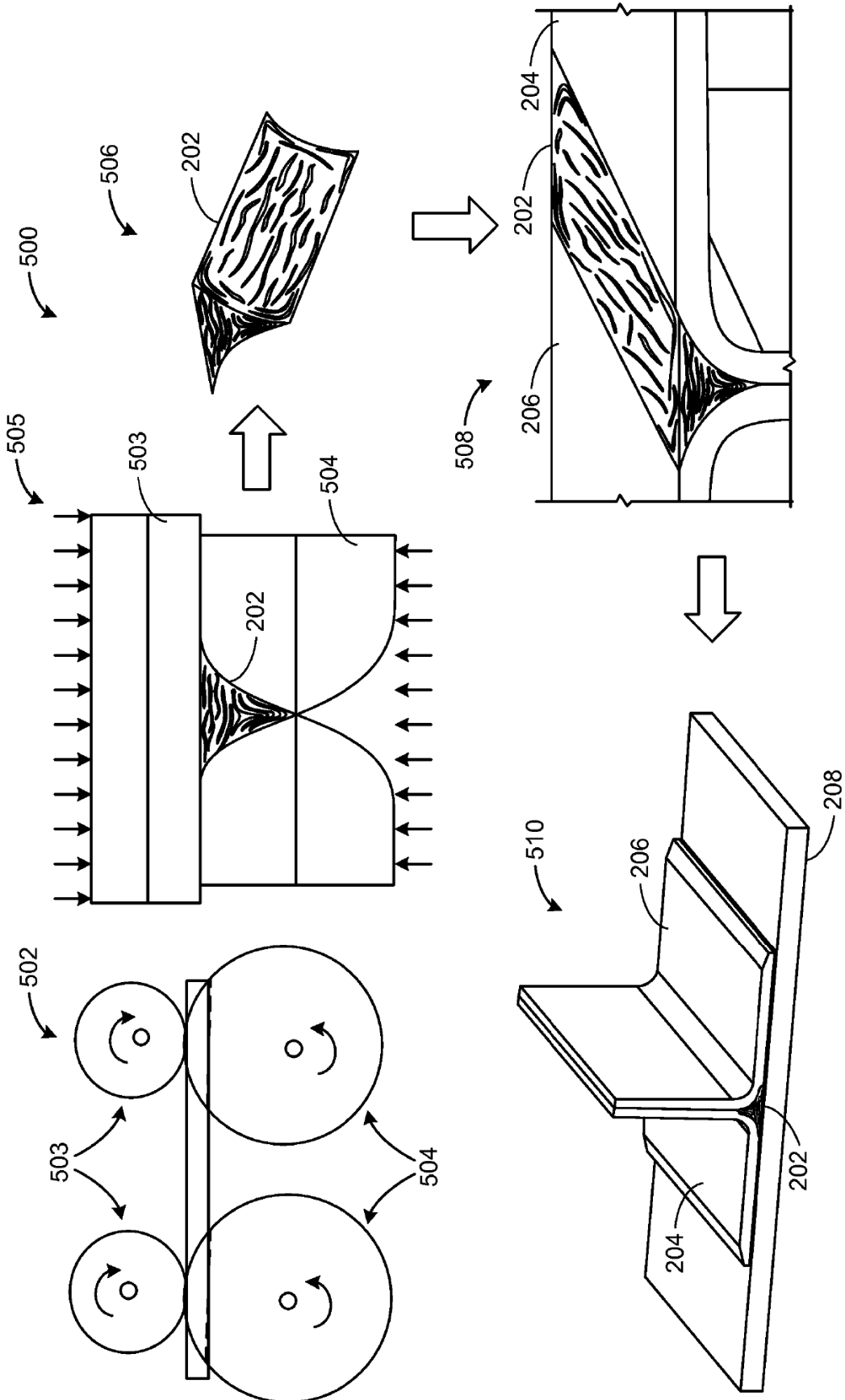


FIG. 5

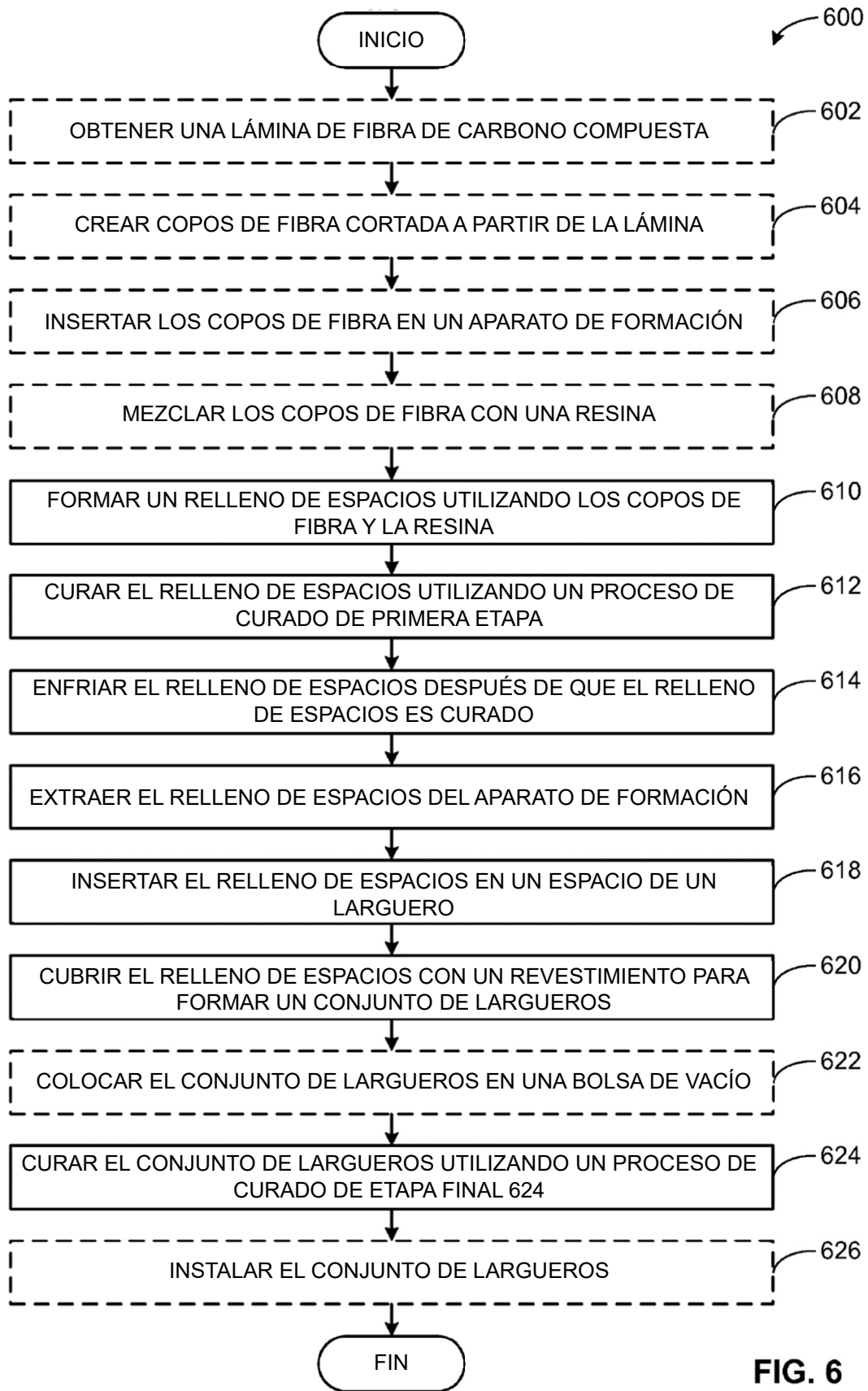
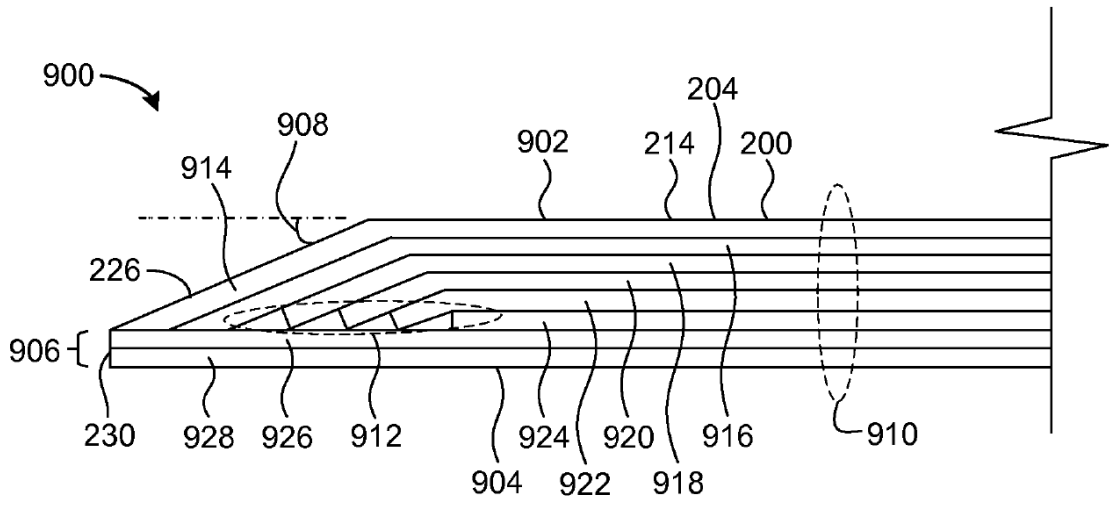
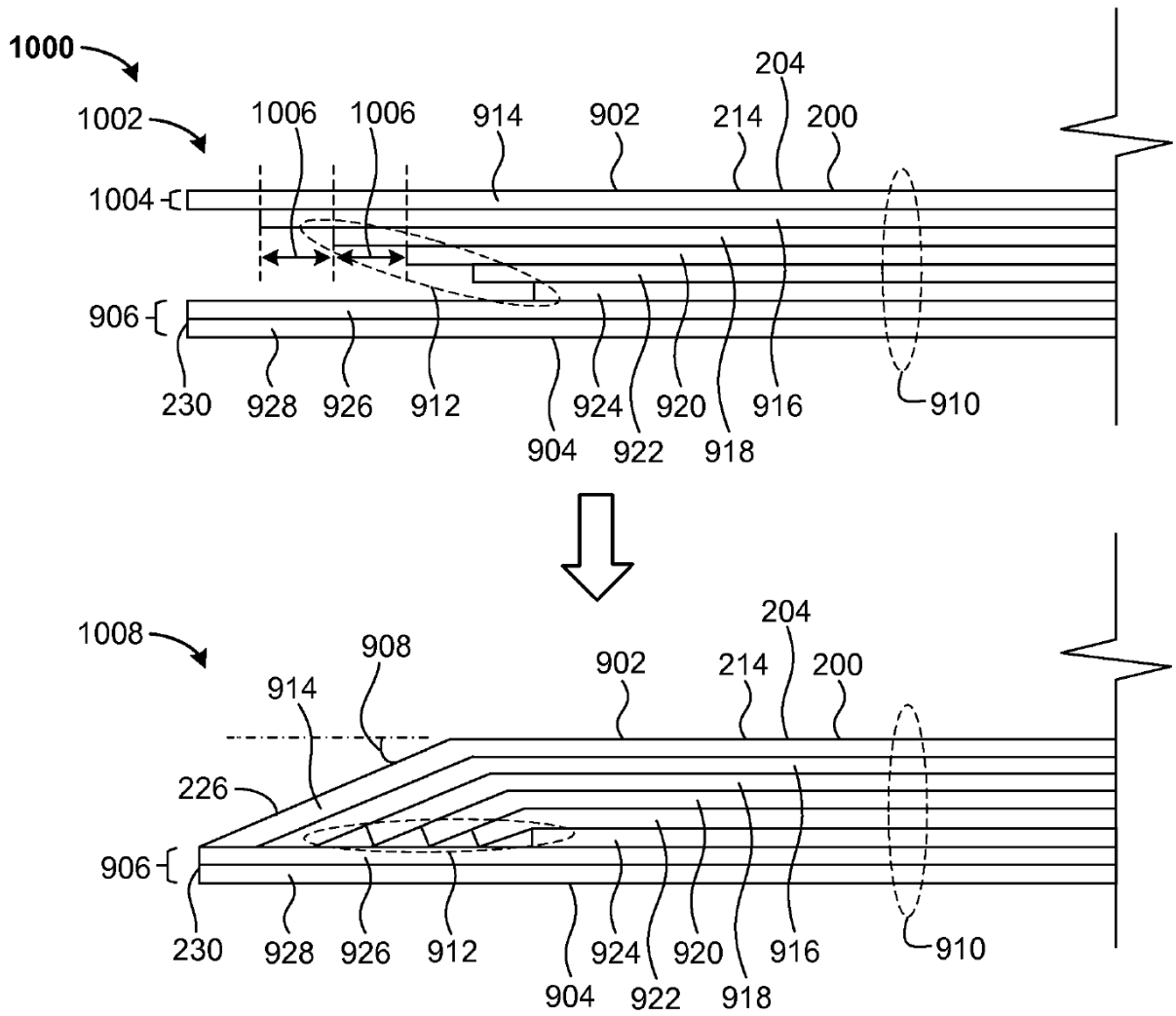


FIG. 6





**FIG. 9**



**FIG. 10**