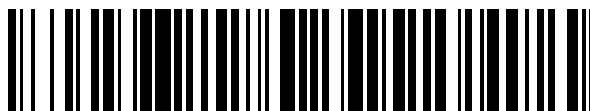


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 793 300**

51 Int. Cl.:

B29C 35/02 (2006.01)

B29C 70/30 (2006.01)

B29C 65/50 (2006.01)

B64C 3/26 (2006.01)

B29C 65/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.02.2016** **E 16156646 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2020** **EP 3078471**

54 Título: **Proceso de cocurado para la unión de estructuras de material compuesto**

30 Prioridad:

04.03.2015 US 201514639112

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

13.11.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

HUMFELD, KEITH D. y
NELSON, KARL M.

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 793 300 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

Proceso de cocurado para la unión de estructuras de material compuesto

Campo técnico

5 La presente descripción se refiere en general a la fabricación de estructuras de material compuesto y, más particularmente, a los métodos de ensamblaje de estructuras de material compuesto.

Antecedentes

10 Los métodos tradicionales de fabricación de estructuras de material compuesto incluyen el ensamblaje de componentes de material compuesto curados utilizando pernos o adhesivos. El uso de pernos requiere un equipo de perforación especial para formar agujeros para pernos en los componentes de material compuesto a unir. Además, el proceso de instalación de pernos individuales en una pluralidad de agujeros para pernos es un proceso lento y laborioso. Además, la pluralidad de pernos en un ensamblaje estructural agrega peso, lo que resta valor a la capacidad de rendimiento de las estructuras sensibles al peso, tales como aeronaves.

15 El ensamblaje de una estructura de material compuesto mediante la unión de componentes de material compuesto usando adhesivo puede limitar el uso de la estructura a aplicaciones que no son necesarias para transportar cargas primarias. Las técnicas de ensamblaje que se basan en pernos y/o adhesivos pueden requerir el posicionamiento de las superficies de acoplamiento (por ejemplo, de contacto) de los componentes individuales dentro de tolerancias geométricas relativamente estrechas. El requisito de tolerancias geométricas estrechas aumenta el costo de fabricación y añade tiempo de fabricación.

20 La formación de estructuras de material compuesto que son relativamente grandes y/o que tienen geometrías complejas puede presentar desafíos adicionales. Por ejemplo, el proceso tradicional de curar una capa para una estructura de material compuesto grande puede requerir la disponibilidad de un autoclave grande para aplicar calor y presión de manera uniforme. Desafortunadamente, los autoclaves grandes tienen altos costos iniciales de construcción y altos costos de operación y mantenimiento, y pueden presentar limitaciones en la producción de piezas de material compuesto a una alta tasa de producción. Las estructuras de material compuesto que tienen una geometría compleja tradicionalmente requieren la colocación y el curado por separado de componentes individuales, y luego la fijación y/o unión adhesiva de los componentes entre sí, con los inconvenientes asociados mencionados anteriormente.

Como se puede observar, existe una necesidad en la técnica de un método para fabricar una estructura de material compuesto que limite o evite el uso de pernos y adhesivos, y que permita la fabricación de piezas de material compuesto que sean relativamente grandes y/o que tengan geometrías complejas.

30 El documento EP2808157A1 divulga un método para formar una pala de turbina eólica que incluye formar un segmento interno de una superficie de sustentación, dejando una porción de un tejido interno que se extiende desde el segmento interno; formar un segmento externo de la superficie de sustentación, dejando una porción de un tejido externo que se extiende desde el segmento externo; superponer la porción que se extiende del tejido interno con la porción que se extiende del tejido externo; infundir las porciones extendidas superpuestas con resina adicional; y curar la resina adicional para formar una superficie de sustentación monolítica.

El documento WO2009153271A1 divulga un método para fabricar un componente que comprende al menos una capa que tiene un material compuesto reforzado con fibra que absorbe microondas, en el que una pluralidad de componentes se coloca uno con respecto al otro de manera que una segunda sección de superficie forme al menos un área superpuesta al menos parcialmente, y luego tratar al menos el área superpuesta con microondas.

40 Resumen

Las necesidades mencionadas anteriormente asociadas con la fabricación de estructuras de material compuesto se abordan específicamente y se mitigan mediante la presente descripción que proporciona un método para fabricar un ensamblaje de material compuesto cocurando integralmente secciones no curadas de dos o más laminados de material compuesto. El método incluye proporcionar un primer laminado y un segundo laminado, respectivamente, 45 formados por una primera y una segunda capas de material compuesto y que tienen una primera y segunda sección curadas y una primera y una segunda sección no curadas respectivas. El método incluye además entrelazar las primeras capas de material compuesto en la primera sección no curada con las segundas capas de material compuesto en la segunda sección no curada para formar una región interfacial. El método puede incluir adicionalmente la inserción de un separador de capas entre al menos un par de primeras capas de material compuesto y/o entre al menos un par 50 de segundas capas de material compuesto y al menos parcialmente la región interfacial para unir el primer laminado al segundo laminado y formar un ensamblaje de material compuesto unificado.

En una realización adicional, se divulga un método para fabricar un ensamblaje de material compuesto que incluye disponer una pluralidad de primeras capas de material compuesto para formar una primera disposición, y disponer una pluralidad de segundas capas de material compuesto para formar una segunda disposición. El método puede 55 incluir adicionalmente curar la primera y segunda disposición de una manera que forme un primero y segundo

laminados respectivos, cada uno con una primera y segunda sección curadas respectivas y una primera y segunda sección no curadas respectivas. El método puede incluir además intercalar las primeras capas de material compuesto en la primera sección no curada con las segundas capas de material compuesto en la segunda sección no curada para formar una región interfacial. El método también puede incluir curar la región interfacial para unir el primer laminado al segundo laminado y formar un ensamblaje de material compuesto unificado.

En otra realización adicional, se divulga un método para fabricar un ensamblaje de material compuesto que incluye la disposición de una pluralidad de primeras capas de material compuesto y una pluralidad de segundas capas de material compuesto para formar respectivamente una primera disposición y una segunda disposición. El método puede incluir adicionalmente un curado para curar por completo una primera sección no curada y una segunda sección no curada de la respectiva primera y segunda disposición. El método también puede incluir curar parcialmente hasta aproximadamente el 5 por ciento de una primera sección no curada y una segunda sección no curada de la respectiva primera y segunda disposición. Además, el método puede incluir intercalar al menos una de las primeras capas de material compuesto en la primera sección no curada entre un par de segundas capas de material compuesto en la segunda sección no curada para formar una región interfacial. El método puede incluir además curar la región interfacial para unir el primer laminado al segundo laminado y formar un ensamblaje de material compuesto unificado. El método de acuerdo con la descripción se define en la reivindicación 1. Las realizaciones preferidas se definen en las reivindicaciones dependientes 2 a 14.

Las características, funciones y ventajas que se han discutido se pueden lograr de forma independiente en diversas realizaciones de la presente descripción o se pueden combinar en otras realizaciones más, cuyos detalles adicionales se pueden observar con referencia a la siguiente descripción y dibujos a continuación.

Breve descripción de los dibujos

Estas y otras características de la presente descripción serán más evidentes con referencia a los dibujos en los que números similares se refieren a partes similares en todas partes y en los que:

La Figura 1 es una representación esquemática de una vista en perspectiva de una aeronave;

La Figura 2 es una representación esquemática de un tanque de combustible fabricado de material compuesto utilizando el método divulgado en este documento;

La Figura 3 es una representación esquemática de un estabilizador horizontal fabricado de material compuesto usando el método divulgado en este documento;

La Figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra una o más operaciones que pueden incluirse en un método de fabricación de un ensamblaje de material compuesto que muestra: (402) la disposición de una pluralidad de primeras capas de material compuesto para formar una primera disposición; (404) la disposición de una pluralidad de segundas capas de material compuesto para formar una segunda disposición; (406) el curado de la primera y segunda disposición de una manera que forme un primer y un segundo laminados respectivos, teniendo cada uno una primera y una segunda sección curada respectivamente y una primera y una segunda sección no curada respectiva; (408) la intercalación de las primeras capas de material compuesto en la primera sección no curada con las segundas capas de material compuesto en la segunda sección no curada para formar una región interfacial; y (410) el curado de la región interfacial para unir el primer laminado al segundo laminado y formar un ensamblaje de material compuesto unificado;

La Figura 5 es una representación esquemática de una vista superior de un primer laminado y un segundo laminado, cada uno de los cuales tiene una sección curada y al menos una sección no curada;

La Figura 6 es una representación esquemática de una vista superior del primer y segundo laminado unidos a lo largo de una región interfacial en la que una primera sección no curada se intercala con una segunda sección no curada dentro de una región interfacial que se cura a partir de un ensamblaje de material compuesto unificado;

La Figura 7 es una representación esquemática de una vista en sección de la región interfacial de la Figura 6;

La Figura 8 es una representación esquemática de una vista lateral que muestra una primera disposición que incluye una pluralidad de primeras capas de material compuesto e ilustra los separadores de capas que separan las primeras capas de material compuesto dentro de la primera sección no curada;

La Figura 9 es una representación esquemática de una vista lateral que muestra la aplicación de calor y presión de compactación a la primera sección curada del primer laminado e ilustra un dispositivo de control de temperatura colocado sobre la primera sección no curada del primer laminado para evitar el curado del mismo durante el curado de la primera sección curada;

La Figura 10 es una representación esquemática de una vista lateral de un primer laminado y un segundo laminado después del curado de la primera y segunda secciones curadas respectivas;

La Figura 11 es una representación esquemática de una vista lateral del primer y segundo laminado de la Figura 10

después de retirar los separadores de capas;

La Figura 12 es una representación esquemática de una vista lateral del primer y segundo laminado ensamblado e ilustra la región interfacial que se está curando en una herramienta de curado de la región interfacial para formar un ensamblaje de material compuesto unificado e ilustra además los dispositivos de control de temperatura colocados en la primera y segunda sección durante el curado de la región interfacial;

La Figura 13 es una representación esquemática de una vista lateral de una configuración alternativa para ensamblar el primer laminado y el segundo laminado en el que todas las primeras capas de material compuesto están intercaladas con las segundas capas de material compuesto;

La Figura 14 es una representación esquemática de una vista lateral del ensamblaje de material compuesto unificado formado curando la región interfacial del primer y segundo laminado mostrado en la Figura 13;

La Figura 15 es una representación esquemática de una vista superior de una capa de 45° del primer y segundo laminado en el que la capa de 45° en cada uno del primero y segundo laminado está formada de cinta unidireccional y tiene bordes crenulados;

La Figura 16 es una representación esquemática de una vista superior del primer y segundo laminado de la Figura 15 unidos a lo largo de la región interfacial y que ilustra el intercalado de los extremos de la cinta de la cinta unidireccional del primer y segundo laminado;

La Figura 17 es una representación esquemática de una vista en sección de la región interfacial de la Figura 16;

La Figura 18 es una representación esquemática de una vista lateral de una realización adicional del primer y segundo laminado configurado para recibir un empalme de material compuesto para empalmar entre sí la primera y segunda capas de material compuesto dentro de la región interfacial;

La Figura 19 es una representación esquemática de una vista lateral del primer y segundo laminado de la Figura 18 después de retirar los separadores de capas.

La Figura 20 es una representación esquemática de una vista lateral del primer y segundo laminado de la Figura 19 ensamblados entre sí y que ilustra una de las primeras capas de material compuesto del primer laminado intercaladas con un par de segundas capas de material compuesto inmediatamente adyacentes del segundo laminado;

La Figura 21 es una representación esquemática de una vista lateral del primer y segundo laminado de la Figura 20 durante la aplicación de una pluralidad de capas de empalme de material compuesto que se superponen a la primera y segunda capas de material compuesto en la región interfacial para formar un empalme de material compuesto para empalmar entre sí el primero y segundo laminado de material compuesto;

La Figura 22 es una representación esquemática de una vista lateral del primer y segundo laminado ensamblado de la Figura 21 durante el cocurado de las capas de empalme de material compuesto no curadas con las secciones no curadas de la primera y segunda capas de material compuesto en la región interfacial;

La Figura 23 es una representación esquemática de una vista en perspectiva de una porción del estabilizador horizontal de la Figura 3 que muestra una pluralidad de largueros de material compuesto envueltos por una cubierta de material compuesto no curada para formar una estructura de material compuesto cerrada;

La Figura 24 es una representación esquemática de una vista de extremo del estabilizador horizontal tomada a lo largo de la línea 24 de la Figura 23 y que ilustra el posicionamiento de los largueros de material compuesto dentro del interior del estabilizador horizontal definido por la cubierta;

La Figura 25 es una representación esquemática de una vista de extremo de un larguero que ilustra la banda del larguero que comprende una primera sección curada del larguero, y que ilustra además las pestañas y las curvaturas que comprenden las primeras secciones no curadas del larguero en lados opuestos de la banda;

La Figura 26 es una representación esquemática de una vista lateral de la disposición de capas de material compuesto sobre una herramienta de curado de disposición para formar el larguero compuesto;

La Figura 27 es una representación esquemática de una vista lateral del embolsado al vacío del larguero compuesto en la herramienta de curado de disposición para curar la primera sección curada de la banda e incluye un par de dispositivos de control de temperatura colocados sobre el par correspondiente de primeras secciones no curadas del larguero compuesto para evitar el curado de las secciones no curadas;

La Figura 28 es una representación esquemática de una vista lateral de los largueros y la cubierta del estabilizador horizontal colocada entre un par de mitades de herramientas de línea de molde exterior (OML) de una herramienta de OML, y que ilustra además una pluralidad de herramientas de curvado colocadas en lados opuestos de cada pestaña de cada larguero;

La Figura 29 es una representación esquemática de una vista en perspectiva de la herramienta de OML para curar el ensamblaje de material compuesto de largueros y cubiertas para formar el estabilizador horizontal;

La Figura 30 es una representación esquemática de una vista en sección tomada a lo largo de la línea 30 de la Figura 29 y que ilustra la aplicación de calor y presión de compactación al ensamblaje de material compuesto de largueros y cubiertas contra las superficies internas de la herramienta de OML para cocurar las secciones no curadas de cada larguero con la cubierta no curada;

La Figura 31 es una representación esquemática de una vista ampliada de una parte del ensamblaje de material compuesto de la Figura 30 que ilustra las capas de material compuesto de la cubierta del estabilizador horizontal intercaladas con las capas de material compuesto de uno de los largueros y que ilustra además las herramientas de curado que aplican presión de compactación a la sección no curada de los largueros durante el curado; y

La Figura 32 es una representación esquemática de una vista en sección de un ensamblaje de material compuesto unificado de un estabilizador horizontal formado mediante el cocurado de las secciones no curadas de los largueros con la cubierta.

Descripción detallada

Con referencia ahora a los dibujos que se proporcionan con el fin de ilustrar diversas realizaciones de la presente descripción, en la Figura 1, se muestra un avión 100 que tiene uno o más ensamblajes 200 de material compuesto que pueden fabricarse usando el método divulgado en el presente documento. Por ejemplo, el avión 100 puede incluir un fuselaje 102 que tiene un par de alas 120 que pueden contener uno o más tanques 122 de combustible relativamente grandes como se muestra en la Figura 2. Usando el método divulgado en el presente documento, porciones relativamente grandes de un tanque 122 de combustible o de todo el tanque 122 de combustible pueden fabricarse ventajosamente intercalando secciones no curadas de capas de material compuesto de laminados de material compuesto. Las capas de material compuesto intercaladas pueden definir una región 256 interfacial que se puede cocurar integralmente para unir los laminados y formar un ensamblaje 200 de material compuesto único unificado. El método actualmente divulgado puede permitir una reducción en la cantidad de pernos y selladores típicamente requeridos para ensamblar componentes individuales para formar un tanque de combustible convencional. En algunos ejemplos, el método actualmente divulgado puede permitir la eliminación de pernos y/o adhesivos requeridos convencionalmente para unir componentes de material compuesto.

El método también puede implementarse para formar ensamblajes 200 de material compuesto que tengan una geometría relativamente compleja. Por ejemplo, La Figura 3 ilustra un estabilizador 104 horizontal que puede diseñarse como un sombrero de caja cerrada que puede cerrarse en un extremo externo del estabilizador 104 horizontal. El estabilizador 104 horizontal puede estar formado por una cantidad de largueros 110 de material compuesto ensamblados con una cubierta 106 de material compuesto. Utilizando el método divulgado actualmente, las secciones no curadas de las capas de material compuesto que forman los largueros 110 y la cubierta 106 se pueden intercalar y cocurar integralmente para formar un estabilizador 104 horizontal como un único ensamblaje 200 compuesto unificado sin el uso de pernos y/o adhesivos. En la presente divulgación, una sección no curada de un laminado de material compuesto puede describirse como una sección que puede no estar completamente curada o la sección no curada puede estar parcialmente curada hasta un estado de curado relativamente bajo (por ejemplo, menos del 10 por ciento del curado completo).

Aunque el método actualmente divulgado se describe en el contexto de la fabricación de grandes ensamblajes 200 de material compuesto tales como, por ejemplo, un tanque 122 de combustible de avión (Figura 2), y/o la fabricación de ensamblajes 200 de material compuesto complejos tales como un estabilizador 104 horizontal (Figura 3), el método puede implementarse para fabricar ensamblajes 200 de material compuesto de cualquier tamaño, forma y configuración, sin limitación. Aunque no se muestra en las figuras, el método también puede incluir la fabricación de un ensamblaje 200 compuesto unificado a partir de una o más estructuras de material compuesto en sándwich. Una estructura de material compuesto en sándwich puede describirse como que tiene un material central tal como balsa, panal o espuma en sándwich entre un par de láminas frontales. Una o ambas láminas frontales pueden estar formadas por una o más capas de material compuesto de las cuales al menos una sección puede estar no curada o parcialmente curada (por ejemplo, hasta menos del 10 por ciento del curado total) para permitir el intercalamiento de las capas de material compuesto de lámina frontal con capas de material compuesto no curadas o parcialmente curadas de otro componente compuesto (por ejemplo, un laminado de material compuesto u otra estructura tipo sándwich) para su posterior cocurado para formar un ensamblaje 200 compuesto unificado sin el uso de pernos y/o adhesivos al menos en la región 256 interfacial.

La Figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra una o más operaciones que pueden incluirse en un ejemplo de un método 400 de fabricación de un ensamblaje 200 compuesto. La etapa 402 del método 400 puede incluir disponer una pluralidad de primeras capas 204 de material compuesto para formar una primera disposición 202. La etapa 404 del método 400 puede incluir disponer una pluralidad de segundas capas 214 de material compuesto para formar una segunda disposición 212. Aunque el método actualmente divulgado se describe en el contexto del ensamblaje de dos laminados de material compuesto para formar un ensamblaje 200 de material compuesto unificado, el método puede aplicarse de manera iterativa para ensamblar cualquier número de laminados de material compuesto para formar un

ensamblaje 200 de material compuesto unificado, como se describe a continuación.

En el presente ejemplo, las primeras capas 204 de material compuesto de la primera disposición 202 y/o las segundas capas 214 de material compuesto de la segunda disposición 212 pueden estar formadas por un material de matriz polimérica reforzada con fibra. Las capas de material compuesto pueden estar compuestas de fibras que pueden estar impregnadas previamente con resina (por ejemplo, preimpregnadas). Las fibras en las capas de material compuesto preimpregnadas pueden proporcionarse en una cualquiera de una variedad de formas de fibra diferentes que incluyen fibras continuas tales como en cinta unidireccional o lámina unidireccional. Las capas de material compuesto también se pueden proporcionar como capas de material compuesto de tela tejida (por ejemplo, fibras bidireccionales), fibras trenzadas, capas de fibras cortadas, formas de fibras cosidas, o cualquiera de una variedad de otras formas de fibras.

Para la cinta o lámina unidireccional, las fibras en las capas de material compuesto de una disposición pueden estar dispuestas en una cualquiera de una variedad de diferentes orientaciones de fibra (por ejemplo, 0, 22,5, 30, 45, 60, 75, 90 grados u otros ángulos de fibra). En un ejemplo, el método puede incluir disponer las capas de material compuesto para formar un laminado de material compuesto cuasiisotrópico que contiene capas de 0 grados, $\pm$ 45 grados y 90 grados. Las capas de material compuesto en cada una de la primera y segunda disposiciones 202, 212 pueden apilarse de acuerdo con una secuencia de apilamiento predeterminada para lograr las propiedades de resistencia y rigidez deseadas del ensamblaje 200 final de material compuesto.

El material a partir del cual pueden formarse las fibras puede incluir aramidas, poliolefinas, metal, vidrio, carbono, boro, cerámica, minerales y cualquiera de una variedad de otros materiales o combinación de materiales. La resina se puede proporcionar en una cualquiera de una variedad de composiciones de materiales que incluyen, pero no se limitan a, acrílicos, epoxis, fluorocarbonos, poliamidas, polietilenos, poliésteres, polipropilenos, policarbonatos, poliuretanos, polieteretercetonas, polietercetonaacetonas, polieterimidias, bismaleimidias y otras composiciones de materiales. Aunque el presente método se describe en el contexto de capas de material compuesto preimpregnadas formadas de resina termoes estable, en algunos ejemplos, las capas de material compuesto preimpregnadas pueden incluir resina termoplástica. A este respecto, las etapas descritas a continuación del curado de disposiciones individuales, y las etapas de cocurar integralmente las secciones no curadas de los laminados ensamblados pueden abarcar la solidificación de la resina termoplástica de las capas termoplásticas preimpregnadas.

La etapa 406 del método 400 puede incluir curar individualmente la primera y segunda disposiciones 202, 212 de una manera que forma un respectivo primer y segundo laminado 206, 216. A este respecto, la primera disposición 202 puede curarse de una manera para formar un primer laminado 206 que tiene una primera sección 208 curada y una primera sección 210 no curada. Del mismo modo, la segunda disposición 212 puede curarse de manera que forme un segundo laminado 216 que tenga una segunda sección 218 curada y una segunda sección 220 no curada.

La Figura 5 es una vista en planta de un primer laminado 206 y un segundo laminado 216 que puede disponerse y curarse por separado. El primer laminado 206 y el segundo laminado 216 se muestran como disposiciones cada una con una capa 244 de 0 grados, un par de capas 246 de 90 grados y una capa 248 de 45 grados. La secuencia de apilamiento del primer laminado 206 puede ser complementario (por ejemplo, equivalente) a la secuencia de apilamiento del segundo laminado 216. El primer laminado 206 tiene una primera sección 208 curada y una primera sección 210 no curada. El segundo laminado 216 tiene una segunda sección 218 curada y una segunda sección 220 no curada. En el ejemplo mostrado, la sección curada de cada laminado puede tener una longitud más larga que la sección no curada. Sin embargo, la sección curada y la sección no curada de un laminado pueden proporcionarse en cualquier proporción, y no se limitan a que la sección curada sea más larga o más grande que la sección no curada. La etapa de curar una disposición puede incluir consolidar, compactar y/o desacoplar la disposición o cualquier parte de la disposición. Por ejemplo, la sección curada y la sección no curada de una disposición pueden compactarse o desacoplarse simultáneamente antes o durante el curado de la parte de la disposición que define la sección curada.

La sección no curada de uno o ambos laminados puede estar completamente no curada de modo que la sección no curada esté en estado verde. Alternativamente, la sección no curada de uno o ambos laminados puede avanzar a un estado de curado bajo en relación con el curado completo, tal como a un estado de curado de menos del 10 por ciento, tal como a un estado de curado bajo de aproximadamente 5 por ciento. El curado parcial de una sección no curada (por ejemplo, 5 por ciento) puede reducir o eliminar la viscosidad de las capas de material compuesto en la sección no curada y/o puede aumentar la rigidez de las capas de material compuesto en la sección no curada al aumentar la temperatura de transición vítrea de la resina en el laminado. Reducir o eliminar la viscosidad y/o aumentar la rigidez de las capas de material compuesto en las secciones no curadas puede facilitar el intercalado de las capas de material compuesto durante la etapa de ensamblaje de los laminados antes de curar la región 256 interfacial.

La etapa 408 del método 400 puede incluir intercalar las primeras capas 204 de material compuesto en la primera sección 210 no curada con las segundas capas 214 de material compuesto en la segunda sección 220 no curada para formar la región 256 interfacial. Por ejemplo, el método puede incluir insertar al menos una de las primeras capas 204 de material compuesto en la primera sección 210 no curada entre un par de las segundas capas 214 de material compuesto en la segunda sección 220 no curada para formar la región 256 interfacial. La Figura 6 es una vista superior del primer y segundo laminado 206, 216 ensamblado en el que la primera sección 210 no curada se intercala con la segunda sección 220 no curada para formar la región 256 interfacial.

La etapa 410 del método 400 puede incluir curar la región 256 interfacial para unir el primer laminado 206 al segundo laminado 216 y formar un ensamblaje 200 de material compuesto unificado, como se describe con mayor detalle a continuación. Aunque la región 256 interfacial se puede curar con el ensamblaje 200 de material compuesto colocado dentro de un autoclave, el curado de la región 256 interfacial también se puede realizar sin el uso de un autoclave. Por ejemplo, el curado fuera del autoclave de la región 256 interfacial se puede realizar usando un horno o un autoclave de prensa 332 (Figura 12), o usando una bolsa 320 de vacío (Figura 9) y almohadillas térmicas y/o mantas térmicas, lámparas de calor, calentamiento por radiación u otros dispositivos y técnicas para aplicar localmente calor 336 y presión 334 de compactación para curar la región 256 interfacial.

La Figura 7 es una vista en sección de la región 256 interfacial de la Figura 6 después de curar la primera sección 210 no curada y la segunda sección 220 no curada para curar por completo. Como se puede observar, una primera capa 204 de material compuesto en la parte inferior de la pila de capas se intercala entre un par de las segundas capas 214 de material compuesto. Las juntas 264 a tope se forman entre la primera y la segunda capas 204, 214 de material compuesto en el medio de la pila de capas. Aunque las juntas 264 a tope se muestran alineadas verticalmente con otra, las juntas 264 a tope pueden estar preferiblemente escalonadas una respecto de la otra y también pueden estar escalonadas en relación con las juntas restantes en la región 256 interfacial como un medio para evitar un aumento acumulado de empalmes o juntas que pueden crear una protuberancia o cresta (no mostrada) en el ensamblaje 200 de material compuesto unido (Figura 6). En la Figura 7, en la parte superior de la pila de capas, la segunda capa 214 de material compuesto forma una junta 262 superpuesta con la primera capa 204 de material compuesto que se muestra escalonada desde las juntas restantes en la región 256 interfacial.

La Figura 8 muestra un ejemplo de una primera disposición 202 que incluye una pluralidad de primeras capas 204 de material compuesto. Las primeras capas 204 de material compuesto se disponen en una herramienta 250 de curado de la disposición. El presente método incluye insertar un separador 252 de capas entre al menos uno par adyacente de las primeras capas 204 de material compuesto y/o entre al menos un par adyacente de las segundas capas 214 de material compuesto del respectivo primer y segundo laminado 206, 216 antes del intercalado y antes de curar inicialmente la primera y segunda sección 208, 218 curada. El método puede incluir retirar los separadores 252 de capas antes de intercalar la primera y segunda capas 204, 214 de material compuesto y curar la región 256 interfacial. Como se describe a continuación, los separadores 252 de capas pueden evitar ventajosamente que la resina de las capas adyacentes de material compuesto en la primera y/o la segunda sección 210, 220 no curada se entremezclen y se unan entre sí durante el curado de la primera y/o segunda sección 208, 218 curada. Los separadores 252 de capas pueden estar formados por cualquier material que no sea químicamente reactivo con la resina en las capas de material compuesto. En un ejemplo, los separadores 252 de capas pueden estar formados de etileno propileno fluorado (FEP).

La Figura 9 es una vista en sección de una bolsa 320 de vacío aplicada sobre la primera disposición 202 para consolidar, compactar y/o desacoplar la primera disposición 202, y para curar la sección 208 curada de la primera disposición 202. La segunda disposición 212 puede procesarse y curarse de una manera similar a la primera disposición 202 como se describe en este documento. En la Figura 9, la bolsa 320 de vacío puede incluir una película 322 de embolsado no porosa o impermeable que puede sellarse a la herramienta 250 de curado de la disposición alrededor de un perímetro de la primera disposición 202 usando un sellador 324 de borde tal como una cinta selladora. La bolsa 320 de vacío puede incluir al menos un puerto 326 de vacío que puede estar acoplado a una fuente de vacío (no mostrada) tal como una bomba de vacío o un generador de vacío para generar presión de vacío dentro de la película 322 de embolsado. Capas adicionales tales como una capa de liberación (no mostrada) y una o más capas 328 de ventilación pueden incluirse entre la primera disposición 202 y la película 322 de embolsado. La aplicación de presión de vacío a la bolsa 320 de vacío puede causar la aplicación de presión 334 de compactación sobre la primera disposición 202 contra herramienta 250 de curado de la disposición. La aplicación de la presión 334 de compactación puede facilitar la eliminación de aire y/u otros gases durante el curado de la primera disposición 202 y puede facilitar la consolidación de la primera disposición 202 para evitar la aparición de porosidad o huecos y, por lo tanto, mejorar la fracción de volumen de fibra del laminado de material compuesto.

La Figura 9 ilustra la aplicación de calor 336 y la presión 334 de compactación a la primera disposición 202. A este respecto, el método puede incluir calentar individualmente una porción respectiva de la primera y segunda disposición 202, 212 que define la primera y segunda sección 208, 218 curada respectiva, y evitando el calentamiento de la primera y segunda sección 210, 220 no curada respectiva durante el curado de la primera y segunda disposición 202, 212. De esta manera, el primer y segundo laminado 206, 216 respectivo pueden formarse teniendo una primera y segunda sección 208, 218 curada respectiva y una primera y segunda sección 210, 220 no curada respectiva. La aplicación de presión 334 de compactación a la primera y segunda disposición 202, 212 respectiva puede facilitar la consolidación y/o desacoplamiento de la primera y segunda capas 204, 214 de material compuesto respectivas antes o simultáneamente con el curado de la resina en la primera y segunda sección 208, 218 curada respectiva. Como se indicó anteriormente, la compactación o desacoplamiento de la primera y segunda sección 210, 220 no curada puede ocurrir mientras se cura respectivamente la primera y segunda sección 208, 218 curada.

La Figura 9 ilustra adicionalmente un dispositivo 290 de control de temperatura colocado adyacente a la primera sección 210 no curada de la primera disposición 202 para evitar el curado de la primera sección 210 no curada durante el curado de la primera sección 208 curada. El dispositivo 290 de control de temperatura puede configurarse para controlar la temperatura de la primera sección 210 no curada y evitar así el calentamiento de la primera y segunda

sección 210, 220 no curada (por ejemplo, por encima de un umbral de temperatura predeterminado) cuando se cura respectivamente la primera y la segunda sección 208, 218 curada. En algunos ejemplos, el dispositivo 290 de control de temperatura puede colocarse en contacto directo con la primera sección 210 no curada y puede configurarse para mantener la temperatura de la primera sección 210 no curada por debajo de un valor predeterminado. En el ejemplo
5 mostrado, el dispositivo 290 de control de temperatura puede configurarse como una camisa 292 de enfriamiento configurada para ajustarse a la primera sección 210 no curada y hacer circular fluido refrigerante a través de la camisa 292 de enfriamiento. Por ejemplo, la camisa 292 de enfriamiento puede incluir una entrada 294 de fluido y una salida 296 de fluido que puede estar acoplada de manera fluida a través de una o más mangueras a un depósito de fluido (no mostrado) que contiene fluido refrigerante. Para aplicaciones en las que la disposición se cura dentro de un
10 autoclave, el depósito de fluido puede ubicarse opcionalmente fuera del autoclave y una o más mangueras o conductos de fluido pueden transportar fluido hacia y desde la camisa 292 de enfriamiento.

Como puede apreciarse, el dispositivo 290 de control de temperatura puede proporcionarse en una cualquiera de una variedad de configuraciones diferentes para absorber o rechazar calor en una sección no curada de una disposición durante el curado de la sección curada de la disposición. En algunos ejemplos, el uno o más disipadores de calor o
15 camisa 292 de enfriamiento pueden colocarse directamente encima de la bolsa 320 de vacío que cubre una sección no curada. Una o más camisas 292 de enfriamiento también se pueden colocar directamente debajo y en contacto directo con una sección no curada. Aunque no se muestra, se puede incluir opcionalmente un sistema para controlar la temperatura del fluido que sale de la salida 296 de fluido. Tal sistema puede ser capaz de ajustar la temperatura y/o la velocidad de flujo del fluido que ingresa a la entrada 294 de fluido como un medio para mantener una temperatura
20 local de una sección no curada por debajo de un valor predeterminado.

Como se puede apreciar, se pueden implementar otros métodos para controlar activa o pasivamente la temperatura de una sección no curada durante el curado de una sección curada de una disposición. Por ejemplo, la temperatura de una sección no curada puede controlarse reduciendo el flujo de calor hacia la sección no curada, tal como aumentando localmente el grosor de la capa de ventilación en la porción de la bolsa de vacío que cubre la sección no
25 curada como un medio para reducir la conducción de calor hacia la sección no curada. Los métodos adicionales pueden incluir el uso de una barrera de flujo de aire (no mostrada) o una estructura de caja (no mostrada) que encierra o rodea al menos parcialmente una sección no curada para reducir (o evitar) la conducción de calor hacia la sección no curada. El método también puede incluir aumentar localmente la masa térmica (por ejemplo, el volumen de la herramienta) de la herramienta de la disposición de curado en la ubicación inmediatamente debajo de la sección no
30 curada para facilitar la absorción de calor localmente en la herramienta de disposición de curado en el área debajo de la sección no curada, y por lo tanto reducir la entrada de calor en la sección no curada. También se pueden incorporar bolsas de aire (no mostradas) en la herramienta de disposición de curado para disminuir la conductividad térmica en la sección no curada. Los bolsillos que contienen material de cambio de fase también se pueden incorporar a la herramienta de disposición de curado para aumentar localmente el calor latente de la herramienta 250 de curado de
35 la disposición a temperaturas o intervalos de temperatura específicos.

La Figura 10 es una vista lateral de un primer laminado 206 y un segundo laminado 216 después del curado de la primera y segunda sección 208, 218 curada respectiva. Los separadores 252 de capas se muestran insertados entre las primera y segunda capas 204, 214 de material compuesto respectivas. Los separadores 252 de capas pueden colocarse de tal manera que los extremos de cada separador 252 de capas terminen en el límite de la primera y
40 segunda sección 210, 220 no curada respectiva. Una parte de los separadores 252 de capas puede sobresalir para permitir la remoción de los separadores 252 de capas antes de ensamblar el primer y segundo laminado 206, 216 y curar la región 256 interfacial.

La Figura 11 muestra el primer y segundo laminado 206, 216 de la Figura 10 después de la remoción de los separadores 252 de capas y antes del ensamblaje del primer y segundo laminado 206, 216. El primer y segundo laminado 206, 216 pueden ser conjuntamente diseñados de tal manera que las primeras capas 204 de material compuesto se puedan intercalar con las segundas capas 214 del material compuesto de la manera deseada. A este respecto, el primer y el segundo laminado 206, 216 pueden diseñarse conjuntamente de modo que los extremos 222 de las capas de la primera y segunda capas 204, 214 de material compuesto terminen en ubicaciones complementarias de modo que la configuración deseada de la junta 260 de capa pueda ser formada entre la primera y segunda capas
45 204, 214 de material compuesto cuando se ensambla el primer y el segundo laminado 206, 216.

La Figura 12 muestra el primer y segundo laminado 206, 216 ensamblados en una herramienta 266 de curado de región interfacial, e ilustra el intercalado de una de las primeras capas 204 de material compuesto entre un par de las segundas capas 214 de material compuesto. El método puede incluir soportar la región 256 interfacial en la herramienta 266 de curado de la región interfacial. El resto del primer laminado 206 y el segundo laminado 216 (por ejemplo, la primera y/o segunda sección 208, 218 curada) pueden no estar soportados por la herramienta 266 de curado de la región interfacial, y en su lugar pueden estar soportados por uno o más soportes 268 laminados simples, o de otra manera que no requiera herramientas completas a lo largo de la longitud del ensamblaje 200 de material
55 compuesto.

El método actualmente divulgado incluye intercalar las primeras capas 204 de material compuesto en la primera sección 210 no curada con las segundas capas 214 de material compuesto en la segunda sección 220 no curada para formar la región 256 interfacial. Los separadores 252 de capas pueden retirarse antes del ensamblaje del primer y
60

segundo laminado 206, 216. Como se mencionó anteriormente, los separadores 252 de capas pueden permitir que la primera y segunda capas 204, 214 de material compuesto se separen para facilitar la inserción parcial de las capas de material compuesto de acoplamiento durante el ensamblaje inicial de los laminados de acoplamiento.

Durante el ensamblaje del primer y segundo laminado 206, 216, el presente método puede incluir al menos parcialmente superponer al menos una de las primeras capas 204 de material compuesto de la primera sección 210 no curada con al menos una de las segundas capas 214 de material compuesto de la segunda sección 220 no curada dentro de la región 256 interfacial. En el ejemplo mostrado, el extremo 222 de capa de la primera capa 204 de material compuesto del fondo puede superponerse a la segunda capa 214 de material compuesto de fondo en una cantidad predeterminada para facilitar la transferencia de carga desde el primer laminado 206 a el segundo laminado 216. El extremo 222 de capa de la primera capa 204 de material compuesto puede superponerse a la segunda capa 214 de material compuesto en una distancia de al menos 0,5 pulgadas para permitir la transferencia de carga entre las capas de material compuesto. Sin embargo, las capas 254 intercaladas pueden superponerse en una distancia inferior a 0,5 pulgadas y aún pueden proporcionar la capacidad de transferir cargas entre las capas 254 intercaladas.

En la Figura 12, las dos capas de material compuesto intermedias en la pila de capas se muestran formando una junta 264 a tope. En el método actualmente divulgado, las primeras capas 204 de material compuesto y las segundas capas 214 de material compuesto pueden incluir cada una capas no de 0 grados que tienen fibras orientadas no paralelas a una dirección de carga primaria del ensamblaje 200 de material compuesto. La intercalación de las capas de material compuesto puede incluir unir al menos una de las capas no de 0 grados en la primera sección 210 no curada del primer laminado 206 con al menos una de las capas no de 0 grados en la segunda sección 220 no curada del segundo laminado 216.

En algunos ejemplos, los extremos 222 de capa de la primera disposición 202 y la segunda disposición 212 pueden terminarse para proporcionar un espacio predeterminado en cada junta 264 a tope. Por ejemplo, la primera y segunda disposición 202, 212 pueden estar dispuestas de tal manera que cuando se ensamblan el primer y el segundo laminado 206, 216, la junta 264 a tope entre el extremo 222 de capa de una primera capa 204 de material compuesto y una segunda capa 214 de material compuesto correspondiente proporciona un espacio de menos de 0,25 pulgadas entre los extremos 222 de capa. En otros ejemplos, el espacio en una junta 264 a tope entre los extremos 222 de capa puede ser inferior a 0,10 pulgadas. La transferencia de carga a través de cada junta 264 a tope (por ejemplo, desde una primera capa 204 de material compuesto a una segunda capa 214 de material compuesto) puede ser proporcionada por las capas de material compuesto inmediatamente por encima y/o debajo de la junta 264 a tope.

Para los laminados mostrados en la Figura 12, las primeras capas 204 de material compuesto y las segundas capas 214 de material compuesto incluyen cada una capas 244 de 0 grados en las que las fibras están orientadas paralelas a una dirección de carga primaria. La etapa de intercalar la primera y segunda capas 204, 214 de material compuesto puede incluir la superposición de al menos una de las capas 244 de 0 grados en la primera sección 210 no curada del primer laminado 206 con al menos una de las capas 244 de 0 grados en la segunda sección 220 no curada del segundo laminado 216 para formar una junta superpuesta. Sin embargo, las capas 244 no de 0 grados también pueden incluir juntas 262 superpuestas.

La Figura 12 muestra una junta 262 superpuesta formada por la superposición de la segunda capa 214 de material compuesto superior sobre la primera capa 204 de material compuesto. En una junta superpuesta, la primera y segunda disposiciones de capas pueden estar dispuestas de modo que una capa de material compuesto pueda superponerse a otra capa de material compuesto a una distancia de al menos 0,5 pulgadas para permitir la transferencia de carga entre las capas de material compuesto, aunque se pueden proporcionar superposiciones más pequeñas. Las juntas 262 superpuestas y las capas 254 intercaladas permiten la transferencia de carga a través de las capas 244 de 0 grados del primer laminado de material compuesto y el segundo laminado de material compuesto.

El primer y el segundo laminado 206, 216 pueden colocarse y ensamblarse en la herramienta 266 de curado de la región interfacial que puede proporcionarse en un tamaño, forma y configuración para soportar la región 256 interfacial durante el curado de la región 256 interfacial para unir el primer laminado 206 al segundo laminado 216 para formar un ensamblaje 200 de material compuesto unificado. La herramienta 266 de curado de la región interfacial puede extenderse ligeramente (por ejemplo, varias pulgadas) más allá de los límites de la sección 210, 220 no curada respectiva del primer y segundo laminado 206, 216 y en una porción de la primera y segunda sección 208, 218 curada para evitar el marcado que de otro modo podría ocurrir en la parte inferior de la primera y segunda sección 210, 220 no curada si la herramienta 266 de curado de la región interfacial se terminara cerca del borde de la primera y segunda sección 208, 218 curada respectivas. La sección 208, 218 curada de cada uno del primero y segundo laminados 206, 216 puede estar soportada por uno o más soportes 268 laminados simples, evitando así la necesidad de que la herramienta de curado final extienda la longitud y el ancho completos del ensamblaje 200 de material compuesto unificado.

Se pueden implementar uno o más mecanismos de calentamiento para calentar localmente la región 256 interfacial. Por ejemplo, se pueden aplicar uno o más dispositivos 330 de calentamiento localizados sobre la región 256 interfacial. También se pueden incluir uno o más dispositivos 330 de calentamiento localizado para calentamiento directo de la herramienta 266 de curado de la región interfacial (por ejemplo, usando elementos de calentamiento tales como alambres resistivos incrustados en la herramienta de curado) para aplicar calor 336 para curar la región 256 interfacial.

Además, se puede implementar uno o más mecanismos de aplicación de presión para aplicar presión de compactación a la región 256 interfacial. Por ejemplo, se puede aplicar un autoclave 332 de prensa sobre la región 256 interfacial para aplicar calor 336 y presión 334 de compactación a la región 256 interfacial para el curado fuera del autoclave. Alternativamente, se puede aplicar un ensamblaje de desacoplamiento de bolsas de vacío dobles (no mostrado) sobre la región 256 interfacial para aplicar presión 334 de compactación a la región 256 interfacial en un proceso fuera del autoclave.

En algunos ejemplos, se puede implementar una bolsa 320 de vacío tradicional para aplicar presión 334 de compactación para una disposición de material compuesto formada por resina que está formulada para curar a menos de 1 atmósfera de presión, tal como en un proceso de curado fuera del autoclave. Sin embargo, el ensamblaje 200 de material compuesto puede ser de un tamaño lo suficientemente pequeño como para caber dentro de un autoclave, de modo que la región 256 interfacial pueda sostenerse en la herramienta 266 de curado de la región interfacial y embolsarse al vacío para aplicar una mayor presión 334 de compactación a la región 256 interfacial mientras se calienta la región 256 interfacial usando calentamiento por autoclave.

En cualquiera de los ejemplos de curado descritos anteriormente, la etapa de curar la región 256 interfacial puede incluir calentar la región 256 interfacial y evitar el calentamiento de la porción de la disposición que define la primera y segunda sección 208, 218 curada cuando se calienta y se cura la región 256 interfacial. A este respecto, uno o más dispositivos 290 de control de temperatura pueden aplicarse o colocarse (por ejemplo, encima y/o debajo) de la primera y/o segunda sección 208, 218 curada para evitar un calentamiento excesivo de tales secciones durante el curado de la región 256 interfacial. Por ejemplo, las camisas 292 de enfriamiento descritas anteriormente pueden colocarse directamente encima de la primera y segunda sección 208, 218 curada. El fluido de enfriamiento tal como agua puede circular a través de las camisas 292 de enfriamiento de la manera descrita anteriormente para mantener la temperatura de la primera y/o segunda sección 208, 218 curada por debajo de un valor predeterminado.

La Figura 13 muestra un ejemplo del ensamblaje de un primer laminado 206 y un segundo laminado 216 en el que todas las primeras capas 204 de material compuesto y segundas capas 214 de material compuesto pueden estar intercaladas. La primera y segunda disposición 202, 212 pueden estar dispuestas de manera que los extremos 222 de capa de las primeras capas 204 de material compuesto se superpongan a los extremos 222 de capa de las segundas capas 214 de material compuesto en la misma cantidad en cada una de las juntas 262 superpuestas.

La Figura 14 muestra adicionalmente las juntas 262 superpuestas en la pila de capas que se escalonan dentro de la región 256 interfacial como un medio para evitar un aumento acumulado de juntas o empalmes en la región 256 interfacial. En algunos ejemplos, el método divulgado actualmente incluye escalonar al menos dos juntas 260 de capas en la pila de capas que unen el primer y el segundo laminado 206, 216. A este respecto, el primer y segundo laminado 206, 216 pueden configurarse de modo que dos o más de las juntas 262 superpuestas no se escalonen dando como resultado que las juntas 260 de la capa se alineen verticalmente con otra. En otros ejemplos, todas las juntas pueden estar escalonadas entre sí dentro de la región 256 interfacial. Es preferible escalonar las juntas 260 de capa como un medio para evitar aumentos localizados en el espesor del laminado de material compuesto.

La Figura 15 muestra una vista superior de una capa 246 de 45 grados como se puede incluir en una de las primeras capas 204 de material compuesto o las segundas capas 214 de material compuesto de un primer y segundo laminado 206, 216 respectivo. Una capa 246 de 45 grados puede estar formada por trayectos de cinta 242 unidireccionales dispuestos paralelos entre sí de manera que los lados de la cinta de la cinta 242 unidireccional estén en contacto contiguo entre sí. Los extremos 243 de la cinta de la cinta 242 unidireccional 242 pueden cortarse perpendicularmente a los lados de la cinta para simplificar el proceso de disposición de la cinta. Por ejemplo, cortando los extremos 243 de la cinta perpendiculares a los lados de la cinta, una máquina 284 automatizada de disposición de la cinta (ATLM) (véase la Figura 21) puede evitar la necesidad de hacer cortes angulares únicos en cada extremo de la cinta, lo que puede reducir la cantidad de tiempo requerido para disponer una capa de material compuesto. A este respecto, para cualquier disposición en la que al menos una de las capas de material compuesto sea una capa que no sea de 0 grados o una capa que no sea de 90 grados (por ejemplo, una capa 246 de +/- 45 grados) formada por cinta 242 unidireccional con los 243 extremos de la cinta perpendicular, puede dar como resultado un borde 240 crenulado a lo largo de uno o más lados de la capa de material compuesto, tal como a lo largo de un lado de la primera sección 210 no curada y/o la segunda sección 220 no curada, como se muestra en la Figura 15.

La Figura 16 muestra el ensamblaje del primer y segundo laminado 206, 216 de la Figura 15 unidos en la región 256 interfacial y que ilustra la intercalación de los extremos de la cinta de la cinta 242 unidireccional. En el método divulgado actualmente, la etapa de intercalación del primer y el segundo laminado 206, 216 puede incluir insertar los extremos de la cinta de la cinta 242 unidireccional de la primera capa 204 de material compuesto entre un par de las segundas capas 214 de material compuesto. El extremo de la cinta de la primera capa 204 de material compuesto de 45 grados puede superponerse al extremo de la cinta de una segunda capa 214 de material compuesto de 45 grados. Sin embargo, una segunda capa 214 de material compuesto con una orientación de fibra diferente (por ejemplo, una capa no de 45 grados) puede superponerse a la primera capa 204 de material compuesto de 45 grados.

La Figura 17 es una vista en sección que muestra la región 256 interfacial de la Figura 16 e ilustra el extremo 243 de la cinta de la primera capa 204 de material compuesto en sándwich entre un par de las segundas capas 214 de material compuesto. La distancia a lo largo de la cual los extremos 243 de la cinta se superponen puede ser similar a las

distancias de superposición descritas anteriormente con respecto a las juntas 262 superpuestas ilustradas en la Figura 12. Aunque no se muestra, dos o más de las juntas dentro de la región 256 interfacial pueden estar escalonadas. Por ejemplo, si una de las capas (por ejemplo, la capa 3) es una capa 248 de 45 grados que tiene una junta 262 superpuesta crenulada, y otra capa (por ejemplo, la capa 5) es una capa 248 de 45 grados, entonces la junta 262 superpuesta de las dos capas de 45 grados pueden estar escalonadas una con respecto a la otra y con respecto a otras capas para evitar una acumulación local de espesor que de lo contrario podría provocar una protuberancia o cresta en el ensamblaje 200 de material compuesto.

La Figura 18 muestra una realización del primer y segundo laminado 206, 216 configurado para unirse usando un empalme 280 de material compuesto para empalmar la primera y segunda capas 204, 214 de material compuesto dentro de la región 256 interfacial. La primera y segunda disposición 202, 212 puede disponerse por separado de modo que los extremos 222 de capa terminen en una disposición escalonada. Los separadores 252 de capa pueden insertarse entre uno o más pares adyacentes de la primera y segunda capas 204, 214 de material compuesto dentro de la primera y segunda sección 210, 220 no curada respectiva para evitar la unión entre las capas de material compuesto durante el curado inicial de la sección 208, 218 curada.

La Figura 19 muestra el primer y segundo laminado 206, 216 de la Figura 18 después de la remoción de los separadores 252 de capas. La Figura 20 muestra el primer y segundo laminado 206, 216 ensamblados juntos y que ilustra una de las primeras capas 204 de material compuesto del primer laminado 206 intercalado con un par del segundo material 214 compuesto inmediatamente adyacente del segundo laminado 216. Se puede formar una junta 264 a tope entre la capa situada encima de la capa 254 intercalada. Las capas restantes pueden tener espacios cada vez más anchos entre los extremos 222 de capa de la primera y segunda capas 204, 214 de material compuesto para acomodar el ángulo de rampa en las capas 282 de empalme del empalme 280 de material compuesto (discutido en relación con la Figura 21).

La Figura 21 es una vista lateral del primer y segundo laminado 206, 216 de la Figura 20 que ilustra la etapa de disponer una o más capas 282 de empalme sobre las primeras capas 204 de material compuesto y las segundas capas 214 de material compuesto en la región 256 de interfaz. Las capas 282 de empalme de material compuesto pueden disponerse manualmente o de manera automatizada, tal como con una máquina 284 automática de disposición de cintas (ATLM). Sin embargo, se pueden implementar otros procesos automatizados (por ejemplo, disposición de fibras, bobinado de filamentos) para disponer capas 282 de empalme dentro de una región 256 interfacial. Independientemente de la forma de disposición, la etapa de disponer una o más capas 282 de empalme puede incluir la superposición de al menos una de las capas 282 de empalme sobre al menos una de las primeras capas 204 de material compuesto y sobre al menos una de las segundas capas 214 de material compuesto.

Una pluralidad de capas 282 de empalme de material compuesto puede disponerse sobre la primera y segunda capas 204, 214 de material compuesto en la región 256 interfacial para formar un empalme 280 de material compuesto para empalmar el primer y el segundo laminado 206, 216. La primera y la segunda disposición 202, 212 puede configurarse de modo que los extremos 243 de la cinta terminen de una manera que resulte en un estrechamiento de la pila de capas 282 de empalme. A este respecto, los extremos 243 de la cinta de la primera y segunda disposición 202, 212 pueden ser escalonados de manera que cada una de las capas 282 de empalme de material compuesto se superponga a las primeras capas 204 de material compuesto y/o las segundas capas 214 de material compuesto con una tasa de rampa mayor que 1:1. La tasa de rampa puede diseñarse para evitar concentraciones de tensión que de otro modo se producirían si todas las juntas 262 superpuestas entre las capas 282 de empalme y la primera y segunda capas 204, 214 de material compuesto ocurrieran aproximadamente en la misma ubicación.

En algunos ejemplos, la primera y segunda disposición 202, 212 pueden configurarse de modo que la disposición de las capas 282 de empalme pueda proporcionar una tasa de rampa mayor de 20:1, tal como una tasa de rampa de aproximadamente 30:1. La distancia a lo largo de la cual cada capa 282 de empalme se superpone a una primera capa 204 de material compuesto y una segunda capa 214 de material compuesto puede ser similar a la distancia de superposición descrita anteriormente con respecto a las juntas 262 superpuestas de la Figura 12. En un ejemplo, una junta 262 superpuesta puede permitir aproximadamente 0,25 pulgadas de superposición entre una capa 282 de empalme y una primera capa 204 de material compuesto y entre la capa 282 de empalme y una segunda capa 214 de material compuesto. Sin embargo, se puede proporcionar cualquier cantidad de superposición en una junta 262 superpuesta, que incluye una superposición de hasta 0,50 pulgadas o más.

La Figura 22 muestra el ensamblaje del primer y segundo laminado 206, 216 en una herramienta 266 de curado de región interfacial. La herramienta 266 de curado de región interfacial puede estar dimensionada y configurada de forma similar a la descrita anteriormente con respecto a la herramienta 266 de curado de región interfacial mostrada en la Figura 12. La mayoría de la primera sección 208 curada y/o la segunda sección 218 curada pueden no estar generalmente soportadas por la herramienta 266 de curado de región interfacial, y en su lugar pueden estar soportadas por simples soportes 268 laminados. Cualquiera de los mecanismos de calentamiento y/o mecanismo de aplicación de presión descritos anteriormente con respecto a la Figura 12 puede implementarse para calentar localmente y aplicar presión 334 de compactación al empalme 280 de material compuesto y la primera y segunda sección 210, 220 no curada en la región 256 interfacial en la Figura 22. A este respecto, el método puede incluir el cocurado de las capas 282 de empalme y las secciones 210, 220 no curadas de la primera y segunda capas 204, 214 de material compuesto en las secciones 210, 220 no curadas para formar un ensamblaje 200 de material compuesto unificado del primer y

segundo laminado 206, 216.

La Figura 23 es una vista en perspectiva de un estabilizador 104 horizontal. El estabilizador 104 horizontal puede ser representativo de una estructura de material compuesto que tiene una geometría compleja y que está diseñada para formarse como un ensamblaje 200 de material compuesto único, integrado y unificado. En el ejemplo mostrado, el estabilizador 104 horizontal es una estructura de caja cerrada que tiene una cubierta 106 compuesta exterior soportada y que envuelve una pluralidad de componentes de material compuesto internos tales como largueros 110 de material compuesto.

La Figura 24 es una vista del extremo del estabilizador 104 horizontal tomada a lo largo de la línea 24 de la Figura 23 que muestra los componentes 108 internos como tres largueros 110 de material compuesto posicionados dentro del interior del estabilizador 104 horizontal definido por la cubierta 106. En el ejemplo mostrado, cada uno de los largueros 110 de material compuesto tiene una sección transversal en forma de C. Cada sección transversal en forma de C incluye una banda 112 que interconecta un par de pestañas 114 que interactúan con la cubierta 106.

Debe observarse que, aunque la presente divulgación describe un método para intercalar y cocurar largueros 110 de material compuesto en forma de C con las capas de material compuesto de una cubierta 106 exterior de un estabilizador 104 horizontal, el método actualmente divulgado puede implementarse para intercalar y cocurar estructuras de material compuesto de cualquier tamaño, forma y configuración, sin limitación. Además, a este respecto, el método actualmente divulgado no se limita a intercalar y cocurar estructuras de caja cerrada, y puede extenderse a intercalar y cocurar estructuras no cerradas tales como paneles planos y/o curvos que pueden ser intercalados y cocurados con una o más estructuras de material compuesto tales como mástiles, refuerzos, largueros, clips, abrazaderas, dobladores o cualquier otro tipo de estructura de material compuesto.

Aún más, el método puede incluir intercalar una sección no curada adicional de una disposición adicional (o más) con el primer y segundo laminado 206, 216. Por ejemplo, la primera y segunda sección 210, 220 no curada del primer y el segundo laminado 206, 216 respectivo puede estar intercalado y la región 256 interfacial resultante puede ser cocurada integralmente con una tercera sección no curada de un tercer laminado (no mostrado). A este respecto, se puede intercalar cualquier número de laminados de material compuesto y la región 256 interfacial resultante se puede cocurar integralmente usando el método divulgado en el presente documento.

La Figura 25 es una vista de extremo de uno de los largueros 110 de la Figura 24 que muestra la banda 112 y las pestañas 114, y los radios 116 del larguero 110. En el ejemplo mostrado, la banda 112 puede comprender una primera sección 208 curada del larguero 110 y la pestaña 114 y el radio 116 en cada lado de la banda 112 pueden comprender cada uno una primera sección 210 no curada del larguero 110. Como se describe a continuación, el larguero 110 puede proporcionarse de modo que la banda 112 esté completamente curada y la pestaña 114 y el radio 116 en lados opuestos de la banda 112 pueden proporcionarse en un estado no curado o en un estado parcialmente curado (por ejemplo, menos del 10 por ciento de curado completo). Además, la cubierta 106 del estabilizador 104 horizontal puede proporcionarse en un estado no curado (por ejemplo, un estado verde). Alternativamente, las regiones de la cubierta 106 que interactúan con las pestañas 114 se pueden curar parcialmente hasta un estado de curado relativamente bajo (por ejemplo, menos del 10 por ciento de curado completo) para facilitar el intercalado de la cubierta 106 con las pestañas 114.

La Figura 26 muestra la disposición de capas de material compuesto en una herramienta 250 del curado de la disposición 250 para disponer y curar el larguero 110 de material compuesto. Se puede incluir uno o más separadores 252 de capas entre al menos un par de capas de material compuesto. Los separadores 252 de capas pueden insertarse a cualquier profundidad dentro de las secciones no curadas. Como se indicó anteriormente, cada sección no curada de un larguero puede incluir la pestaña y puede incluir adicionalmente el radio y potencialmente una porción de la banda. Los separadores 252 de capas pueden insertarse parcialmente en la sección no curada de la pestaña 114, o los separadores 252 de capas pueden insertarse en la pestaña 114 y el radio 116 hasta el punto en el que el radio 116 pasa a la banda 112. Como se indicó anteriormente, los separadores 252 de capas pueden evitar la unión de capas de material compuesto adyacentes durante el curado de la sección curada del larguero (por ejemplo, la banda 112). Los separadores 252 de capas pueden permitir que las capas de material compuesto se separen para facilitar la inserción de una o más de las cubiertas 106 de las capas de material compuesto.

La Figura 27 ilustra el embolsado al vacío del larguero 110 de material compuesto en la herramienta 250 de curado de la disposición para curar la primera sección 208 curada (por ejemplo, la banda). Se puede colocar un par de dispositivos 290 de control de temperatura sobre cada una de las primeras secciones 210 no curadas (por ejemplo, cada pestaña 114 y el radio 116 correspondiente) para evitar el curado de las secciones no curadas. Como se indicó anteriormente, las secciones no curadas pueden estar completamente no curadas o pueden avanzar a un estado de curado parcial tal como menos del 10 por ciento de curado completo. En un ejemplo, la sección no curada puede avanzar a un estado de curado de aproximadamente el 5 por ciento.

En cualquiera de los ejemplos descritos en este documento, una sección no curada puede curarse parcialmente de modo que la temperatura de transición vítrea (T_g) de la sección no curada esté por encima de la temperatura ambiente (por ejemplo, aproximadamente 70 grados F) haciendo que la resina se vuelva vítrea y dando como resultado un aumento en la rigidez de las capas de material compuesto en la sección no curada. En el caso del larguero 110 que

se muestra en la Figura 27, la mayor rigidez de la sección no curada de las capas de material compuesto de la pestaña 114 y el radio 116 puede facilitar el intercalado de la capas de material compuesto de la pestaña 114 con las capas de material compuesto de la cubierta 106. Además, el curado parcial de una sección no curada puede reducir o eliminar la viscosidad en la sección no curada de las capas de material compuesto, lo que también puede facilitar el intercalado de las capas de material compuesto.

En algunos ejemplos, se puede implementar una herramienta de modelado por ordenador para predecir el perfil de temperatura local de un laminado de material compuesto durante el curado del laminado de material compuesto en un ambiente calentado tal como en un horno o un autoclave. Tal herramienta de modelado por ordenador puede permitir predecir el avance del estado de curado del laminado de material compuesto durante un perfil de temperatura de curado prescrito. De esta manera, los parámetros de temperatura y tiempo del laminado de material compuesto se pueden controlar para lograr una cantidad limitada de curado de resina en la sección no curada mientras se permite el curado completo de la sección curada.

La Figura 28 es una vista lateral de los largueros 110 de material compuesto y la cubierta 106 de material compuesto del estabilizador 104 horizontal colocado entre un par de mitades 302 de la herramienta de línea de molde exterior (OML). Se puede colocar una pluralidad de herramientas 306 de curvado en el lado opuesto de cada pestaña 114 y el radio 116 correspondiente. Las herramientas 306 de curvado pueden facilitar la aplicación localizada de presión 334 de compactación sobre los radios 116, las pestañas 114 y la cubierta 106 durante el curado.

La Figura 29 es una vista en perspectiva de un ejemplo de la herramienta 300 de OML compuesta por el par de mitades 302 de la herramienta de OML. Las mitades 302 de la herramienta de OML pueden tener cada una pestañas 304 de herramienta para unir las mitades 302 de la herramienta de OML a lo largo de costuras en lados opuestos de la herramienta 300 de OML. La herramienta 300 de OML puede implementarse para consolidar y curar el ensamblaje 200 de material compuesto de los largueros 110 y las cubiertas 106 contra la superficie interna de la herramienta 300 de OML para formar un estabilizador 104 horizontal como un ensamblaje 200 de material compuesto unificado.

La Figura 30 es una vista en sección de la herramienta 300 de OML que muestra el ensamblaje de los largueros de material compuesto y la cubierta 106 de material compuesto. Como se indicó anteriormente, la porción de banda 112 de cada larguero 110 de material compuesto puede curarse completamente antes del ensamblaje del larguero 110 dentro de la cubierta 106. La cubierta 106 puede proporcionarse en un estado no curado. Alternativamente, la mayoría de la cubierta 106 se puede curar completamente con la excepción de las regiones de la cubierta 106 que se deben intercalar y/o cocurar integralmente con las secciones no curadas de los largueros 110 de material compuesto.

La Figura 31 muestra las capas de material compuesto de la cubierta 106 intercaladas entre un par de capas de material compuesto de las pestañas opuestas de uno de los largueros 110. Como se indicó anteriormente, los separadores 252 de capas pueden instalarse inicialmente entre una o más de las capas de material compuesto de la pestaña 114 (por ejemplo, la sección no curada) antes del curado de la banda 112 (por ejemplo, la sección curada) para evitar que las capas de material compuesto de la pestaña 114 se unan entre sí de modo que las capas de material compuesto puedan separarse durante el ensamblaje de los largueros 110 y la cubierta 106.

La Figura 31 ilustra un relleno 118 del radio que puede instalarse a lo largo de la pestaña 114 superior y la pestaña 114 inferior de cada larguero 110 en el lado posterior de cada pestaña 114. Después de ubicar las herramientas 306 de curvado en cada lado de cada con la pestaña 114 como se muestra, se puede instalar una bolsa 320 de vacío en cada compartimento del ensamblaje de larguero/cubierta. Un compartimento puede describirse como el área rodeada por un par de largueros 110 y las superficies superior e inferior de la cubierta 106. Una bolsa 320 de vacío también puede ubicarse dentro de una localizada entre el larguero 110 de popa y las mitades 302 de la herramienta de OML acopladas a lo largo de la costura de la herramienta de OML.

Se puede aplicar presión de vacío a las bolsas 320 de vacío haciendo que se aplique presión 334 de compactación a la cubierta 106 contra la superficie interna de la herramienta 300 de OML. Además, la bolsa 320 de vacío puede aplicar presión a las herramientas 306 de curvado que, a su vez, puede aplicar presión 334 de compactación a la sección no curada de las pestañas 114 y el radio 116 de los largueros 110. Se puede aplicar calor a las secciones no curadas del larguero y la cubierta mediante el calentamiento de la herramienta 300 de OML. Por ejemplo, la herramienta 300 de OML puede colocarse dentro de un autoclave u horno. El calor de la herramienta 300 de OML puede calentar la cubierta 106 que, a su vez, puede calentar las pestañas 114 no curadas y los radios 116 de cada larguero 110 y permitir la consolidación y el curado final de los largueros 110 y la cubierta 106.

Ventajosamente, el curado previo de las bandas 112 de cada larguero 110 puede reducir la distancia a lo largo de la cual se debe conducir el calor para curar completamente las pestañas y los radios de los largueros. El ensamblaje de material compuesto también se puede calentar usando elementos calefactores, calentamiento por radiación o cualquier otro tipo de calentamiento. Después de completar el curado, la bolsa 320 de vacío y las herramientas 306 de curvado pueden retirarse del interior del estabilizador 104 horizontal. Las mitades de la herramienta de OML pueden separarse para permitir la extracción del estabilizador 104 horizontal unificado que se muestra en La Figura 32.

Ventajosamente, el método divulgado actualmente reduce la fijación y/o unión que de otro modo podría ser necesaria para acoplar partes de material compuesto. La reducción en la fijación y/o unión puede permitir una reducción en el

- número de superficies que tienen tolerancias dimensionales estrechas, según se requiera para la fijación y/o unión adhesiva de tales piezas de material compuesto. Como puede apreciarse, una reducción en la cantidad de pernos, una reducción en la unión y un requisito reducido de tolerancias dimensionales estrechas puede traducirse en una reducción en el costo y el tiempo asociados con el diseño de herramientas, el ensamblaje de piezas y la inspección de piezas. Un requisito reducido de tolerancias dimensionales estrechas también puede reducir o evitar la necesidad de diseñar herramientas para acomodar el alabeo parcial que puede ocurrir como resultado del curado de la pieza de material compuesto. Además, una reducción en los pernos puede dar como resultado una reducción en el peso del ensamblaje de material compuesto curado.
- Una ventaja adicional asociada con reducir o evitar el uso de pernos en ensamblajes de material compuesto es una mejora en las propiedades mecánicas del laminado. Por ejemplo, ciertas estructuras de material compuesto pueden diseñarse en función de la resistencia a la compresión de agujero abierto (OHC) de un panel compuesto. La resistencia de OHC se puede aplicar en el diseño de estructuras sujetadas como un medio para evitar la falla de la estructura en caso de pérdida de un perno. La aplicación de la resistencia de OHC puede dictar un aumento en el espesor de la pieza que puede traducirse en un mayor peso estructural. Ventajosamente, al unir piezas de material compuesto usando el método de cocurado integral divulgado en este documento en lugar de usar pernos, el uso de resistencia de OHC en el diseño de un ensamblaje de material compuesto puede reducirse o eliminarse, y puede aplicarse un factor de diseño menos restrictivo que puede traducirse en reducción de peso estructural. Para aplicaciones sensibles al peso como las aeronaves, una reducción en el peso estructural puede traducirse en una mejora en el rendimiento operativo de la aeronave, tal como un mayor alcance y/o una mayor eficiencia del combustible.
- De acuerdo con un primer aspecto de la divulgación, se proporciona:
- Un método para fabricar un ensamblaje de material compuesto, que incluye:
- proporcionar un primer laminado y un segundo laminado, respectivamente, formados por una primera y segunda capas de material compuesto y que tienen una primera y segunda sección curada respectiva y una primera y segunda sección no curada respectiva;
- intercalar al menos una de las primeras capas de material compuesto en la primera sección no curada con las segundas capas de material compuesto en la segunda sección no curada para formar una región interfacial; y
- curar la región interfacial para unir el primer laminado al segundo laminado y formar un ensamblaje de material compuesto unificado.
- Opcionalmente, la etapa de intercalar incluye:
- insertar al menos una de las primeras capas de material compuesto en la primera sección no curada entre un par de segundas capas de material compuesto inmediatamente adyacentes en la segunda sección no curada.
- Opcionalmente, la etapa de curar la región interfacial incluye:
- calentar la región interfacial; y
- en la que el calentamiento de la primera y segunda sección curada es menor que el calentamiento de la región interfacial cuando se calienta la región interfacial.
- Opcionalmente, la etapa de intercalación incluye:
- al menos parcialmente superponer al menos una de las primeras capas de material compuesto de la primera sección no curada con al menos una de las segundas capas de material compuesto de la segunda sección no curada para formar la región interfacial.
- Opcionalmente, la etapa de intercalación incluye:
- escalonar al menos dos juntas de capas que unen el primer y el segundo laminado.
- Opcionalmente, las primeras capas de material compuesto y las segundas capas de material compuesto incluyen al menos una capa de 0 grados, incluyendo la etapa de intercalación:
- superponer una capa de 0 grados en la primera sección no curada del primer laminado con una capa de 0 grados en la segunda sección no curada del segundo laminado para formar una junta superpuesta.
- Opcionalmente, las primeras capas de material compuesto y las segundas capas de material compuesto incluyen al menos una capa no de 0 grados, incluyendo la etapa de intercalación:
- unir una capa no de 0 grados en la primera sección no curada del primer laminado con una capa no de 0 grados en la segunda sección no curada del segundo laminado para formar una junta a tope.
- Opcionalmente, la etapa de intercalación incluye:

intercalar una sección adicional no curada de al menos una disposición adicional con la primera y segunda sección no curada para formar la región interfacial.

Opcionalmente, el método incluye, además:

- 5 Disponer una o más capas de empalme sobre las primeras capas de material compuesto y las segundas capas de material compuesto en la región interfacial.

Opcionalmente, la etapa de disponer una o más capas de empalme incluye:

superponer al menos una de las capas de empalme sobre un extremo de capa de al menos una de las primeras capas de material compuesto y sobre un extremo de capa de al menos una de las segundas capas de material compuesto.

Opcionalmente, la etapa de disponer una o más capas de empalme incluye:

- 10 disponer una pluralidad de capas de empalme sobre la primera y segunda capas de material compuesto con una tasa de rampa mayor que 1:1.

Opcionalmente, la etapa de curar la región interfacial se realiza usando al menos uno de un autoclave, un autoclave de presión, un horno y mantas térmicas.

Opcionalmente, la etapa de curar la región interfacial comprende:

- 15 soportar la región interfacial en la herramienta de curado de la región interfacial, un resto de al menos una porción del primer laminado y el segundo laminado no están soportados por la herramienta de curado de la región interfacial.

Opcionalmente, al menos una de las capas de material compuesto en el primer y el segundo laminado es una capa no de 0 grados o una capa no de 90 grados formada por cinta unidireccional y formando un borde crenulado en la primera y segunda sección no curada respectiva, incluyendo la etapa de intercalación:

- 20 insertar un extremo de cinta de la cinta unidireccional de una primera capa de material compuesto entre un par de las segundas capas de material compuesto.

De acuerdo con un segundo aspecto de la divulgación, se proporciona:

Un método para fabricar un ensamblaje de material compuesto, que incluye:

disponer una pluralidad de primeras capas de material compuesto para formar una primera disposición;

- 25 disponer una pluralidad de segundas capas de material compuesto para formar una segunda disposición;

curar la primera y segunda disposición de una manera que forme un primer y segundo laminado respectivo, cada uno con una primera y segunda sección curada respectiva y una primera y segunda sección no curada respectiva;

intercalar las primeras capas de material compuesto en la primera sección no curada con las segundas capas de material compuesto en la segunda sección no curada para formar una región interfacial; y

- 30 curar la región interfacial para unir el primer laminado al segundo laminado y formar un ensamblaje de material compuesto unificado.

Opcionalmente, las etapas de curado de la primera y segunda disposición incluyen:

calentar una porción respectiva de la primera y segunda disposición que define la primera y segunda sección curada respectiva; y

- 35 en el que el calentamiento de la porción de la primera y segunda disposición que define la primera y segunda sección no curada es menor que el calentamiento de la primera y segunda sección curada cuando se calienta la porción respectiva de la primera y segunda disposición que define la primera y segunda sección curada respectiva.

Opcionalmente, las etapas de curado de la primera y segunda disposición incluyen:

- 40 curar parcialmente al menos una de la primera y segunda secciones no curadas hasta un estado de curado parcial de menos de aproximadamente 10 por ciento.

Opcionalmente, la etapa de curado parcial incluye:

curar parcialmente al menos una de la primera y segunda secciones no curada de modo que se reduzca la viscosidad.

Opcionalmente, la etapa de disposición de la primera y segundas capas de material compuesto y de intercalación incluye:

insertar un separador de capas entre al menos un par de primeras capas de material compuesto y/o entre al menos un par de segundas capas de material compuesto en una primera y segunda sección no curada respectiva;

curar al menos parcialmente la primera y segunda sección no curada respectiva;

- 5 evitar la unión de la primera y segunda capas de material compuesto respectivas en la primera y segunda sección no curada respectiva como resultado de la inserción del separador de capas entre las capas de material compuesto; y

retirar el separador de capas antes de intercalar la primera y segunda capas de material compuesto.

De acuerdo con un tercer aspecto de la divulgación, se proporciona:

Un método para fabricar un ensamblaje de material compuesto, que incluye:

- 10 disponer una pluralidad de primeras capas de material compuesto y una pluralidad de segundas capas de material compuesto para formar respectivamente una primera disposición y una segunda disposición;

curar hasta curado completo una primera sección no curada y una segunda sección no curada de la primera y segunda disposición respectiva;

curar parcialmente hasta aproximadamente 5 por ciento una primera sección no curada y una segunda sección no curada de la primera y segunda disposición respectiva;

- 15 intercalar al menos una de las primeras capas de material compuesto en la primera sección no curada entre un par de segundas capas de material compuesto en la segunda sección no curada para formar una región interfacial; y

curar la región interfacial para formar un ensamblaje de material compuesto unificado.

- 20 Las modificaciones y mejoras adicionales de la presente divulgación pueden ser evidentes para los expertos en la materia. Por lo tanto, la combinación particular de partes descritas e ilustradas en el presente documento pretende representar solo ciertas realizaciones de la presente divulgación y no pretende servir como limitaciones de realizaciones o dispositivos alternativos dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para fabricar un ensamblaje (200) de material compuesto, que incluye:
disponer una pluralidad de primeras capas (204) de material compuesto para formar una primera disposición;
disponer una pluralidad de segundas capas (214) de material compuesto para formar una segunda disposición;
- 5 curar la primera y segunda disposición de una manera que forme un primer y segundo laminado (206, 216) respectivo teniendo cada uno una primera y una segunda sección (208, 218) curada respectiva y una primera y una segunda sección (210, 220) no curada respectiva;
intercalar las primeras capas (204) de material compuesto en la primera sección (210) no curada con las segundas capas (214) de material compuesto en la segunda sección (220) no curada para formar una región (256) interfacial; y
- 10 curar la región (256) interfacial para unir el primer laminado (206) al segundo laminado (216) y formar un ensamblaje (200) de material compuesto unificado;
en el que la etapa de disponer la primera y segunda capas de material compuesto e intercalación incluye:
insertar un separador (252) de capas entre al menos un par de primeras capas (204) de material compuesto y/o entre al menos un par de segundas capas (214) de material compuesto en una primera y segunda sección (210, 220) no curada respectiva;
- 15 curar al menos parcialmente la primera y segunda sección (210, 220) no curada respectiva;
evitar la unión de la primera y segunda capas (204, 214) de material compuesto respectivas en la primera y segunda sección no curada (210, 220) respectiva como resultado de la inserción del separador (252) de capas entre las capas (204, 214) de material compuesto; y
- 20 retirar el separador (252) de capas antes de intercalar la primera y segunda capas (204, 214) de material compuesto.
2. El método de la reivindicación 1, en el que la etapa de intercalación incluye:
insertar al menos una de las primeras capas (204) de material compuesto en la primera sección (210) no curada entre un par de segundas capas (214) de material compuesto inmediatamente adyacentes en la segunda sección (220) no curada.
- 25 3. El método de las reivindicaciones 1 o 2, en el que la etapa de curar la región (256) interfacial incluye:
calentar la región (256) interfacial; y
en el que el calentamiento de la primera y segunda sección (208, 218) curada es menor que el calentamiento de la región (256) interfacial cuando se calienta la región (256) interfacial.
4. El método de las reivindicaciones 1, 2 o 3, en el que la etapa de intercalación incluye:
- 30 solapar al menos parcialmente al menos una de las primeras capas (204) de material compuesto de la primera sección (210) no curada con al menos una de las segundas capas (214) de material compuesto de la segunda sección (220) no curada para formar la región (256) interfacial.
5. El método de las reivindicaciones 1, 2, 3 o 4, en el que la etapa de intercalación incluye:
escalonar al menos dos juntas (260) de capa que unen el primer (206) y el segundo laminado (216).
- 35 6. El método de las reivindicaciones 1, 2, 3, 4 o 5, en el que las primeras capas (204) de material compuesto y las segundas capas (214) de material compuesto incluyen cada una al menos una capa (244) de 0 grados, incluyendo la etapa de intercalación:
solapar una capa (244) de 0 grados en la primera sección (210) no curada del primer laminado (206) con una capa (244) de 0 grados en la segunda sección (220) no curada del segundo laminado (216) para formar una unión (262)
- 40 superpuesta.
7. El método de las reivindicaciones 1, 2, 3, 4, 5 o 6, en el que las primeras capas (204) de material compuesto y las segundas capas (214) de material compuesto incluyen cada una al menos una capa (246, 248) no de 0 grados, incluyendo la etapa de intercalación:
unir una capa no de 0 grados (246, 248) en la primera sección (210) no curada del primer laminado (206) con una
- 45 capa (246, 248) no de 0 grados en la segunda sección (220) no curada del segundo laminado (216) para formar una junta (264) a tope.

8. El método de las reivindicaciones 1, 2, 3, 4, 5, 6 o 7, en el que la etapa de intercalación incluye:

intercalar una sección no curada adicional de al menos una disposición adicional con la primera y segunda sección (210, 220) no curada para formar la región (256) interfacial.

9. El método de las reivindicaciones 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 u 8, que incluye, además:

- 5 disponer una o más capas (282) de empalme sobre las primeras capas (204) de material compuesto y las segundas capas (214) de material compuesto en la región (256) interfacial.

10. El método de la reivindicación 9, en el que la etapa de disponer una o más capas (282) de empalme incluye:

solapar al menos una de las capas (282) de empalme sobre un extremo (222) de capa de al menos una de las primeras capas (204) de material compuesto y sobre un extremo (222) de capa de al menos una de las segundas capas (214) de material compuesto.

10

11. El método de la reivindicación 9 o 10, en el que la etapa de colocar una o más capas (282) de empalme incluye:

disponer una pluralidad de capas (282) de empalme sobre la primera (204) y segunda (214) capas de material compuesto con una tasa de rampa mayor que 1:1.

12. El método de las reivindicaciones 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 u 11, en el que la etapa de curar la región (256) interfacial se realiza utilizando al menos uno de un autoclave, un autoclave (332) de presión, un horno y mantas térmicas.

15

13. El método de las reivindicaciones 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 o 12, en el que la etapa de curar la región (256) interfacial comprende:

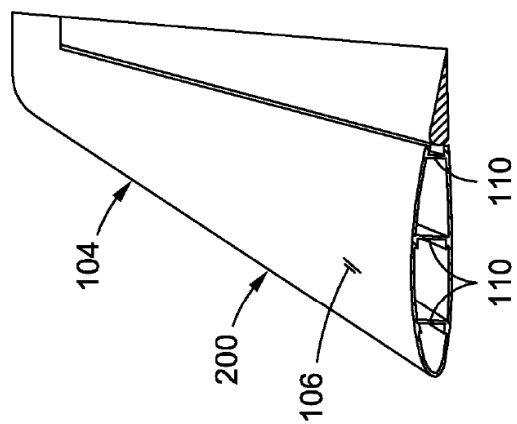
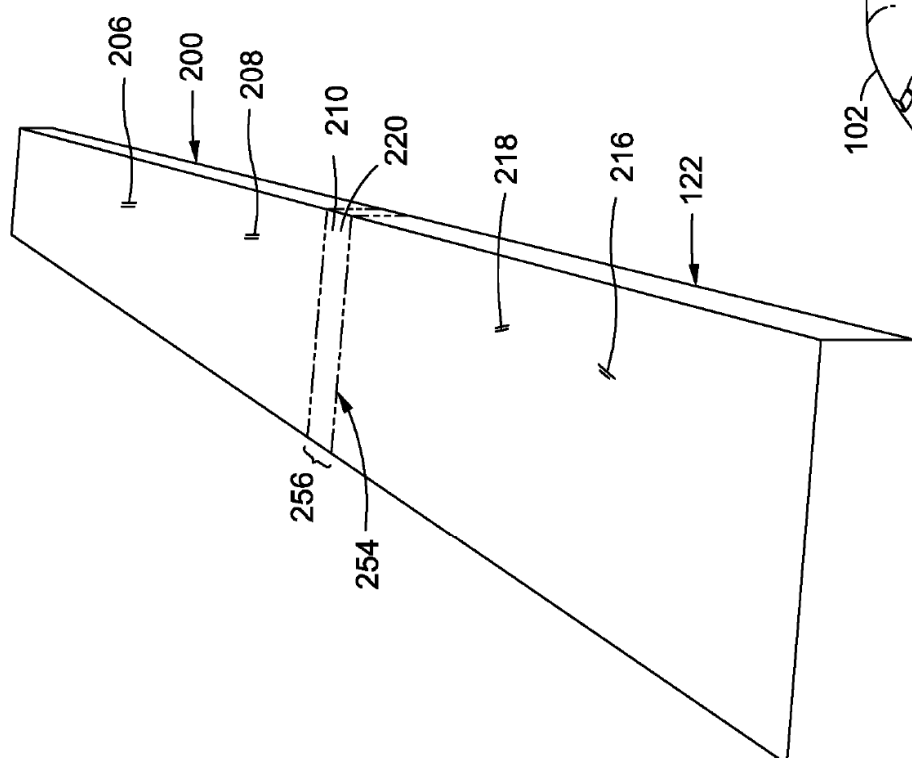
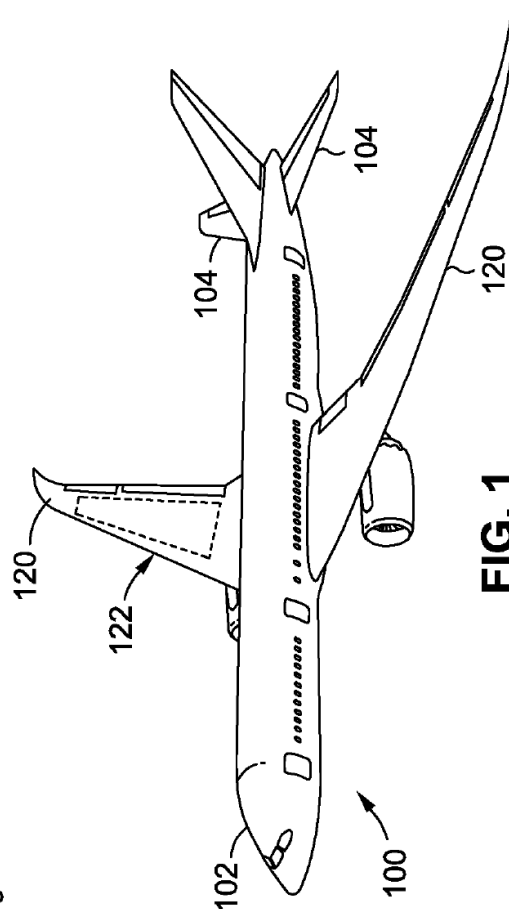
soportar la región (256) interfacial en la herramienta (266) de curado de región interfacial, no estando un resto de al menos una porción del primer laminado (206) y el segundo laminado (216) soportados por la herramienta (266) de curado de región interfacial.

20

14. El método de las reivindicaciones 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 o 13, en el que al menos una de las capas (204, 214) de material compuesto en el primer (206) y el segundo (216) laminados es una capa no de 0 grados o una capa no de 90 grados formada por cinta (242) unidireccional y que forma un borde (240) crenulado en la primera y segunda sección (210, 220) no curada respectiva, la etapa de intercalación que incluye:

25

insertar un extremo (243) de cinta de la cinta (242) unidireccional de una primera capa (204) de material compuesto entre un par de las segundas capas (214) de material compuesto.



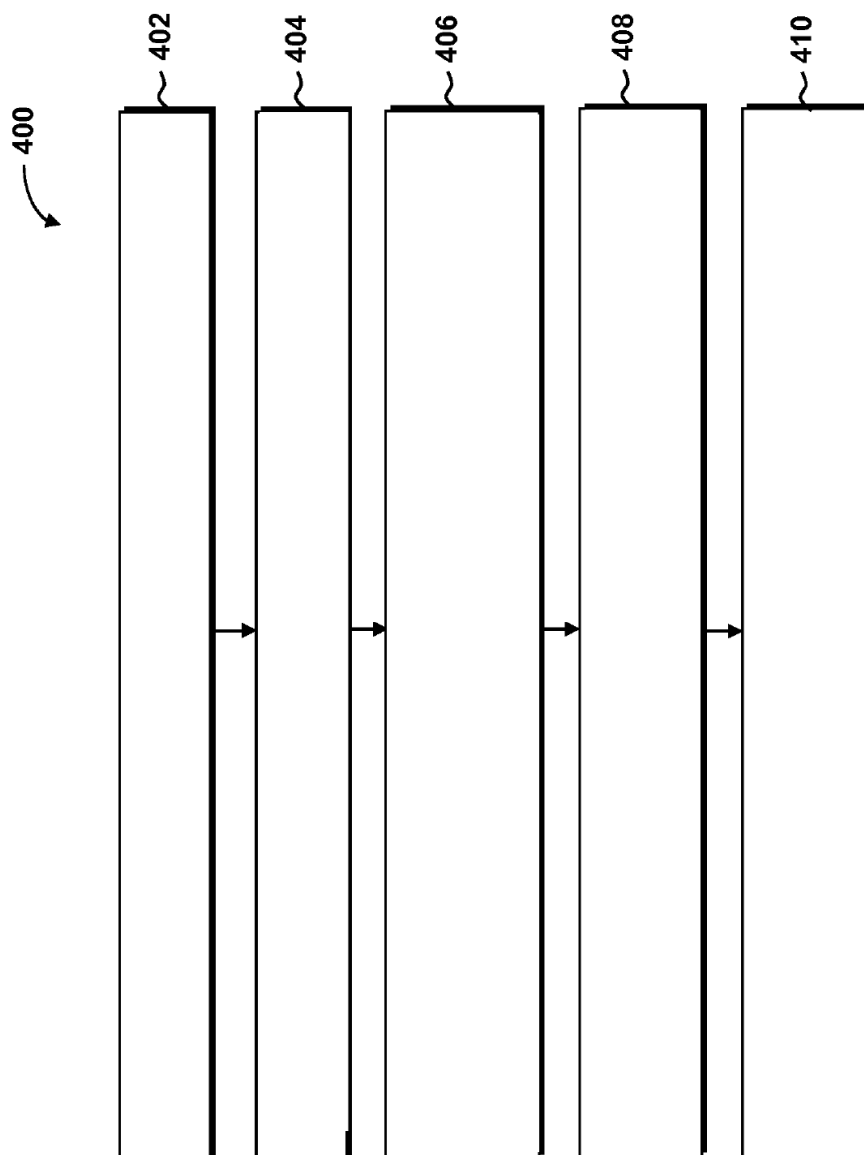


FIG. 4

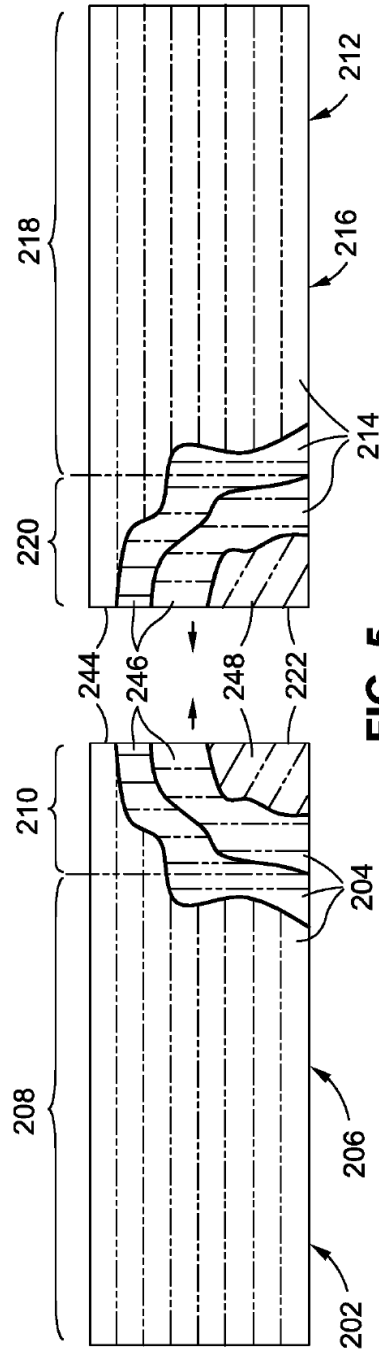


FIG. 5

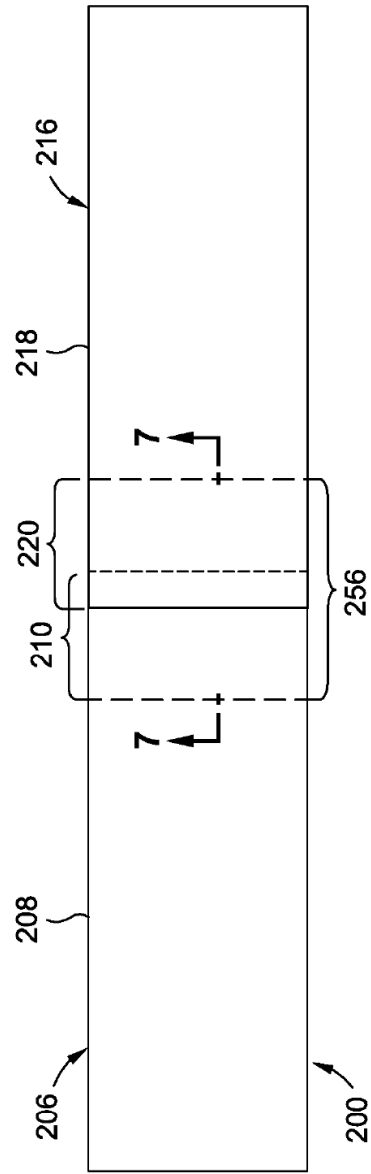


FIG. 6

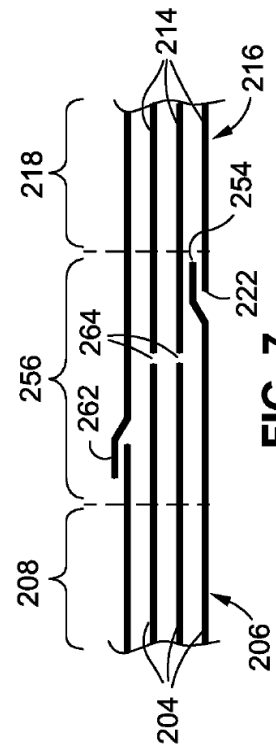


FIG. 7

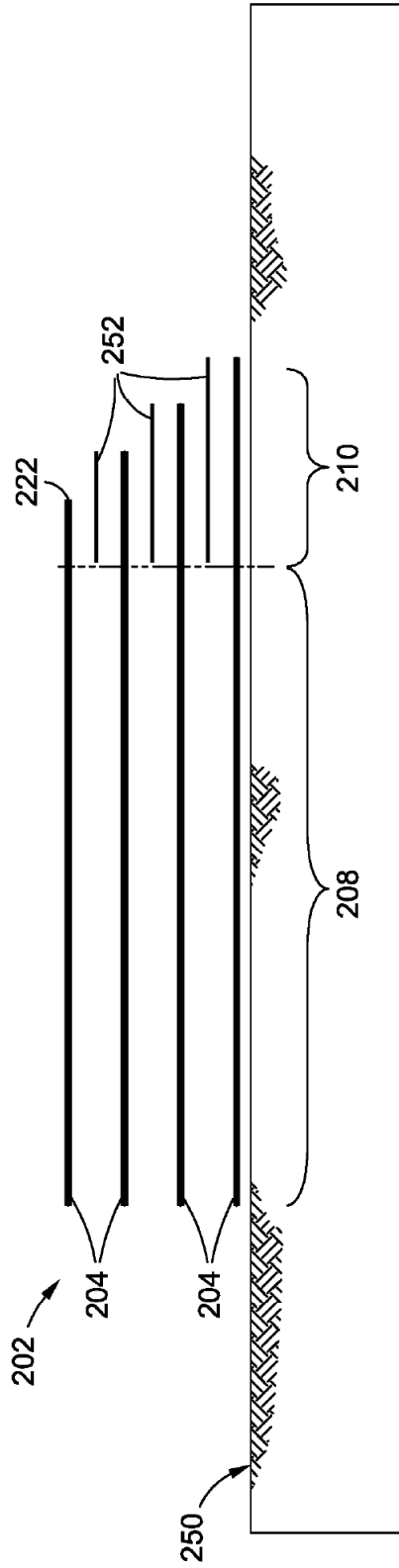


FIG. 8

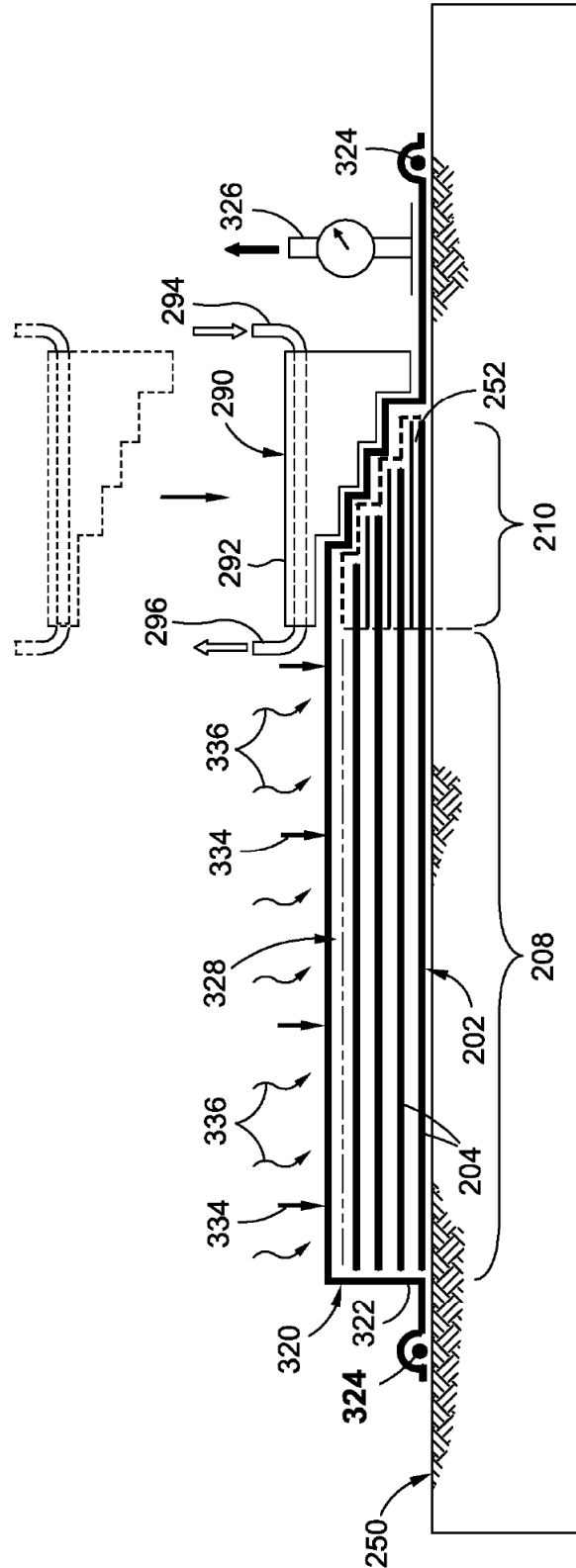
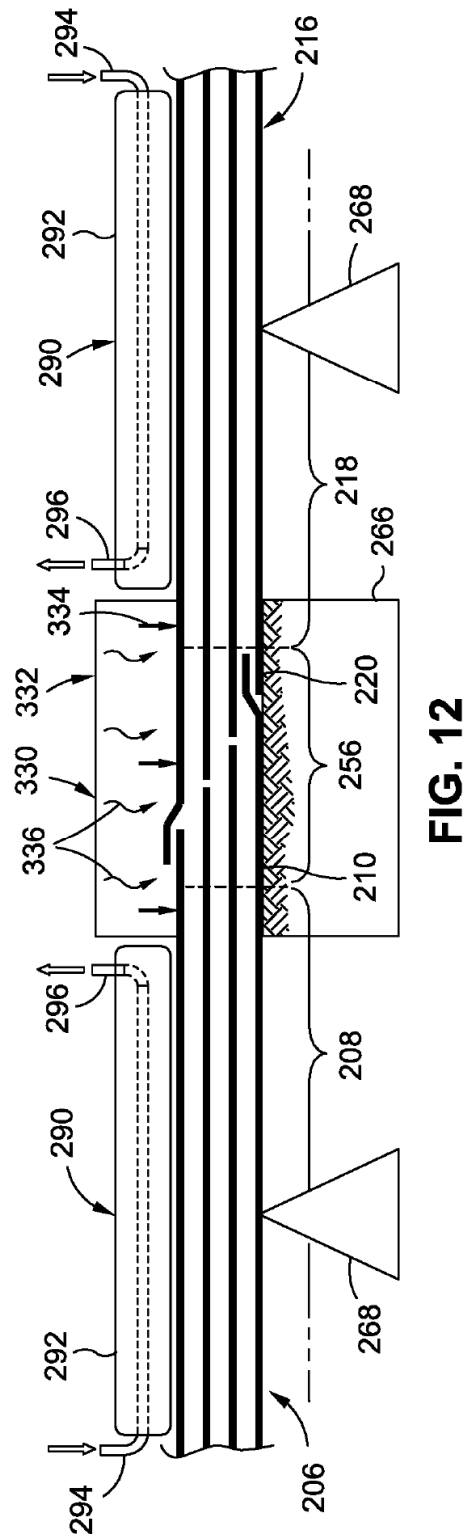
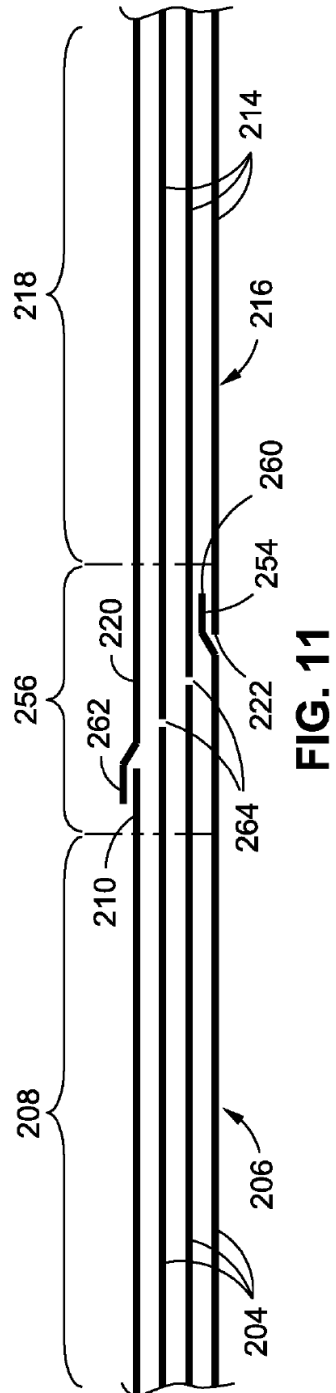
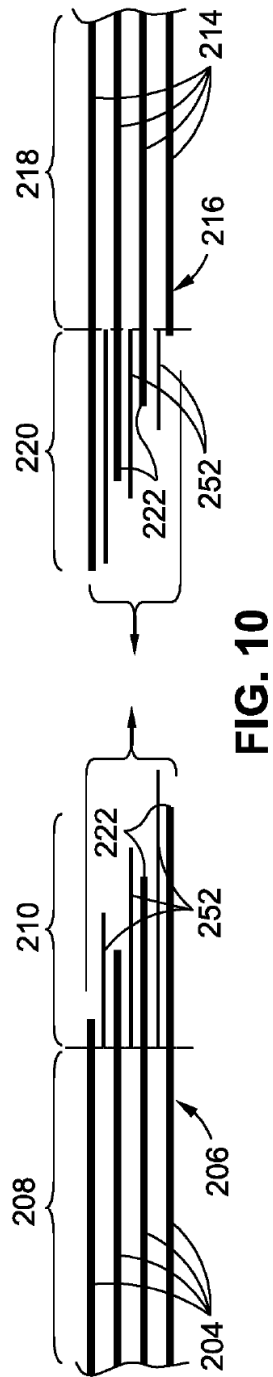


FIG. 9



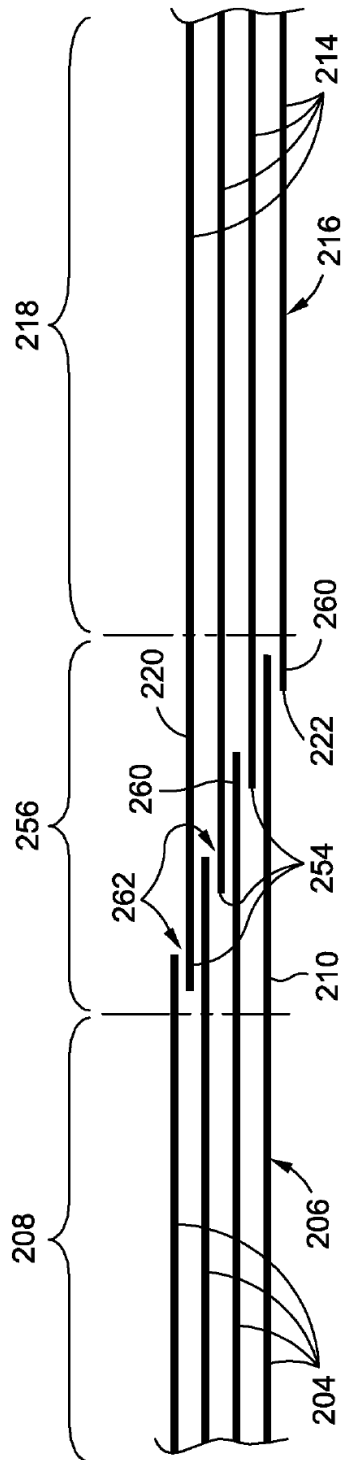


FIG. 13

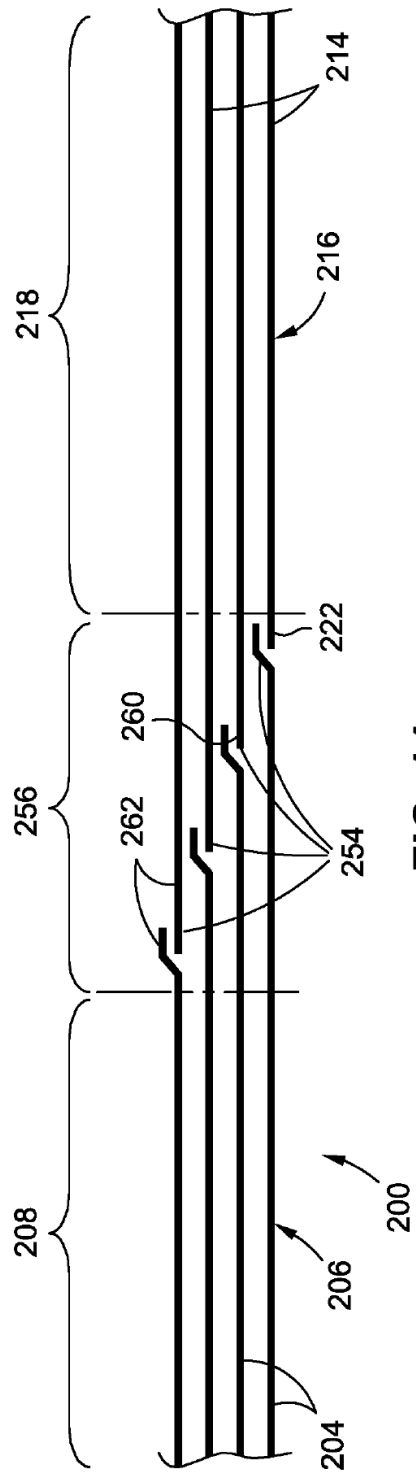


FIG. 14

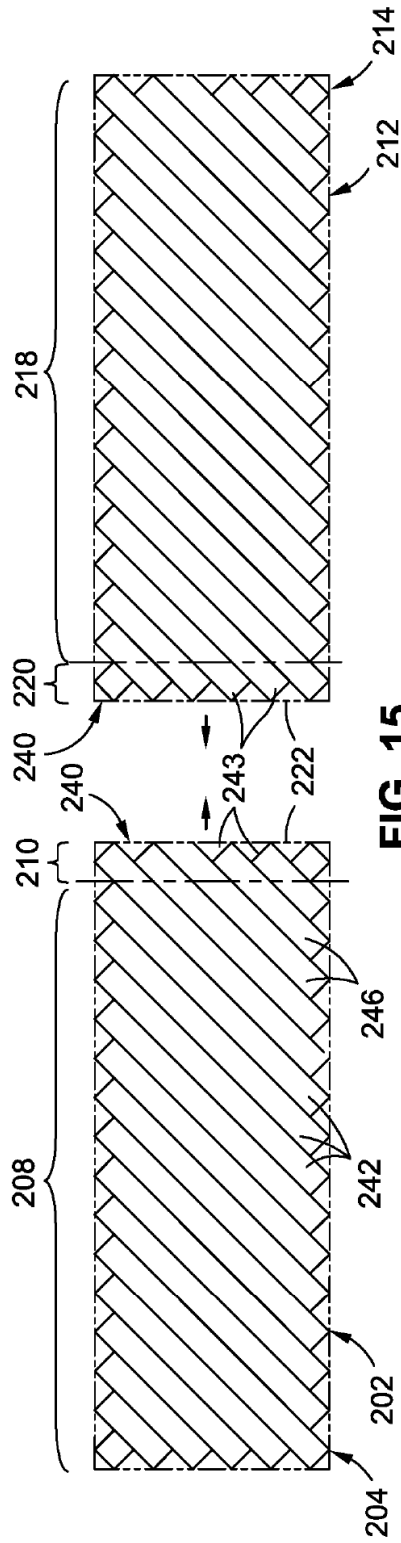


FIG. 15

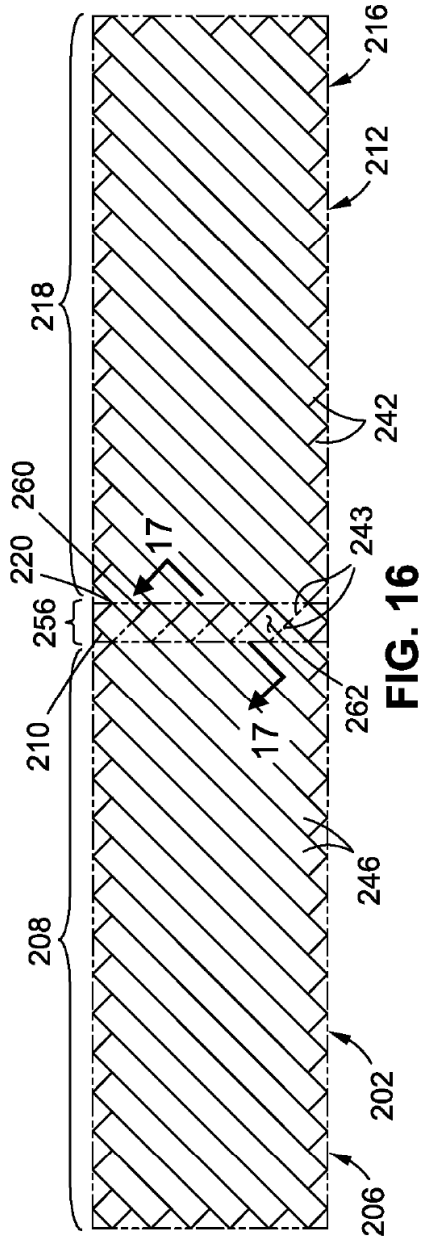


FIG. 16

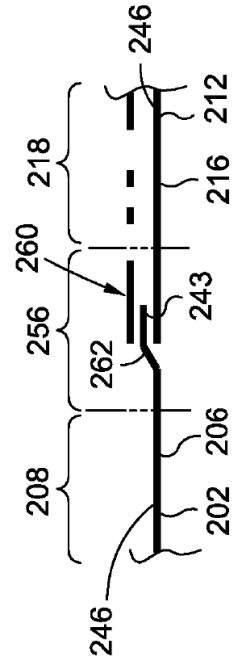


FIG. 17

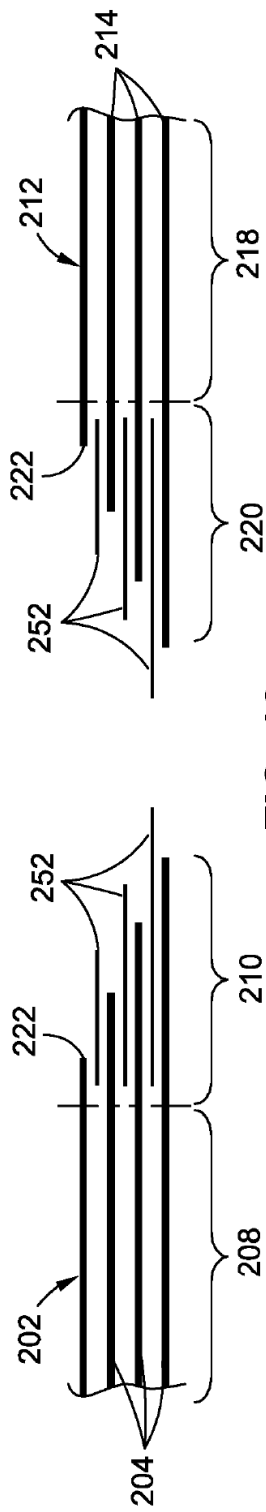


FIG. 18

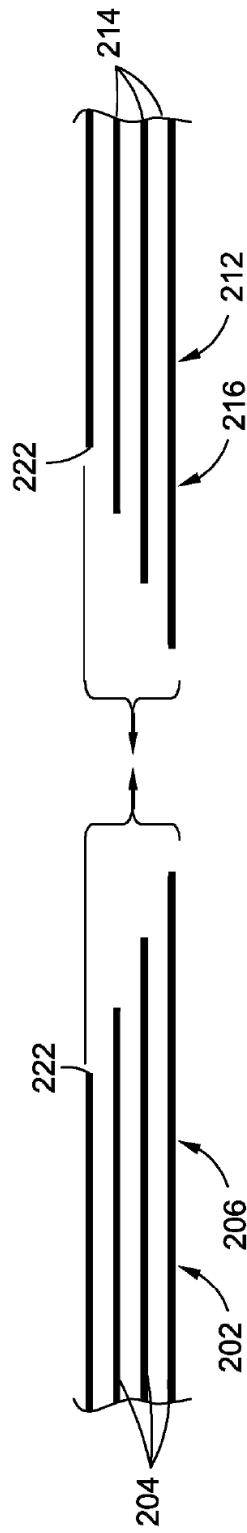


FIG. 19

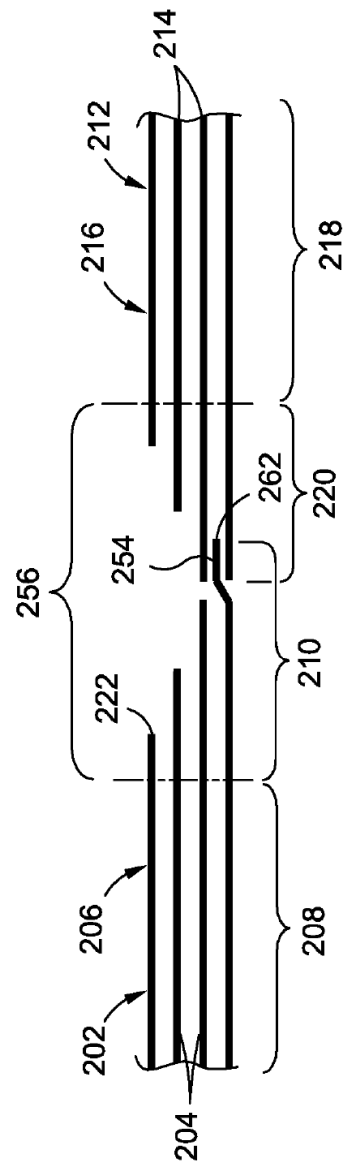


FIG. 20

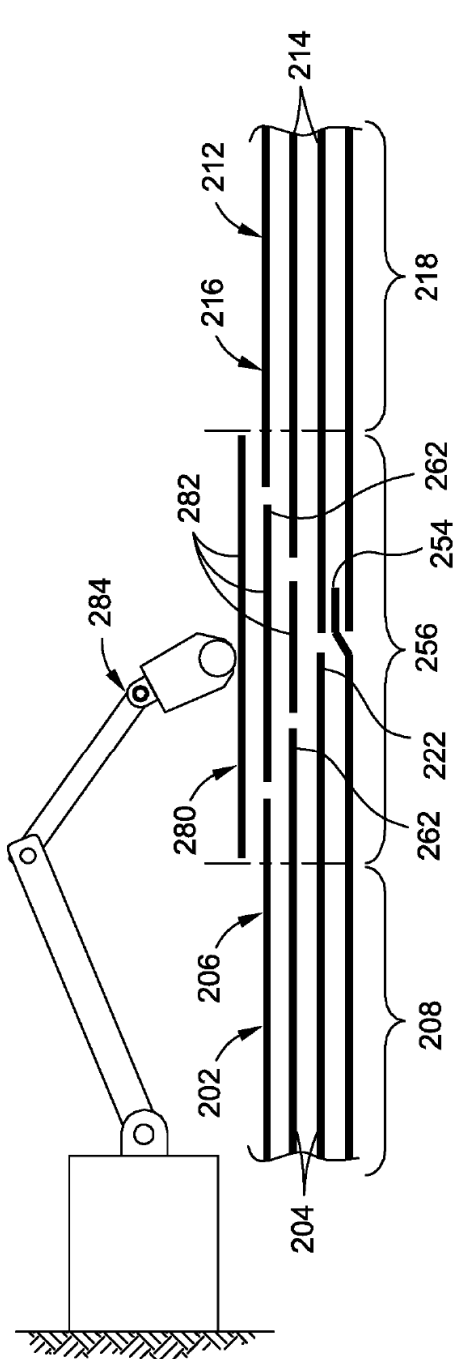


FIG. 21

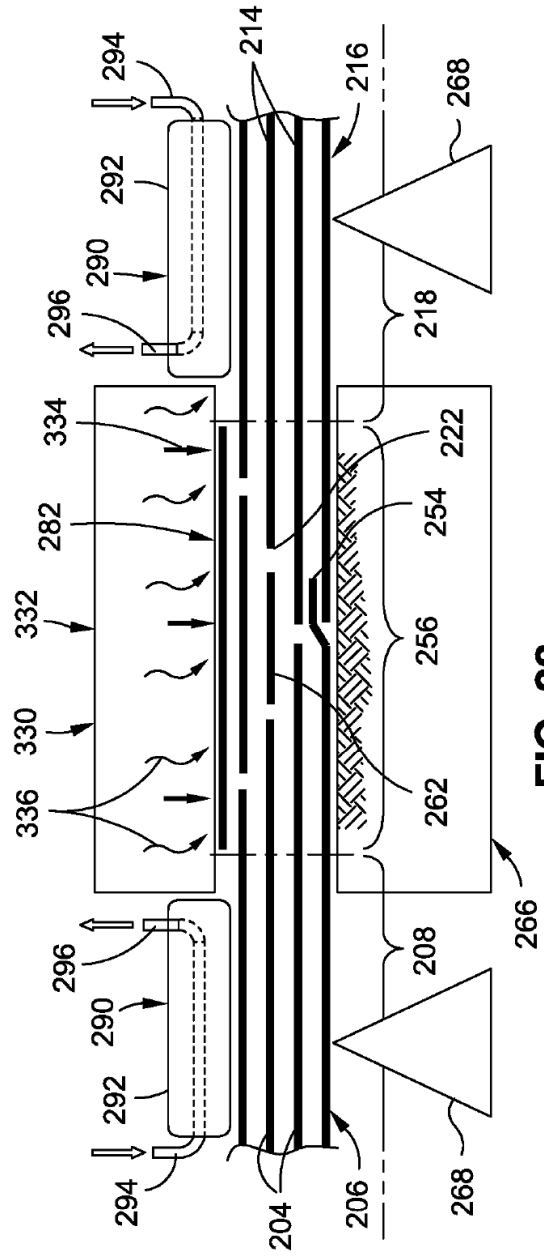


FIG. 22

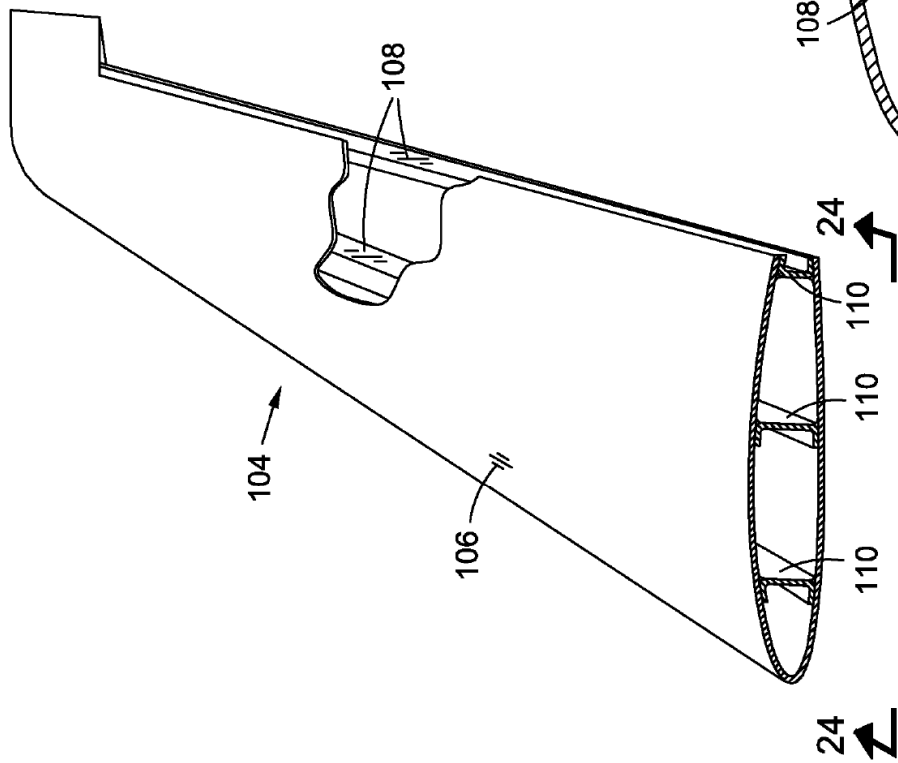


FIG. 23

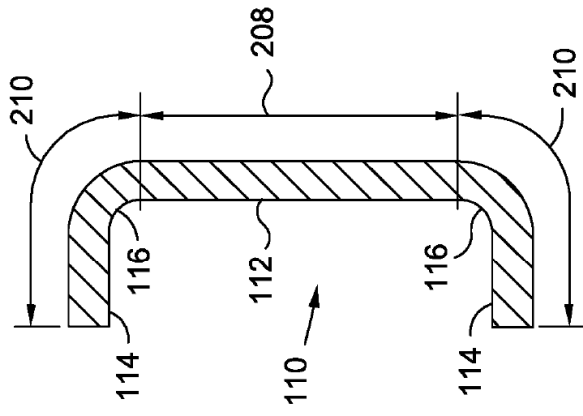


FIG. 25

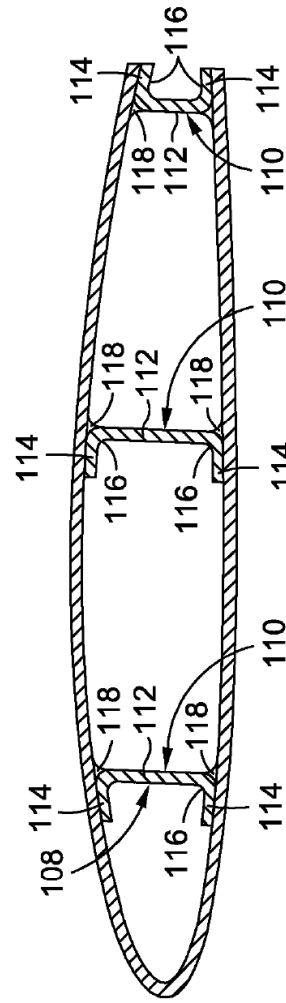


FIG. 24

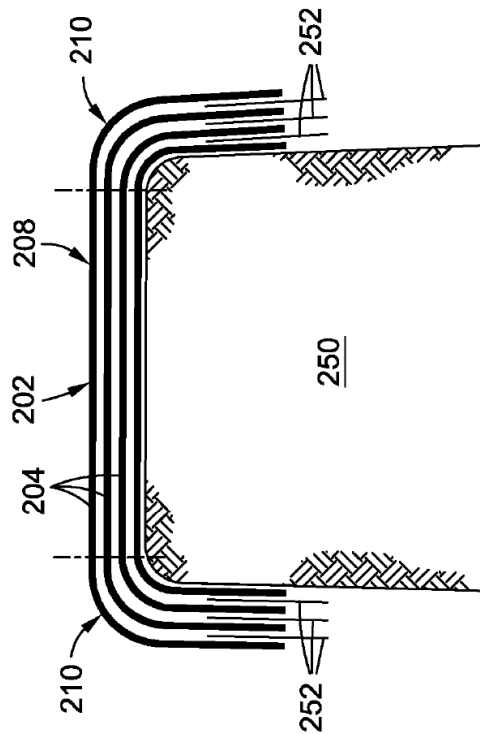


FIG. 26

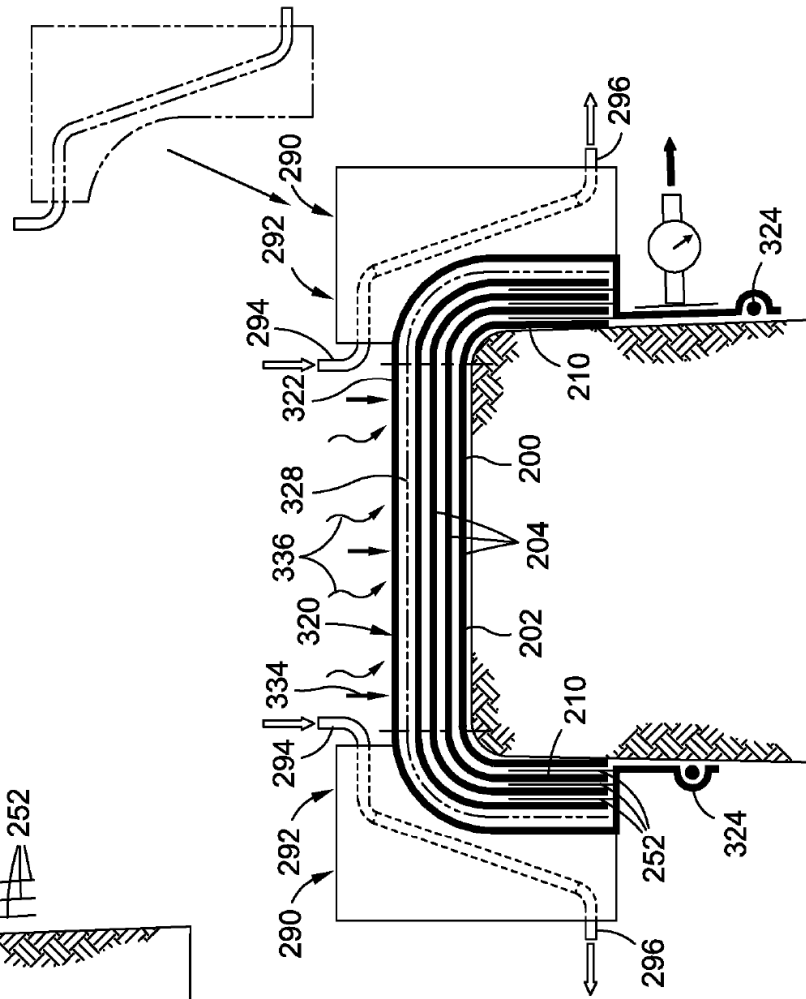


FIG. 27

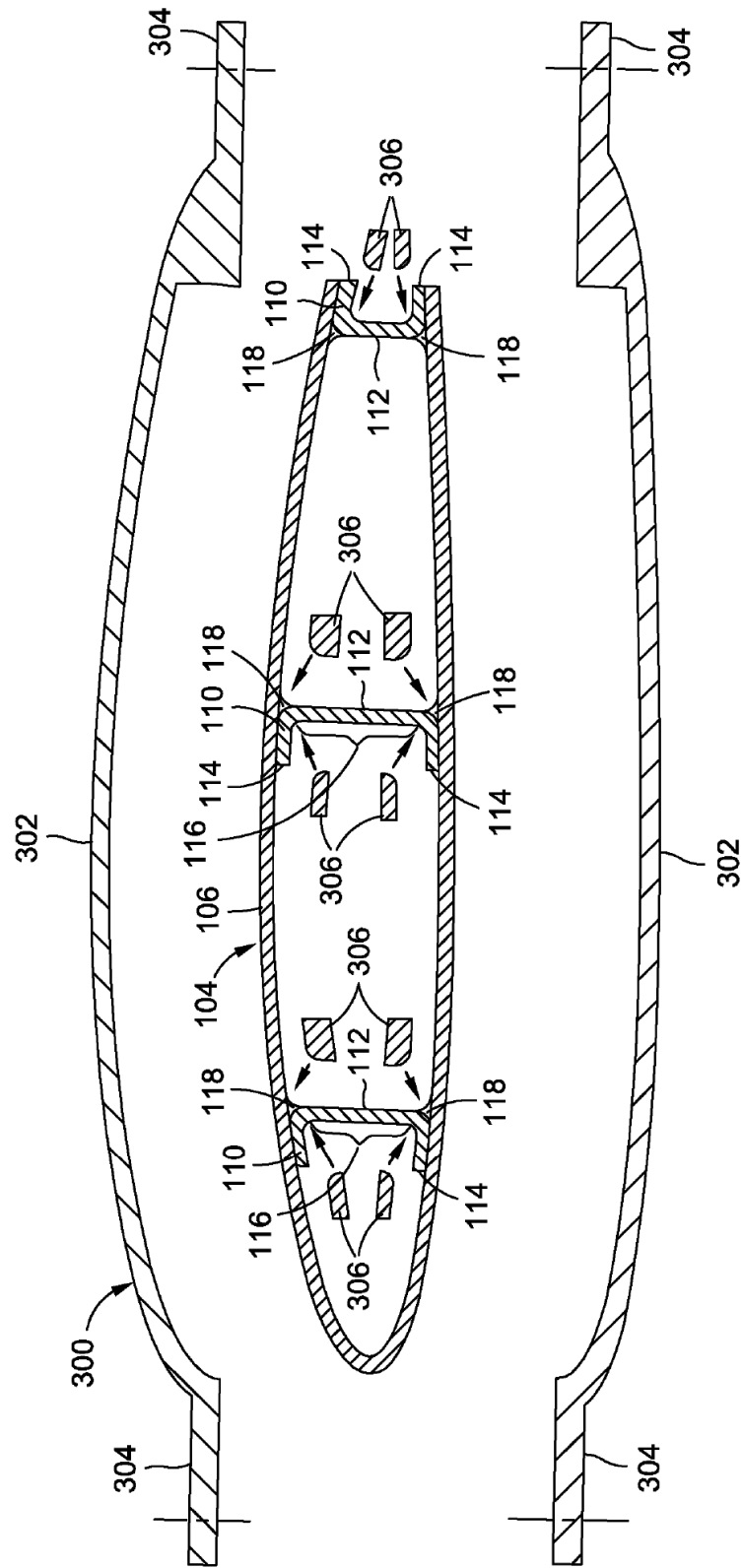
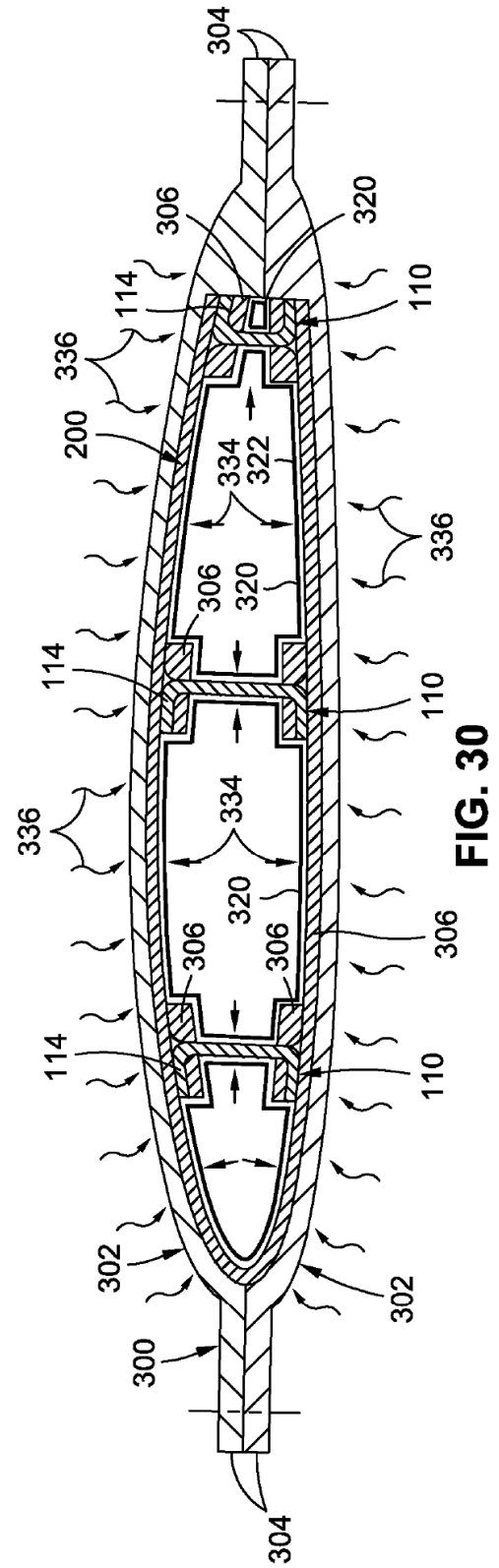
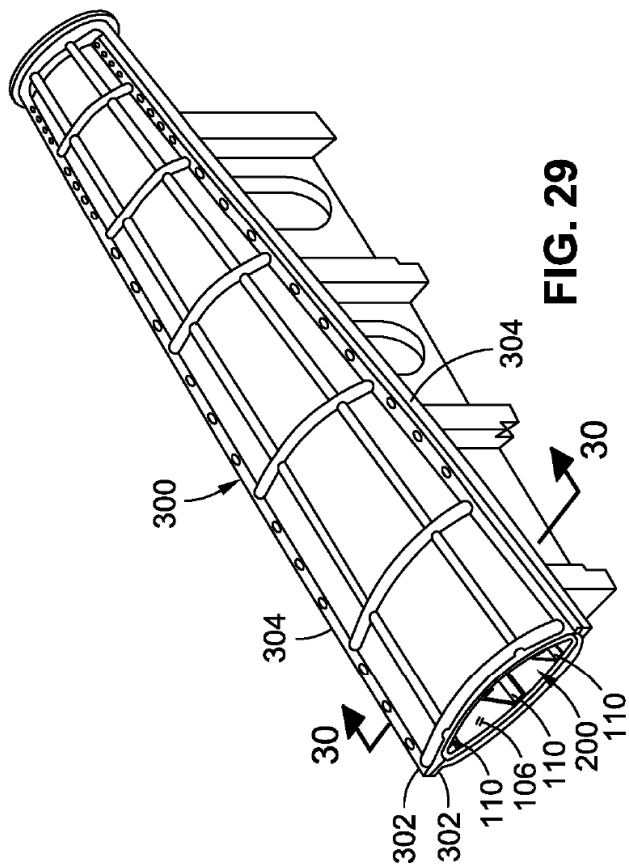


FIG. 28



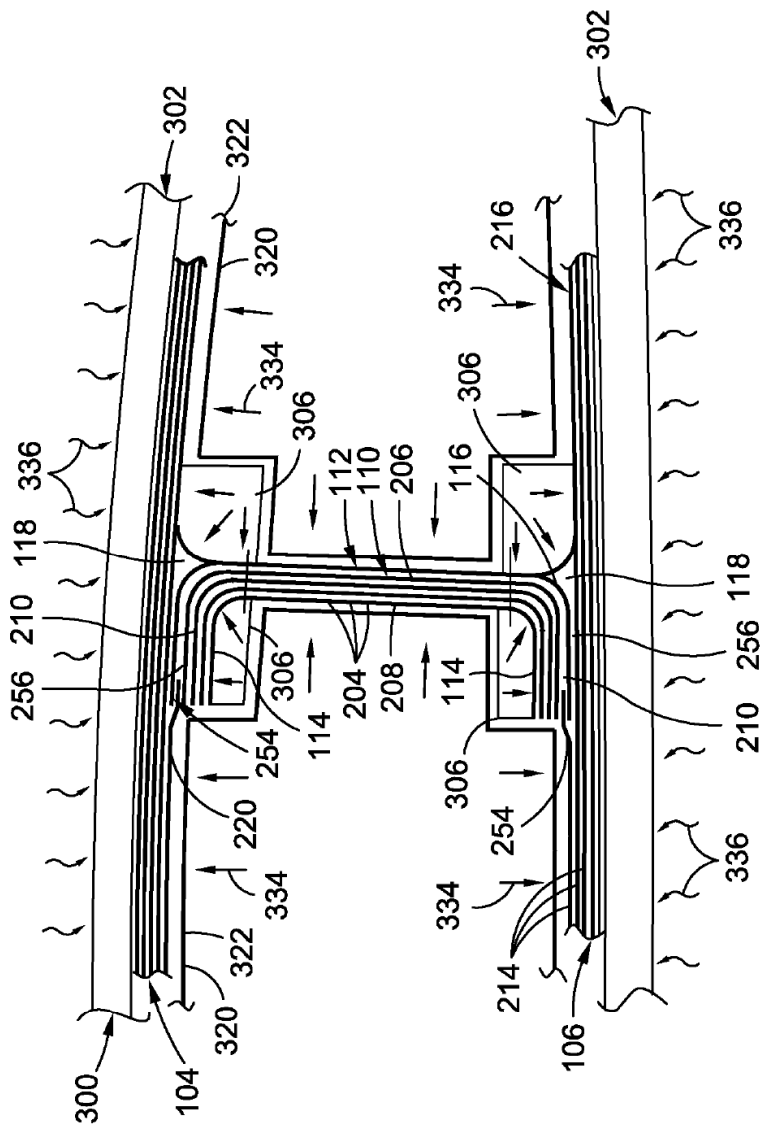


FIG. 31

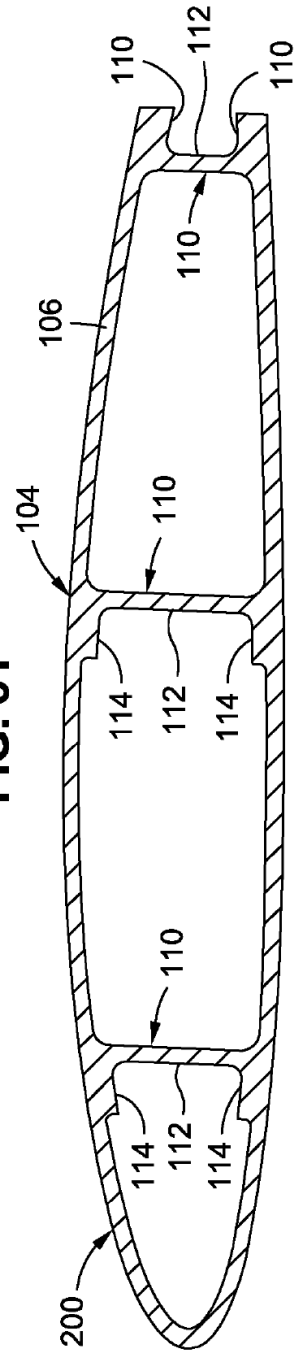


FIG. 32