

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 502 440**

51 Int. Cl.:

B29C 70/30 (2006.01)

B29C 70/54 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.11.2011** **E 11187925 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.07.2014** **EP 2452806**

54 Título: **Método de colocación de capas de preimpregnado sobre herramientas contorneadas utilizando una película de soporte deformable**

30 Prioridad:

12.11.2010 US 945024

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

03.10.2014

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-2016, US**

72 Inventor/es:

**HAWKINS, ROBERT D;
WILLDEN, KURTIS S;
MODIN, ANDREW E;
DEPASE, EDOARDO;
GLAIN, MICHAEL;
MUSSI, BENJAMIN ADAM y
KISMARTON, MAX U**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 502 440 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método de colocación de capas de preimpregnado sobre herramientas contorneadas utilizando una película de soporte deformable

5

Campo técnico

La presente divulgación se refiere en general a procesos para la fabricación de estructuras de material compuesto, y trata más particularmente con un método de manipulación y colocación de capas de material compuesto, sobre todo en herramientas contorneadas.

10

Antecedentes

Durante la colocación de capas de preimpregnado sobre una herramienta, a veces es necesario adaptar estrechamente la capa a curvas, contornos y/o características de la herramienta con el fin de asegurar que la colocación está sustancialmente libre de huecos, arrugas y/o pandeos. Las técnicas conocidas para adaptar las capas a las superficies curvas de las herramientas implican el punzado, corte y/o división de la capa durante el proceso de colocación, y/o un extenso barrido manual para adaptar la capa a las superficies contorneadas de la herramienta. Estas técnicas pueden consumir mucho tiempo y/o pueden proporcionar una resistencia mecánica no deseada de la parte curada.

15

20

El documento US 2009/0008825 desvela un método y un dispositivo para la situación de al menos una capa de material sobre un molde en relieve para producir un material compuesto. De este modo, un cuerpo deformable elásticamente-reversiblemente con un relieve superficial que se diseña para corresponder al molde en relieve se presiona contra la capa de material, como resultado del que la superficie de dicho cuerpo se deforma, y la capa de material se puede recoger. Como resultado de sus características elásticamente reversibles, el cuerpo se deforma posteriormente de nuevo a su estado inicial de manera que la capa de material se puede situar fácilmente sobre el molde en relieve.

25

Un artículo titulado "Automatización de la fabricación de géneros anchos" de Buckingham *et al*, y publicado en Materiales Compuestos vol. 27A, no.3, el 1 de Marzo de 1996, páginas 191-200 desvela que una vez que se han cortado los perfiles de preimpregnado, los mismos se pueden transferir a una herramienta de moldeo mediante el uso de pinzas de adhesión o pinzas de vacío, específicamente se ha adoptado un sistema robótico de múltiples brazos.

30

35

El documento EP 0271263 desvela un método para la colocación de una lámina de material que tiene una textura pegajosa sobre una superficie que comprende aplicar presión por medio de un diafragma flexible para forzar la hoja de material sobre la superficie y ajustar el diafragma de modo que su superficie asume una forma convexa curva variante por lo que el diafragma se despega gradualmente desde la superficie de la lámina de material hacia dentro desde una región de borde. El método se describe con referencia particular a la colocación de láminas de material reforzado con fibras pre-impregnadas en una herramienta de moldeo en la fabricación automatizada de un aspa de rotor de helicóptero y diversos métodos se desvelan.

40

El documento US 2009/0148647 desvela una estructura de material compuesto a gran escala que se fabrica mediante la formación de una pluralidad de módulos laminados de material compuesto y la unión de los módulos entre sí a lo largo de sus bordes con juntas biseladas.

45

El documento WO 2009/112694 desvela una parte estructural curva formada de un material compuesto que tiene un refuerzo fibroso con fibras continuas y cuya la sección transversal comprende al menos dos alas, dichas fibras extendiéndose desde un ala a la otra, comprendiendo dicha parte estructural una variación en la anchura de su sección transversal paralela al radio de curvatura local. El elemento estructural resultante del conjunto de partes tiene, por tanto, ensanchamientos locales de la sección transversal en las conexiones entre las partes que constituyen un elemento estructural, tales como un bastidor del fuselaje de la aeronave, y ensanchamientos en la conexión con los perfiles de suelo en el caso de la utilización de un perfil de este tipo para la construcción de una estructura de fuselaje de la aeronave. También se describe un método de fabricación de una parte de este tipo.

50

55

Otra solución al problema implica el uso de cinta de preimpregnado de corte relativamente estrecha a fin de ajustar más estrechamente el material compuesto a las superficies contorneadas de la herramienta. Sin embargo el uso de la cinta de corte puede aumentar los costes de materiales y reducir la tasa de producción dado que la colocación de la cinta de corte puede ser lenta.

60

Por consiguiente, existe la necesidad de un método de colocación de una capa de material compuesto sobre una herramienta contorneada que permita que la capa se deforme a medida que se aplica a la herramienta a fin de ajustar más estrechamente la capa a los contornos de la herramienta, mientras que la capa queda situada con precisión. También existe la necesidad de un método de manipulación y transporte material en capas que permita que el material permanezca estable durante su transporte y colocación.

65

Sumario

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un método de colocación de una parte de material compuesto sobre una herramienta de acuerdo con las reivindicaciones adjuntas.

5 Las realizaciones divulgadas proporcionan un método de soporte, situación y deformación de una capa de preimpregnado mientras que se adapta a formas, contornos y características simples o complejas de una herramienta. El método utiliza una película de soporte deformable para soportar la capa durante el proceso de colocación con el fin de evitar que la capa se arrugue y/o pandee a medida que se coloca. El uso de la película de soporte permite que la capa de preimpregnado se sitúe con precisión y se deforme uniformemente según sea necesario para adaptarse a las superficies contorneadas de la herramienta. La película de soporte se puede utilizar también para estabilizar la capa de material compuesto durante su manipulación y transporte. El método puede eliminar la necesidad de utilizar la cinta de corte, así como el extenso trabajo manual, punzonado, corte, y división durante la colocación de la capa. El método puede aumentar también las tasas de colocación de material compuesto y puede facilitar la automatización del proceso de colocación. Además, el método puede mejorar la precisión de los límites de capas y proporcionar una deformación más uniforme del material de capa cuando se requiera, lo que resulta en mejoras tanto en la resistencia como en el aspecto de las partes curadas de material compuesto.

20 De acuerdo con una realización, se proporciona un método de colocación de una parte de material compuesto sobre una herramienta. El método comprende la aplicación de un preimpregnado de material compuesto sobre un soporte deformable y la deformación del preimpregnado mediante la deformación del soporte. El soporte se utiliza para aplicar el preimpregnado a la herramienta. El método incluye además retirar el soporte del preimpregnado deformado. La aplicación del preimpregnado incluye la compactación de una capa de preimpregnado cara a cara contra el soporte. El soporte se retira del preimpregnado deformado después de que el preimpregnado se ha aplicado a la herramienta. La aplicación del preimpregnado incluye la aplicación de recorridos de cinta de preimpregnado unidireccional en relación lado a lado sobre el soporte. El método puede comprender además la aplicación de al menos uno de una película de liberación y un doblador de capas sobre el soporte antes de aplicar el preimpregnado al soporte, y la utilización del soporte para aplicar el al menos uno de la película de liberación y el doblador a la herramienta. El método incluye también reforzar al menos una porción del soporte contra la deformación. La deformación del soporte se realiza a medida que el preimpregnado se aplica a la herramienta.

El método puede incluir aumentar la separación entre las fibras de preimpregnado mediante la deformación de la película en una dirección transversal a la dirección de las fibras.

35 El método comprende situar el material preimpregnado sobre una película de soporte; y utilizar la película de soporte para aplicar el material preimpregnado a la herramienta. El uso de la película de soporte para aplicar el material preimpregnado incluye deformar el material preimpregnado mediante la deformación de la película a medida que se aplica el material preimpregnado a la herramienta. La situación del material preimpregnado sobre la película de soporte incluye la colocación de recorridos de cinta de fibra de preimpregnado unidireccional en relación de lado a lado en la película de soporte, y la compactación de los recorridos contra la película de soporte. El método comprende además la retirada de la película de soporte del material preimpregnado después de que el material preimpregnado se ha aplicado a la herramienta. La adhesión del material preimpregnado a la película de soporte incluye la compactación del material preimpregnado contra la película de soporte. La película de soporte se deforma para adaptar el material preimpregnado a los contornos de la herramienta. El método comprende además reforzar al menos una porción de la película de soporte contra la deformación. Las etapas de situar el material preimpregnado en una película de soporte y el uso de la película de soporte para aplicar el material preimpregnado a la herramienta se repiten para formar una colocación de partes multicapas.

Breve descripción de las ilustraciones

50 La Figura 1 es una ilustración de una vista en planta de una capa de preimpregnado de material compuesto retenida en una película de soporte deformable, antes de su deformación.
 La Figura 2 es una ilustración de una vista en perspectiva de una esquina de la película de soporte, vista desde la dirección que se muestra como '2' en la Figura 1.
 55 La Figura 3 es una ilustración de una vista de la capa en la dirección mostrada como '3' en la Figura 2.
 La Figura 4 es una ilustración de una vista en planta de la película de soporte que muestra diversos recorridos de material compuesto que se han aplicado a la película.
 La Figura 5 es una ilustración del área designada como '5' en la Figura 4.
 La Figura 6 es una ilustración similar a la Figura 1, pero que muestra la película de soporte y la capa que se ha deformado.
 60 La Figura 7 es una ilustración similar a la Figura 2 que muestra una esquina de la capa y la película de soporte después de su deformación.
 La Figura 8 es una ilustración de una vista en sección de la capa deformada vista en la dirección que se muestra como '8' en la Figura 7.
 65 La Figura 9 es una ilustración de una vista en planta de una capa de 90 grados en una película de soporte que se ha deformado para estirar la capa en un patrón en forma de abanico.

La Figura 10 es una ilustración de una vista en planta de una película de soporte que tiene una capa de 45 grados compactada sobre la misma, antes de su deformación.

La Figura 11 es una ilustración similar a la Figura 10, pero que muestra la película de soporte y la capa que se ha deformado en direcciones ortogonales.

5 La Figura 12 es una ilustración de una vista en sección de una película de soporte que tiene una capa, un doblador de capas y una tira de película de liberación aplicados a la misma.

La Figura 13 es una ilustración de una película de soporte antes de su deformación que incluye un área sustancialmente no deformable que contiene un refuerzo de fibra.

10 La Figura 14 es una ilustración similar a la Figura 13, pero que muestra las porciones de la película de soporte que se ha deformado.

La Figura 15 es una ilustración de una vista en planta de una película de soporte que tiene un área aislada de refuerzo en su interior.

La Figura 16 es una ilustración de una vista en sección tomada a lo largo de la línea 16-16 en la Figura 15.

La Figura 17 es una ilustración de una película de soporte que tiene un relieve integralmente formado.

15 La Figura 18 es una ilustración de un diagrama de flujo de un método de colocación de una estructura de material compuesto utilizando una película de soporte deformable para la colocación de la capa.

La Figura 19 es una ilustración de una vista en perspectiva de un rigidizador de material compuesto.

20 La Figura 20 es una ilustración de vistas esquemáticas que muestran las etapas de un método para la colocación de capas de material compuesto utilizando la película de soporte deformable para formar la sección del rigidizador que se muestra en la Figura 19.

La Figura 21 es una ilustración de un diagrama de flujo de la producción de aeronaves y de la metodología de servicio.

La Figura 22 es una ilustración de un diagrama de bloques de una aeronave.

25 Descripción detallada

Haciendo referencia primero a las Figuras 1, 2 y 3, una capa 30 de material compuesto se mantiene en contacto cara a cara sobre una película de soporte 32 para formar un conjunto de capas soporte 34. La película de soporte 32 se puede utilizar para transportar la capa 30 y/o para aplicar la capa 30 a una herramienta (no mostrada) durante un proceso de colocación para producir una colocación de la parte de material compuesta (no mostrada). En el ejemplo ilustrado en las Figuras 1-3, la capa de preimpregnado 30 incluye fibras de refuerzo unidireccionales 40 que tienen una orientación de 90 grados, sin embargo otras capas (no mostradas) en la colocación de la parte puede tener otras orientaciones de fibra en base a un patrón de capas predefinido.

35 Las fibras 40 se pre-impregnan con una resina de polímero adecuada 42 que actúa como una matriz para mantener las fibras 40 en la orientación deseada después del curado. La capa de material compuesto 30 tiene una longitud L_1 y una anchura W_1 antes de deformarse durante el proceso de colocación, como se describirá en más detalle a continuación. La capa 30 se adhiere a la película de soporte 32 por la pegajosidad de la resina sin curar 42 en la capa 30, sin embargo, agentes de pegamento adicionales se pueden utilizar para proporcionar la adherencia necesaria entre la capa 30 y la película de soporte 32. Después de la colocación de la capa 30 sobre la película de soporte 32, la capa 30 se puede compactar contra la película de soporte 32 para asegurar que la capa está sustancialmente libre de pandeo, arrugas u otras irregularidades.

45 La capa 30 se puede situar sobre la película de soporte 32 a fin de dejar uno o más márgenes de borde 36, 38 sobre la película 32 alrededor de la capa 30 para facilitar la manipulación de la película 32 y/o la fijación del hardware o equipo (no mostrado) a la película 32 que se puede utilizar para deformar, manipular y/o mantener la película de soporte 32 durante el proceso de colocación. Como se verá más adelante, una vez compactado en la película de soporte 32, el conjunto de película de capas soportes 34 se puede deformar para adaptarse a diferentes contornos y formas de una herramienta (no mostrada). La película de soporte 32 se permite para la deformación controlada y uniforme o no uniforme de la resina 42, y también se puede utilizar solo como un soporte para el transporte de la capa de preimpregnado 30 desde una estación de colocación fuera de línea (no mostrada) hasta la herramienta de colocación (no mostrada). Como se utiliza aquí, "deformar" y "deformando" se refieren al estiramiento y/o cizallamiento de un material de capa en una o más direcciones, incluyendo curvas simples y compuestas, y dentro de uno o más planos.

55 La película de soporte 32 se puede deformar en al menos una dirección, que en el ejemplo ilustrado, es a lo largo de un eje X 44, transversal a la orientación de las fibras 40. La película de soporte 32 puede comprender, por ejemplo y sin limitación, un caucho de látex o material deformable natural o sintético similar que tiene un espesor adecuado para su aplicación. El material de la película de soporte 32 puede ser un material elástico que vuelve sustancialmente a su tamaño y forma originales después de la deformación. Durante el proceso de colocación, la capa 30 se puede deformar agarrando la película en los márgenes de borde opuestos 38 y tirando de la película 32 en direcciones opuestas indicadas por las flechas 46, sustancialmente a lo largo del eje X 44.

65 Antes que la capa 30 se deforme, las fibras 40 pueden tener un inter-espacio d_1 . La resina visco-elástica 40 (Figura 3) cede cuando se deforma en una dirección perpendicular a la dirección de la fibra (en este caso, el eje Y 45), permitiendo de este modo que las fibras 40 se deslicen o cizallen sustancialmente simultáneamente en una dirección

paralela a la dirección de la fibra, es decir, a lo largo del eje X 44, lo que permite que la capa de preimpregnado 30 se adapte a los contornos de una herramienta de colocación (no mostrada).

5 Haciendo referencia a las Figuras 4 y 5, la capa 30 se puede aplicar a la película de soporte 32 mediante la situación de una pluralidad de recorridos individuales 48a, 48b, 48c de la cinta unidireccional sobre la película 32, en relación lado-a-lado, sustancialmente paralela y colindante ya sea a mano o mediante el uso de equipo de colocación de fibras automatizado (no mostrado). Dependiendo de la aplicación y de los materiales particular que se utilizan, los bordes 50 de los recorridos se pueden superponer ligeramente o pueden formar huecos **G** entre los recorridos 48. La deformación de la película de soporte 32 se puede utilizar para controlar el tamaño de la superposición o hueco **G** 10 entre los recorridos 48 durante colocación de la capa 30 en una herramienta (no mostrada). Adicionalmente, la película de soporte 32 se puede utilizar para cambiar el grado de un material preimpregnado utilizado para formar la capa 30. Por ejemplo, el grado de un material preimpregnado se puede cambiar mediante la deformación uniforme del material a un grado deseado. Cambiar el grado de un material preimpregnado de esta manera utilizando la película de soporte 32 puede ser útil en la producción de dobladores inter-revestidos que pueden reducir los costes de peso y/o material de la parte. 15

Las Figuras 6, 7 y 8 ilustran la capa 30 después de su deformación a lo largo del eje X 44 en la dirección de las flechas 46 en la Figura 1. En la Figura 6 se puede observar que si bien la anchura **W₁** de la capa 30 sigue siendo sustancialmente la misma, la capa 30 se ha deformado a una mayor longitud **L₂** como resultado de la deformación de la película de soporte 32. La deformación de la película de soporte 32 deforma de manera efectiva la resina 42 en la capa 30, lo que da como resultado un aumento en la separación entre las fibras de refuerzo hasta una dimensión **d₂** que es mayor que **d₁**. La deformación de la capa 30 de esta manera puede permitir que la capa 30 se adapte mejor a los contornos y otras características de una superficie de la herramienta (no mostrada) durante el proceso de colocación, y puede estabilizar el material de capa durante la colocación. La película de soporte 32 puede impedir que la capa de preimpregnado 30 se divida, arrugue y/o pandee a medida que se forma sobre una herramienta (no mostrada), y puede permitir que la capa 30 se sitúe con precisión sobre la herramienta durante el proceso de colocación. Cabe señalar aquí que, en general, cuando la deformación de una capa de 90 grados 30 como se ha descrito anteriormente en relación con las Figuras 1-8, se puede esperar que las fibras 40 se deformen de manera sustancialmente uniforme a lo largo del eje X 44. Sin embargo, cuando se deforman capas que no tienen 90 grados 30, la deformación de la fibra puede no ser uniforme. Por ejemplo, cuando se deforma una capa de 0 grados 30 (no mostrada) en la dirección del eje X 44, las fibras 40 cerca de los extremos 55 (Figura 6) de la capa 30 pueden cizallarse en un ángulo (no mostrado) en relación con las fibras 40 cerca del centro 57 de la capa 30 que retienen su orientación de 0 grados. Este efecto de cizallamiento puede ocurrir gradualmente, cada vez más creciente desde el centro 57 hacia los extremos 55. La compensación para esta deformación por cizallamiento se puede lograr mediante el corte de los extremos 55 de la capa 30 en un ángulo preseleccionado (no mostrado). Cuando se deforma una capa de 45 grados 30, se puede producir tanto el cizallamiento como el estiramiento de las fibras 40. 20 25 30 35

La Figura 9 ilustra el uso de la película de soporte 32 para deformar una capa de 90 grados 30 en un patrón radial o en forma de abanico 65 dentro de un solo plano, donde las direcciones de las fibras se muestran en líneas continuas. Aunque no se muestra en la Figura, este mismo patrón radial 65 se puede deformar en otros planos. 40

Las Figuras 10 y 11 ilustran una capa de preimpregnado 30 que tiene una orientación de fibra de 45 grados que tiene una anchura **W₁** y una longitud **L₁** antes de la deformación, como se muestra en la Figura 9. En este ejemplo, la película de soporte 32 se deforma a lo largo de los ejes X e Y ortogonales 44, 45, haciendo que la capa 30 se deforme del mismo modo hasta ambos en una mayor longitud **L₂**. El estiramiento de la película 32 a lo largo del eje Y da como resultado un cambio en el ángulo de orientación de las fibras 40 hasta un ángulo θ de menos de 45 grados. Aunque los ejemplos de capas mostrados en las Figuras 1-10 se muestran deformándose a lo largo de un solo eje o dos ejes ortogonales 44, 45, la capa 30 se puede deformar en otras direcciones y dentro de otros planos, dependiendo de los requisitos de la aplicación y de la geometría de la herramienta (no mostrada) a la que la capa 30 se debe adaptar. Además, como se verá más adelante, puede ser posible deformar solo una o más porciones de la película de soporte 32 de manera que solo las porciones correspondientes (no mostradas) de la capa 30 se deforman durante el proceso de colocación. 45 50

En algunas aplicaciones, puede ser posible utilizar la película de soporte 32 para pre-situar y situar elementos adicionales de un conjunto de colocación en una herramienta (no mostrada), tal como, sin limitación, dobladores, películas de liberación, y chapas de prensado, junto con la capa 30. Por ejemplo, la Figura 12 ilustra una capa 30 situada sobre una película de soporte 32 en la que un doblador de material compuesto 54 se intercala entre la capa 30 y la película de soporte 32. De manera similar, una tira 56 de película de liberación se intercala entre la capa 30 y la película de soporte 32 a lo largo del margen de borde 36 en la película 32 que puede ayudar en la liberación y el pelado de la película de soporte 32 desde la capa colocada 30. Por lo tanto, en este ejemplo, durante el proceso de colocación, el uso de la película de soporte 32 permite que la capa 30, el doblador 54 y la tira de película de liberación 56 se sitúen con precisión uno respecto al otro, y se coloquen en una herramienta (no mostrada) en una sola etapa. 55 60

65 Como se ha mencionado anteriormente, es posible o deseable deformar solo una parte de la capa 30 durante el proceso de colocación. La deformación de la película de soporte 32 se puede adaptar para limitar selectivamente la

elasticidad del soporte de la capa 32 utilizando cualquiera de diversas técnicas que se adapten a geometría de la parte y a los requisitos de conformación. La Figura 13 ilustra una película de soporte 32 que tiene una sección 32c que incluye una porción reforzada 58 que resiste la deformación a medida que la película 32 se deforma durante el proceso de colocación. En este ejemplo, el refuerzo de la porción de película 32c se consigue mediante la impregnación de fibras unidireccionales 60 en la película de soporte 32, orientadas en la dirección en la que la película 32 se tiene que deformar, que en este ejemplo, es a lo largo del eje X 44.

Antes de la deformación, la película de soporte tiene una longitud L_1 y la porción reforzada 32c tiene una anchura R_1 como se muestra en la Figura 13. Cuando la película de soporte 32 se deforma a lo largo del eje X 44, que corresponde a la dirección axial de las fibras 60, las fibras 60 no se deforman sustancialmente, en consecuencia, la anchura R_1 de la sección reforzada 32c sigue siendo sustancialmente la misma mientras que el longitud total de la película de soporte 32 se deforma hasta L_2 como resultado de las secciones no reforzadas 32a, 32b de la película 32 a cada lado de la sección reforzada 32c que puede deformarse. También puede ser posible emplear un refuerzo en la sección reforzada 32c que permita un cierto grado de deformación de la película 32, pero menos que en otras áreas no reforzadas de la película 32. La porción reforzada 32c puede comprender, por ejemplo y sin limitación, la costura transversal (no mostrada) en la película 32. Dependiendo del tipo de refuerzo que se utilice, la anchura W de la porción reforzada 32c puede o no ser más estrecha cuando la película 32 se estira.

En el caso del ejemplo mostrado en las Figuras 13 y 14, el área reforzada 58 tiene una ubicación céntrica dentro de la película de soporte 32 y se extiende a través de toda su anchura W. La Figura 15 ilustra un ejemplo en el que el área reforzada 58 se separa hacia dentro desde los márgenes de borde 36, 38 de la película de soporte 32 y se dispone fuera del centro dentro del área de la película 32. Como en el ejemplo mostrado en las Figuras 13 y 14, el área reforzada 58 que se muestra en la Figura 15 puede incorporar también fibras de refuerzo 60 (véase la Figura 14) en la película de soporte 32 que pueden ser unidireccionales o multidireccionales. Por ejemplo, las fibras 60 pueden ser tejidas conjuntamente e incorporarse en la película 32 de manera que sean resistentes a la deformación en dos direcciones ortogonales, por ejemplo a lo largo de los ejes X e Y 44, 45, que corresponden a las orientaciones de las fibras de refuerzo. Del mismo modo, las fibras 60 se pueden situar en orientaciones adicionales, por ejemplo, orientaciones de 45 grados, para resistir la deformación de la película 32 dentro del área reforzada 58 en otras direcciones. Si bien el área reforzada 58 se muestra como teniendo generalmente una forma cuadrada, una variedad de otras formas son posibles.

Otras técnicas de refuerzo para evitar o reducir la deformación local de la película 32 son posibles. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 16, el área reforzada sustancialmente no deformable 58 de las Figuras 13, 14 y 15 se puede lograr aumentando el espesor T_1 de una película de soporte hasta un espesor T_2 en el área de refuerzo 58. La Figura 17 ilustra otra técnica para lograr el refuerzo deseado, en el que la película de soporte 32 incluye hoyuelos en relieve 62 en un patrón deseado 63, en este caso, diamantes que resisten la deformación en una o más direcciones. En algunas aplicaciones, puede ser deseable emplear más de una de las técnicas descritas anteriormente para lograr áreas sustancialmente no deformables 58. Por ejemplo, y sin limitación, una combinación de hoyuelos en relieve 62, el aumento del espesor de la película T_2 y fibras de refuerzo 58 se puede utilizar. También puede ser posible utilizar una o más de las técnicas de refuerzo anteriores para lograr diferentes grados de alargamiento de la película en diferentes regiones de la película de soporte 32.

La atención se dirige a continuación a la Figura 18, que ilustra en líneas generales las etapas de un método de colocación de capas para formar una parte de material compuesto utilizando la película de soporte deformable 32 que se ha descrito anteriormente. Comenzando en 64, se proporciona una película de soporte deformable 32 que tiene un tamaño y forma adecuados para la aplicación y las capas 30 que se tiene que colocar. En 66, las porciones de la película de soporte deformable 32 se pueden reforzar, según se desee. En 68, una película de liberación 56 (Figura 12) se puede aplicar a la película de soporte deformable 32, según se requiera, para ayudar a la retirada de la película de soporte 32 de la capa 30 después de la colocación. En 70, uno o más dobladores de capas 54 (FIGURA 11) u otros materiales se pueden aplicar al soporte deformable 32, según se desee.

En 72, una capa de preimpregnado 30 se aplica al soporte deformable, ya sea manualmente o utilizando un equipo automatizado para colocar los recorridos 49 (Figura 4) de material preimpregnado en una relación lado a lado, posiblemente sustancialmente colindante en la película de soporte 32. La capa 30 se coloca sobre la película de soporte 32 en una forma especular, invertida de tal manera que la izquierda y derecha de la capa 30 se invierten. Al invertir la capa 30 en la película 32, la capa 30 tendrá la orientación correcta cuando se transfiera de la película 32 a una herramienta 90 (véase Figura 19). En 74, el material de capa, incluyendo cualquiera de dobladores y/o películas liberación se compactan contra la película de soporte deformable 32. Esta compactación se puede realizar mecánicamente con un barrido manual (no mostrado) o utilizando un vacío con o sin la aplicación de calor. En 76, la película de soporte 32 se deforma en al menos una dirección, deformando de ese modo la capa 30 a la forma y/o dimensiones deseadas más adecuadas para su colocación en la herramienta 90, incluyendo la forma y la topografía de la herramienta 90. En 78, con la capa 30 situada en la película 32, y posicionada entre la película 32 y la herramienta 90, la película de soporte 32 se utiliza para posicionar y colocar la capa 30 sobre una herramienta 90 (véase Figura 19). En 80, después de la colocación de la capa 30 en la herramienta 90, la película de soporte 32 se retira, como pelándola lejos de la capa colocada 30. En 82, la película de soporte 32 se puede reutilizar, si se desea, o descartarse. Las etapas 68-80 se pueden repetir hasta que todas las capas 30 de la colocación de partes se hayan

colocado.

La Figura 20 ilustra esquemáticamente las etapas del método de colocación que se muestra en la Figura 18, en la que un refuerzo curvo 100 que se muestra en la Figura 19 tiene una sección transversal en forma de L y el radio de curvatura R se coloca en una herramienta curva 90. La herramienta 90 incluye dos superficies de herramienta curvas, contiguas 90a, 90b para formar, respectivamente, una banda 100a y un reborde curvo 100b del rigidizador 100 que se muestra en la Figura 19. Como se muestra en 84, los recorridos 48 del material preimpregnado unidireccional se establecen a cada lado en una película de soporte deformable 32 para formar una capa de 90 grados completada 30 que se muestra en 86. La capa completada 30 se compacta a continuación sobre la película 32, después de que en 88, la película 32 se estira y deforma después radialmente, como se muestra por las flechas 87 para coincidir generalmente con la curvatura de la superficie de la herramienta 90a. Como se muestra en 89, la capa 30 se deforma en una forma de abanico y se coloca sobre la superficie de la herramienta 90a utilizando la película 32 para formar la banda curva 100a del rigidizador 100. La película de soporte 32 y una capa pelable (no mostrada) se pueden retirar después de la capa parcialmente formada 30. Con la película de soporte 32 habiéndose retirado, la capa 30 se forma después hacia abajo sobre la superficie de la herramienta 90b para formar la pestaña 100b del rigidizador 100. Si bien el ejemplo anterior ilustra el uso de la película de soporte 32 para formar capas a lo largo de curvas en un solo plano, la película de soporte 32 se puede utilizar también para formar capas sobre herramientas (no mostradas) que tienen superficies curvas compuestas, engrapados, etc.

Haciendo referencia a continuación a las Figuras 21 y 22, las realizaciones de la divulgación se pueden utilizar en el contexto de un método de fabricación y servicio de aeronaves 102, como se muestra en la Figura 21 y de una aeronave 104, como se muestra en la Figura 22. Durante la pre-producción, el método ejemplar 102 puede incluir las especificaciones y el diseño 106 de la aeronave 104 y las adquisiciones de material 108. Durante la producción, la fabricación de los componentes y subconjuntos 110 y la integración del sistema 112 de la aeronave 104 se realiza. Durante la etapa 110, el método y aparato descritos se pueden emplear para fabricar partes de materiales compuestos, tales como secciones del bastidor del fuselaje y refuerzos que se montan después en la etapa 112. A partir de entonces, la aeronave 104 puede ir a certificación y entrega 114 con el fin de ponerse en servicio 116. Mientras está en servicio por un cliente, la aeronave 104 se puede programar para su rutina de mantenimiento y servicio 118 (que también puede incluir su modificación, reconfiguración, remodelación, y así sucesivamente).

Cada uno de los procesos del método 102 se puede realizar o ejecutarse por un integrador de sistemas, un tercero, y/o un operario (por ejemplo, un cliente). A los efectos de esta descripción, un integrador de sistemas puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir, sin limitación, cualquier número de proveedores, subcontratistas y proveedores; y un operario puede ser una línea aérea, compañía de arrendamiento, entidad militar, organización de servicio, y así sucesivamente.

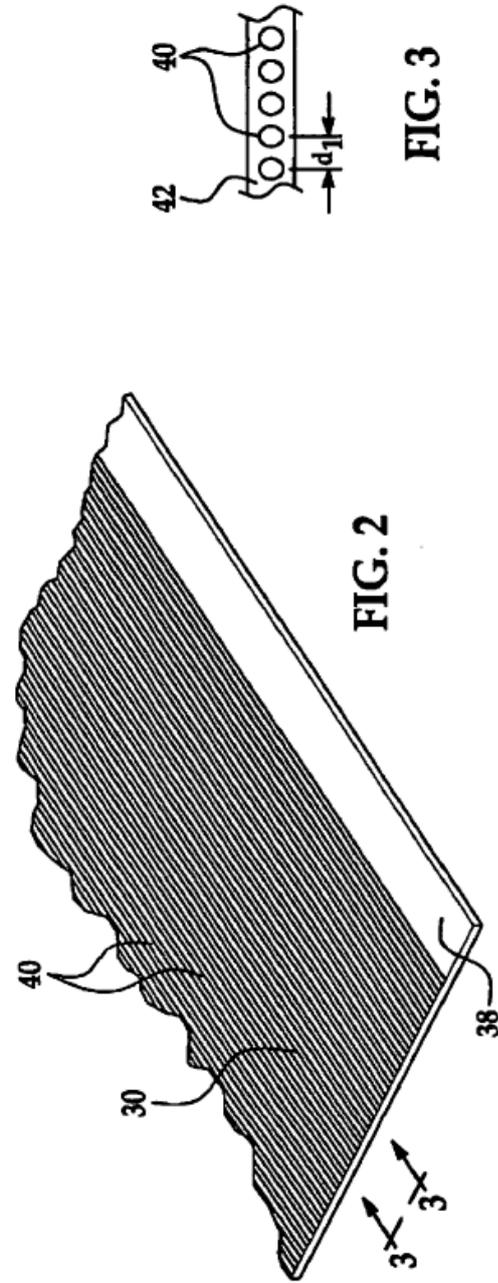
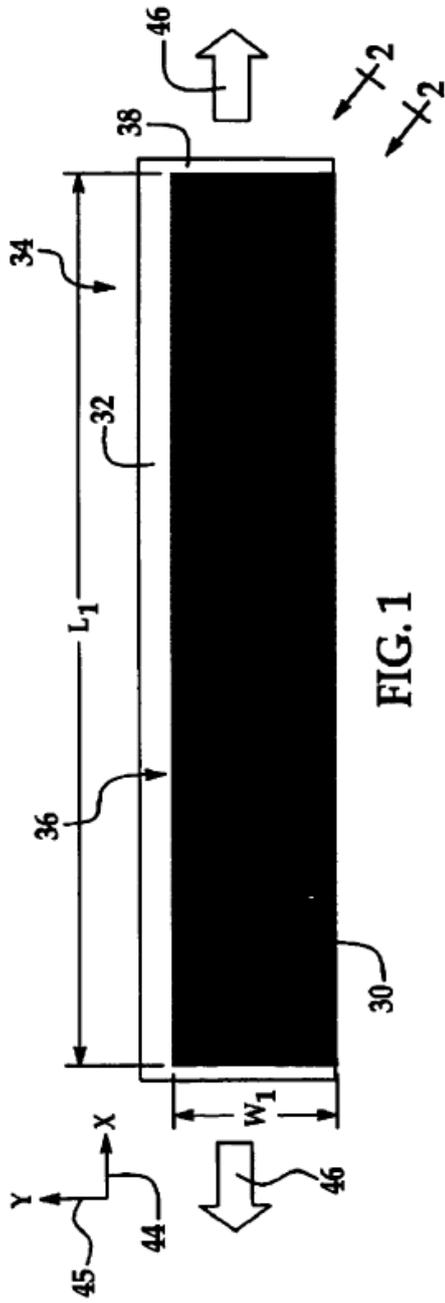
Como se muestra en la Figura 22, la aeronave 104 producida por el método ejemplar 102 puede incluir una estructura de la aeronave 120 con una pluralidad de sistemas 122 y un interior 124. El método y aparato descrito se pueden utilizar para fabricar secciones de bastidor y refuerzos que forman parte de la estructura de la aeronave 120. Ejemplos de sistemas de alto nivel 122 incluyen uno o más de un sistema de propulsión 126, un sistema eléctrico 128, un sistema hidráulico 130, y un sistema ambiental 132. Cualquier número de otros sistemas se puede incluir. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la invención pueden ser aplicados a otras industrias, tales como la industria del automóvil.

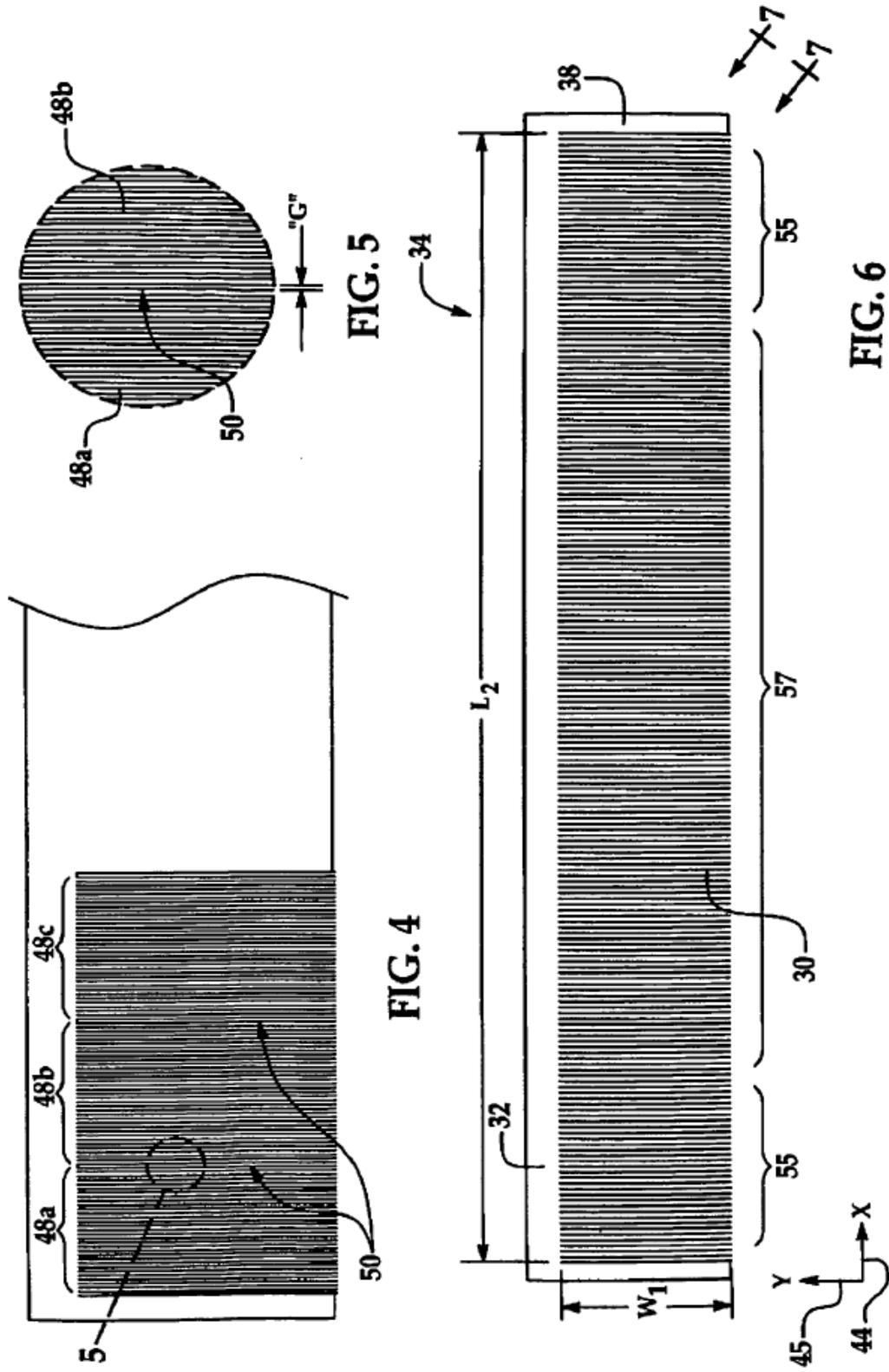
El aparato representado en el presente documento se puede emplear durante una cualquiera o más de las etapas del método de producción y servicio 102. Por ejemplo, los componentes o subconjuntos correspondientes al proceso de producción 110 se pueden fabricar o manufacturar de manera similar a los componentes o subconjuntos producidos mientras la aeronave 104 está en servicio. Además, una o más realizaciones del aparato se pueden utilizar durante las etapas de producción 110 y 112, por ejemplo, acelerando sustancialmente el montaje o reduciendo el coste de una aeronave 104. De manera similar, una o más realizaciones del aparato se pueden utilizar mientras que la aeronave 104 está en servicio, por ejemplo y sin limitación, para su mantenimiento y servicio 118.

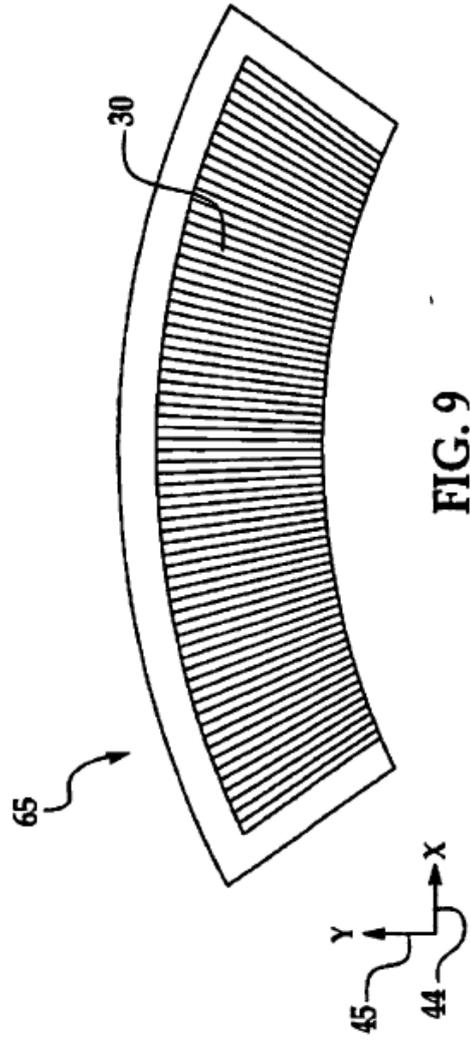
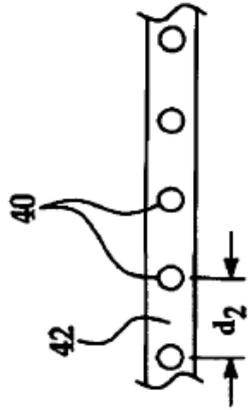
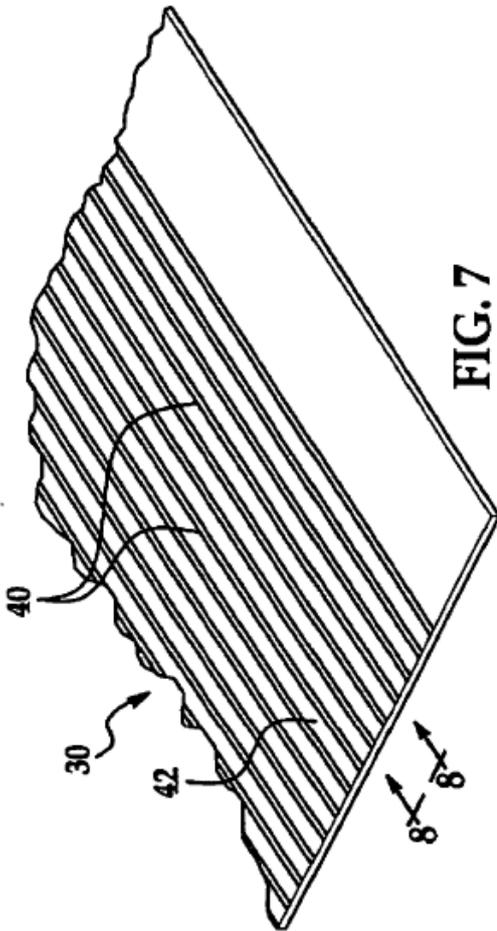
Aunque las realizaciones de la presente divulgación se han descrito con respecto a ciertas realizaciones ejemplares, se debe entender que las realizaciones específicas tienen fines ilustrativos y no limitativos, dado que otras variaciones se les ocurrirán a los expertos en la materia.

REIVINDICACIONES

1. Un método de colocación de una parte de material compuesto sobre una herramienta, que comprende:
 - 5 aplicar un preimpregnado de material compuesto (30) sobre una película de soporte deformable (32), donde al menos una porción (32c) de la película de soporte se refuerza contra la deformación; deformar el preimpregnado mediante la deformación de la película de soporte; utilizar la película de soporte para aplicar el preimpregnado a la herramienta; y retirar la película de soporte (32) del preimpregnado deformado (30).
- 10 2. El método de la reivindicación 1, donde:
 - 15 aplicar el material preimpregnado (30) incluye la compactación de una capa de preimpregnado cara a cara contra la película de soporte (32), y la película de soporte (32) se retira del preimpregnado deformado (30) después de que el preimpregnado se ha aplicado a la herramienta.
3. El método de la reivindicación 1, donde la aplicación del preimpregnado incluye:
 - 20 aplicar recorridos (48a, 48b, 48c) de cinta de preimpregnado unidireccional en relación de lado a lado en la película de soporte (32).
4. El método de la reivindicación 1, que comprende además:
 - 25 aplicar al menos uno de una película de liberación (56) y un doblador de capas (54) sobre la película de soporte (32) antes de aplicar el preimpregnado a la película de soporte; y utilizar la película de soporte para aplicar el al menos uno de la película de liberación (56) y el doblador (54) a la herramienta.
- 30 5. El método de la reivindicación 1, donde la retirada de la película de soporte del preimpregnado (30) se realiza después de que el preimpregnado se ha aplicado a la herramienta.
6. El método de la reivindicación 1, donde el refuerzo de la al menos una porción de la película de soporte incluye al menos uno de:
 - 35 aumentar el espesor de la película de soporte en la porción de soporte (32c), estampar la película de soporte en la porción de soporte, e incorporar fibras de refuerzo (60) en la porción de soporte.
- 40 7. El método de la reivindicación 1, donde la deformación de la película de soporte se realiza a medida que el preimpregnado está siendo aplicado a la herramienta.
8. El método de la reivindicación 1, que incluye:
 - 45 aumentar una separación entre las fibras del preimpregnado de material compuesto mediante la deformación de la película de soporte (32) en una dirección transversal a la dirección de las fibras.







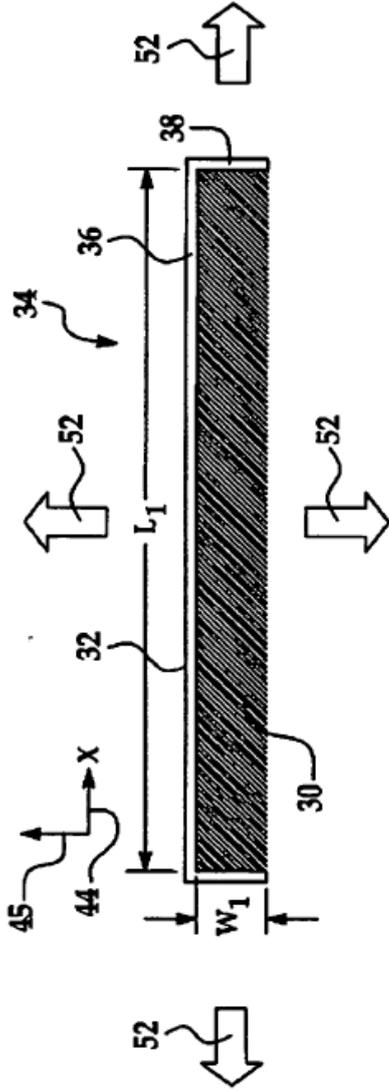


FIG. 10

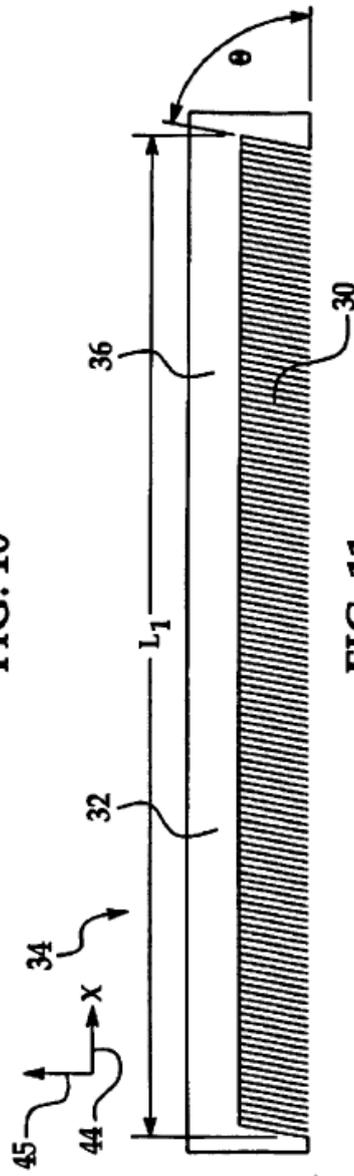


FIG. 11

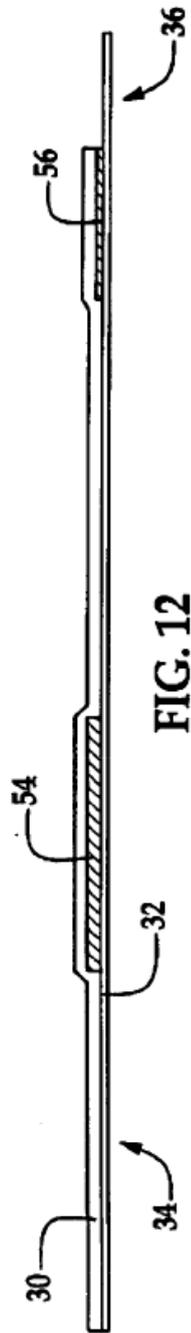


FIG. 12

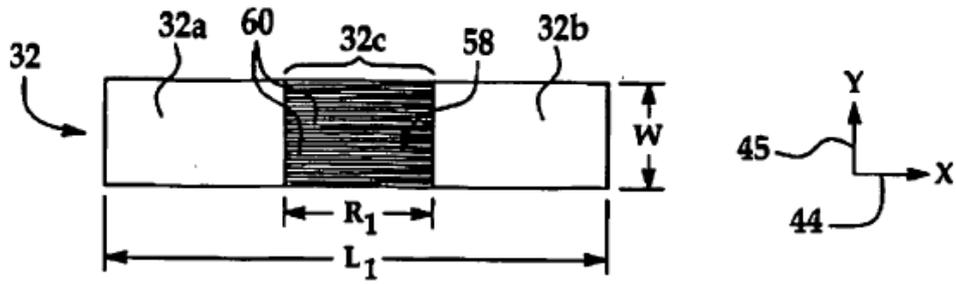


FIG. 13

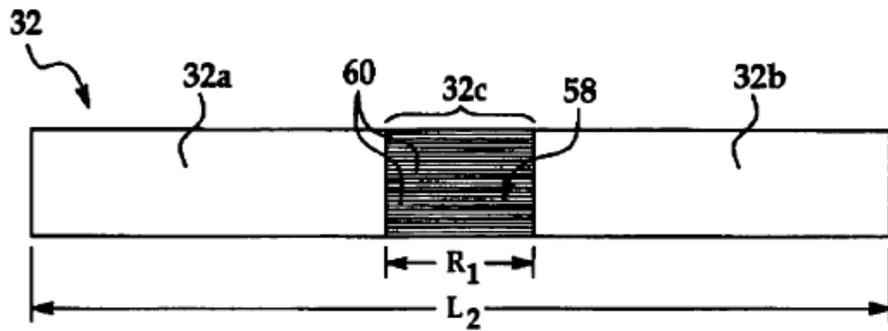


FIG. 14

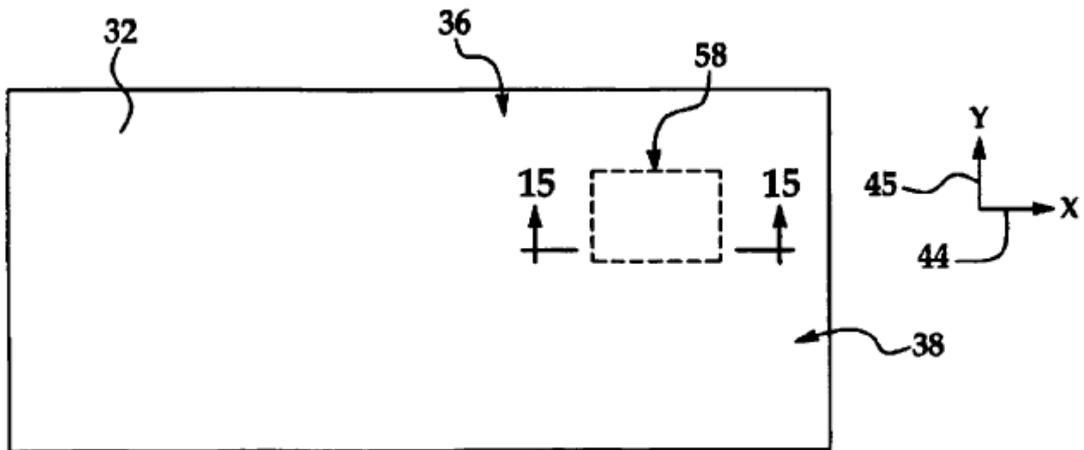


FIG. 15

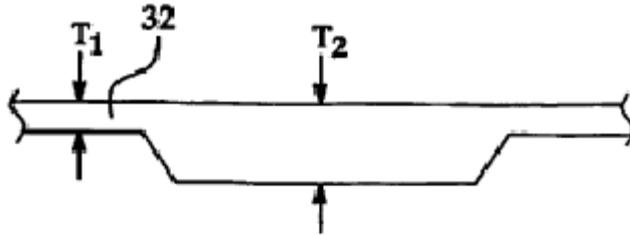


FIG. 16

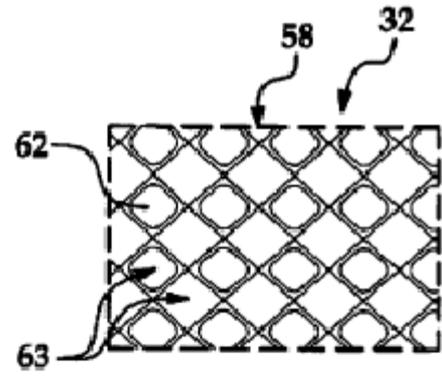


FIG. 17

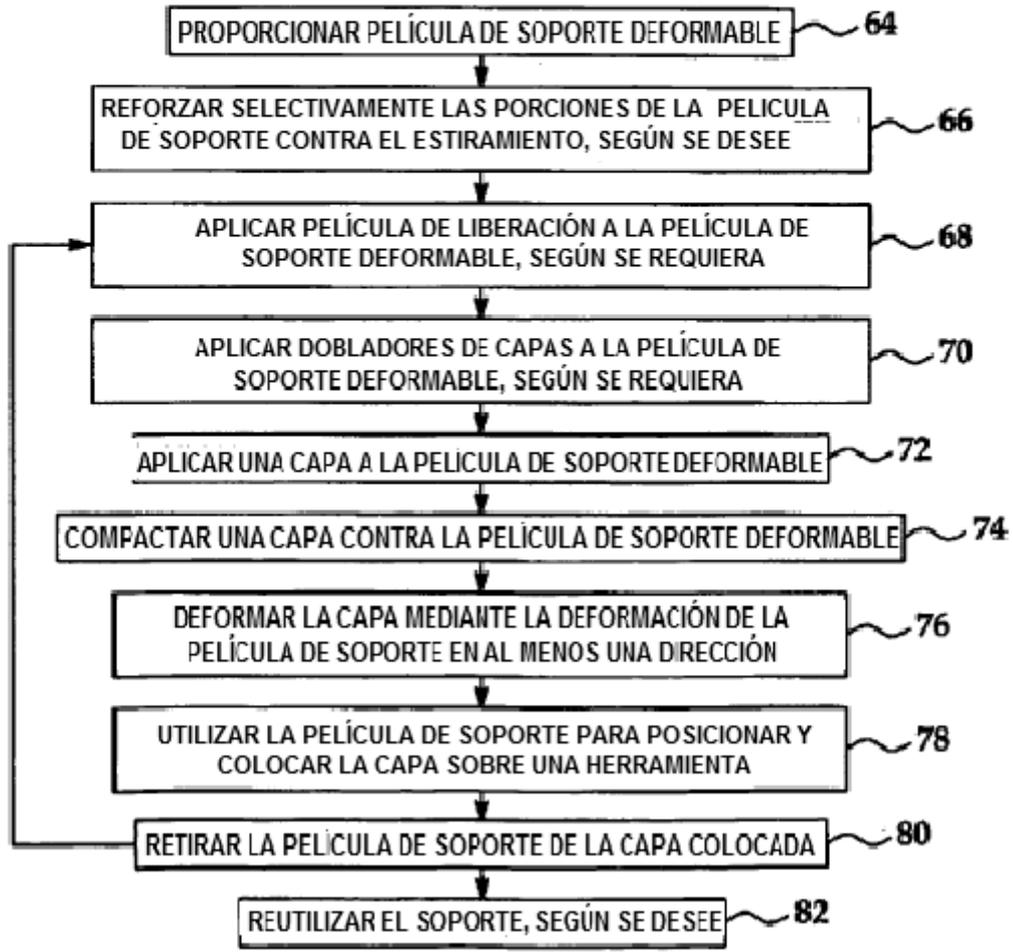


FIG. 18

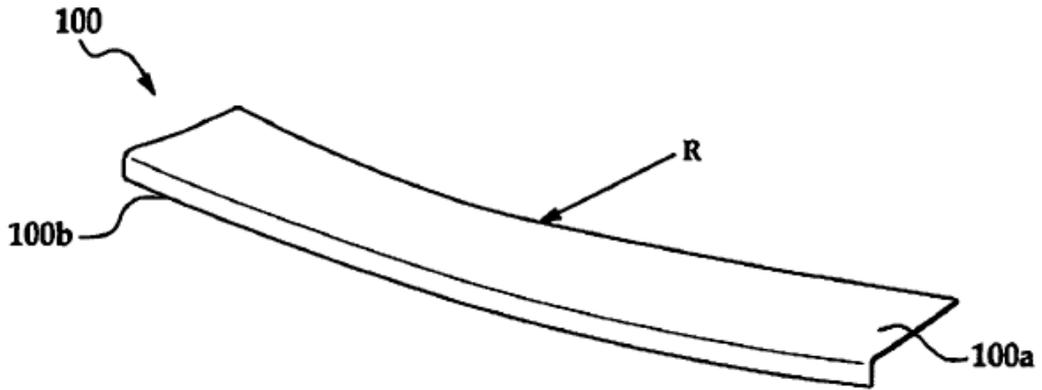


FIG. 19

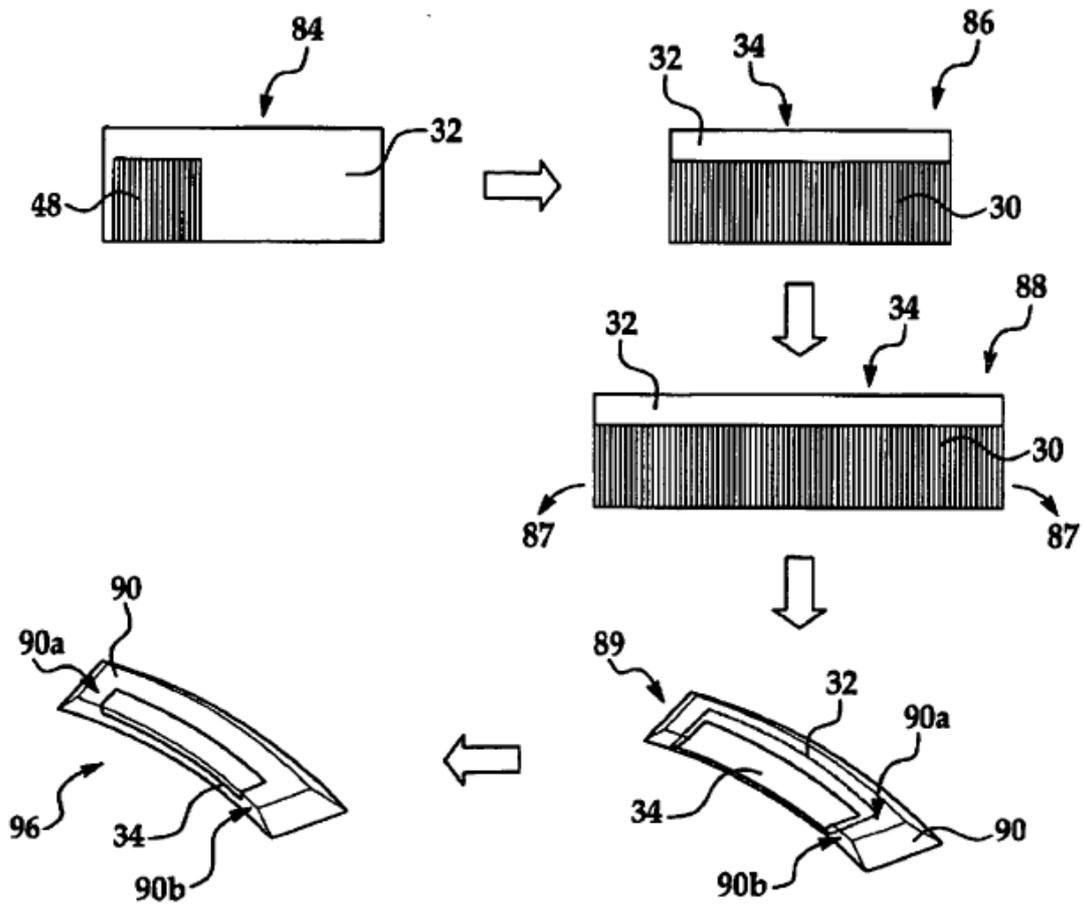


FIG. 20

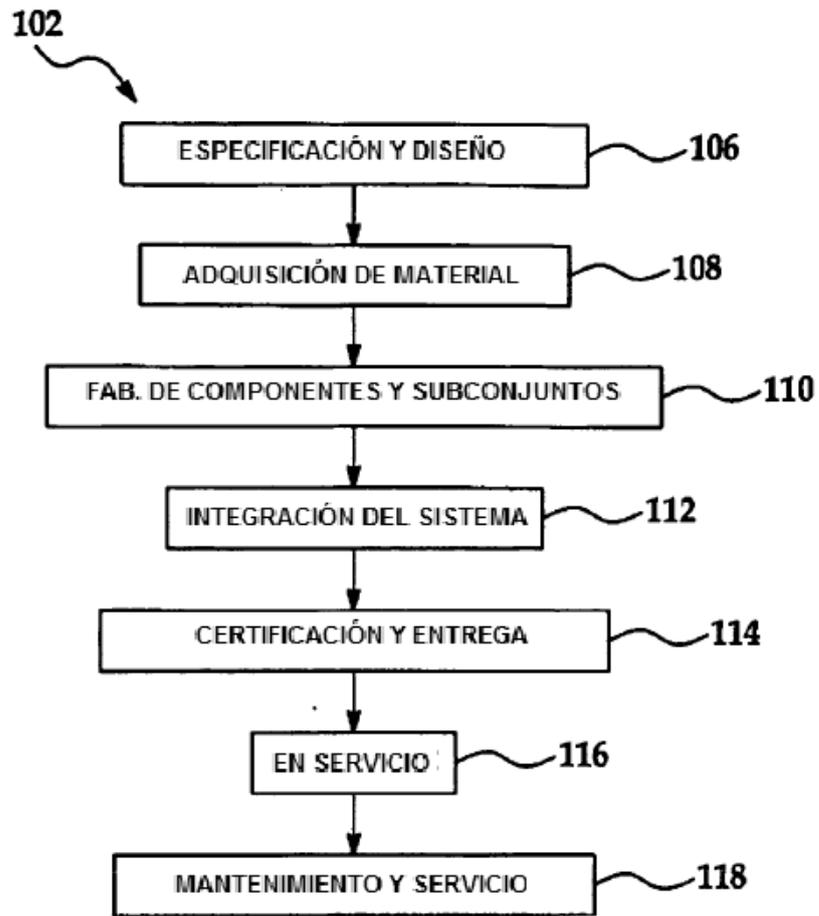


FIG. 21

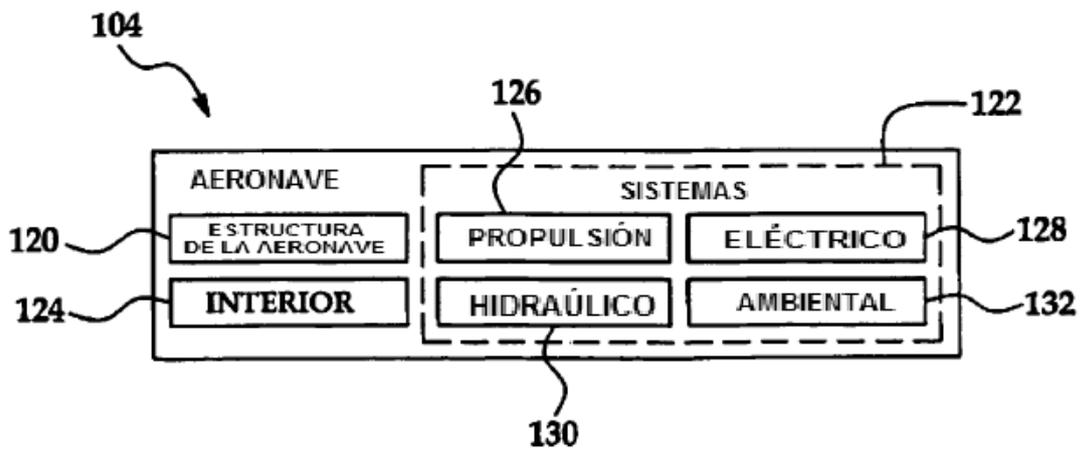


FIG. 22