

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 558 305**

51 Int. Cl.:

B29C 70/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.10.2005 E 05811888 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.12.2015 EP 1814719**

54 Título: **Método para la colocación de cintas de material compuesto**

30 Prioridad:

05.10.2004 US 615895 P
07.09.2005 US 221058

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.02.2016

73 Titular/es:

THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 NORTH RIVERSIDE PLAZA
CHICAGO, IL 60606-1596, US

72 Inventor/es:

HOGG, MERRIL, W.

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 558 305 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 para la colocación de cintas de material compuesto

- 5 La presente solicitud reivindica el beneficio de la Solicitud Provisional de Estados Unidos N. ° 60/615.895, presentada el 05 de octubre de 2004, que se incorpora en su totalidad en la presente memoria.

Antecedentes de la invención

10 1) Campo de la invención

La presente invención se refiere a la fabricación de estructuras de material compuesto y, más específicamente, a un aparato y método asociado para la colocación o disposición de cintas alargadas en una configuración contorneada para formar las estructuras de material compuesto.

15

2) Descripción de la técnica relacionada

Los miembros de material compuesto están normalmente formados de un material de refuerzo que se dispone en un material de matriz. Por ejemplo, el material de refuerzo puede ser un material fibroso tal como grafito, y el material de matriz puede ser un material polimérico resinoso. De acuerdo con un método de fabricación convencional, el material compuesto se dispone en la forma deseada del miembro de material compuesto mediante la colocación de una pluralidad de cintas alargadas de material compuesto para construir progresivamente las capas del miembro. Una operación automatizada para formar el miembro de material compuesto puede comenzar mediante el uso de una máquina de colocación de cinta contorneada (CTLM) para la disposición una primera capa de cintas sobre un mandril que define la forma del miembro de material compuesto. La CTLM incluye un rollo u otro suministro de cinta, que se dispensa sobre el mandril con un cabezal de colocación de cinta que guía las cintas sobre el mandril en la configuración deseada. Es decir, el cabezal de colocación de cinta proporciona un movimiento relativo entre el mandril y el cabezal de modo que el cabezal se mueve sobre la superficie del mandril. Normalmente, el cabezal pasa varias veces sobre el mandril en un patrón definido hasta que el mandril queda totalmente cubierto, y las capas adicionales de cinta se construyen mediante las continuas pasadas del cabezal sobre la superficie. Un rodillo de compactación presiona la cinta contra el mandril o las capas previamente dispuestas de cinta para facilitar la adhesión de las múltiples capas de la cinta.

Esta CTLM convencional puede colocar con precisión las cintas, y el proceso automatizado puede aumentar la velocidad a la que se pueden formar los miembros de material compuesto. Además, la CTLM es normalmente capaz de colocar las cintas en una variedad de configuraciones que corresponden a la superficie de un mandril de selección para formar así el miembro de material compuesto en la forma deseada. En un método convencional para la fabricación de una superficie contorneada compleja, una primera cinta se dispone a través del mandril en una trayectoria natural, es decir, un curso en el que la cinta se puede disponer sustancialmente plana contra el mandril con un mínimo esfuerzo o arrugamiento de la cinta. Para un mandril contorneado, la trayectoria natural es normalmente curva. Después de disponer la primera cinta en la trayectoria natural, se disponen las cintas posteriores en trayectorias naturales que se extienden a través del mandril en una dirección similar a la primera cinta, es decir, generalmente paralela a la primera cinta. Sin embargo, debido al complejo contorno del mandril, las trayectorias naturales de las cintas adyacentes no son paralelas a lo largo de toda su longitud. Normalmente, las cintas se disponen tan cerca como sea posible, evitando cualquier solapamiento de las cintas adyacentes (es decir, "vueltas"), ya que la superposición de las cintas puede reducir la resistencia del miembro de material compuesto resultante. Por lo tanto, los bordes de las cintas adyacentes que se disponen a lo largo de las trayectorias naturales definen espacios o "huecos" entre los mismos, y el tamaño de los huecos puede variar a lo largo de las longitudes de las cintas.

Por lo tanto, existe la necesidad de un aparato y método para la disposición de las cintas para definir configuraciones complejas mientras se reducen o minimizan las vueltas y/o huecos definidos por las cintas adyacentes y para hacerlo sin arrugar sustancialmente las cintas dispuestas.

55 El documento US 5041 179 describe un método para controlar la dirección de fijación de las cintas del aparato de fijación de cintas automático que implica el cálculo de un curso de cinta utilizando una serie de puntos para definir una trayectoria natural sobre toda el área de un área adhesiva de la cinta.

Sumario de la invención

60 La presente invención proporciona un método de formación de un miembro de material compuesto y un miembro compuesto asociado y aparato. El método se puede utilizar para la disposición de cintas de material compuesto para formar un miembro de material compuesto que tiene una configuración compleja. El método puede reducir o minimizar la aparición de vueltas, huecos, arrugas, y/u otras faltas de uniformidad indeseadas en las cintas.

65 De acuerdo con una realización, la presente invención proporciona un método donde se proporciona una superficie

de contorno correspondiente en forma a un contorno deseado del miembro de material compuesto para soportar una pluralidad de cintas alargadas en una configuración sustancialmente paralela. Cada cinta, que incluye una pluralidad de miembros de refuerzo dispuestos en un material de matriz, se dispone a lo largo de una trayectoria definida por una pluralidad de segmentos de trayectoria natural. Cada segmento define un ángulo antinatural en relación con los segmentos adyacentes de la trayectoria, y cada cinta define una pluralidad de porciones consecutivas correspondientes a los segmentos de trayectoria natural, de tal manera que un borde transversal de cada cinta alargada se dispone dentro de un intervalo de distancia de compensación predeterminado desde una adyacente de las cintas. Normalmente, las cintas se disponen sobre la superficie sustancialmente sin arrugar de las cintas.

5
10 Una configuración de cada trayectoria se puede determinar mediante la determinación del contorno de la superficie, determinando una primera trayectoria a través de al menos una porción de la superficie, y el cálculo de una configuración de cada segmento de trayectoria natural de una segunda trayectoria adyacente a la primera trayectoria, definiendo un primer extremo de cada segmento de trayectoria natural un ángulo de compensación relativo a un segmento adyacente de tal manera que un segundo extremo de cada segmento de trayectoria natural define una distancia de compensación predeterminada desde la primera trayectoria, estando la distancia de compensación dentro del intervalo de distancia de compensación predeterminado. Por ejemplo, los segmentos de trayectoria natural se pueden calcular con el ángulo de compensación de cada segmento de trayectoria natural siendo menor que un ángulo de compensación máximo predeterminado de modo que las cintas alargadas se configuran para disponerse sin arrugas. Además, los segmentos de trayectoria natural se pueden calcular con el intervalo de distancia de compensación del segundo extremo de cada segmento de trayectoria natural siendo aproximadamente igual a una distancia diana que es menor que el máximo del intervalo de distancia de compensación predeterminado.

15
20 Más particularmente, la configuración de uno primero de los segmentos de trayectoria natural de la segunda trayectoria se puede calcular en un punto parcialmente entre los extremos opuestos de la segunda trayectoria, y la configuración de los segmentos de trayectoria natural sucesivos de la segunda trayectoria se puede calcular en las direcciones opuestas desde el primero de los segmentos de trayectoria natural, con el segundo extremo de cada segmento de trayectoria sucesivo definiendo el primer extremo de uno sucesivo de los segmentos de trayectoria. Antes de calcular la configuración del primero de los segmentos de trayectoria natural, una configuración de una trayectoria natural adyacente a la primera trayectoria se puede calcular, y una porción de la trayectoria natural adyacente a la primera trayectoria que define una distancia transversal mínima se puede determinar. Por lo tanto, la configuración del primero de los segmentos de trayectoria natural puede incluir el cálculo de la configuración del primero de los segmentos de trayectoria natural en un punto correspondiente en posición a la porción de la trayectoria natural que define la distancia mínima transversal.

25
30 Las cintas alargadas se pueden disponer a partir de un rollo de suministro desde un dispositivo de colocación de cinta automatizado y presionarse contra la superficie de contorno con un dispositivo de compactación. Cada cinta se puede disponer en una pluralidad de porciones, teniendo cada porción al menos aproximadamente una longitud de la cinta suministrada y soportada entre el rollo de suministro y el dispositivo de compactación del dispositivo de colocación de cinta automatizado.

35
40 La presente invención proporciona también, de acuerdo con otra realización, un miembro de material compuesto que incluye una pluralidad de cintas alargadas dispuestas en una configuración generalmente paralela para definir una superficie de contorno. Cada una de las cintas, que incluyen una pluralidad de miembros de refuerzo dispuestos en un material de matriz, se dispone a lo largo de una trayectoria definida por una pluralidad de segmentos de trayectoria natural. Cada segmento define un ángulo de compensación antinatural con respecto a los segmentos adyacentes de la trayectoria, y cada cinta define una pluralidad de porciones consecutivas correspondientes a los segmentos de trayectoria natural de modo que un borde transversal de cada cinta alargada se dispone dentro de un intervalo de distancia de compensación predeterminado desde una adyacente de las cintas. Las cintas alargadas se pueden disponer sin arrugas. Por ejemplo, las porciones adyacentes de cada cinta pueden definir ángulos de compensación antinaturales de no más de aproximadamente 4° o de no más de aproximadamente 0,5°. Las cintas pueden definir diversos números de porciones dispuestas a lo largo de segmentos de trayectoria natural, normalmente dependiendo de la longitud de las cintas. Por ejemplo, cada segmento (y, por lo tanto, cada porción consecutiva de las cintas) puede definir una longitud que es entre aproximadamente 3 pulgadas (7,62 cm) y 6 pies (182,88 cm), tal como entre aproximadamente 6 pulgadas (15,24 cm) y 3 pies (91,44 cm), con las porciones adyacentes de cada cinta definiendo los ángulos de compensación antinaturales entre las mismas.

Breve descripción de las diversas vistas del dibujo o dibujos

45
50 Por tanto, habiendo descrito la invención en términos generales, a continuación se hará referencia a los dibujos adjuntos, que no están necesariamente dibujados a escala, y donde:

55
60 La Figura 1 es una vista en alzado que ilustra esquemáticamente un aparato para la disposición una cinta alargada durante la formación de un miembro de material compuesto de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Figura 2 es una vista en perspectiva que ilustra un miembro de material compuesto formado de acuerdo con

una realización de la presente invención;

La Figura 3 es una vista en perspectiva que ilustra un miembro de material compuesto durante la fabricación de acuerdo con una realización de la presente invención;

5 Las Figuras 4-8 son vistas en planta que ilustran esquemáticamente las trayectorias a lo largo de las que las cintas alargadas se disponen para formar un miembro de material compuesto de acuerdo con una realización de la presente invención;

Las Figuras 9-11 son vistas en planta que ilustran esquemáticamente las trayectorias a lo largo de las que las cintas alargadas se disponen para formar un miembro de material compuesto de acuerdo con otra realización de la presente invención; y

10 La Figura 12 ilustra una cinta de material compuesto dispuesta a lo largo la trayectoria de la Figura 11.

Descripción detallada de la invención

15 La presente invención se describirá ahora con más detalle a continuación con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se muestran algunas, pero no todas, las realizaciones de la invención. De hecho, la presente invención se puede realizar de muchas formas diferentes y no debe interpretarse como limitada a las realizaciones expuestas en la presente memoria; más bien, estas realizaciones se proporcionan para que esta divulgación satisfaga los requisitos legales aplicables. Los números iguales se refieren a elementos similares.

20 Con referencia ahora a los dibujos y, en particular, a la Figura 1, se ilustra esquemáticamente un aparato 10 para la disposición una cinta alargada 12 durante la formación de un miembro de material compuesto 14 de acuerdo con una realización de la presente invención. El aparato 10 se puede utilizar para formar miembros de material compuesto 14 de una variedad de materiales y con diversas configuraciones. En particular, el aparato 10 se puede utilizar para la disposición una o más cintas alargadas 12 que incluyen un material de refuerzo dispuesto en un material de matriz. Las cintas 12 se pueden proporcionar en diversos tamaños y formas, siendo normalmente largas tiras rectangulares con una anchura de 7,6 cm (3 pulgadas), 15,2 cm (6 pulgadas), o 30,5 cm (12 pulgadas). Normalmente, el material de refuerzo es una pluralidad de miembros fibrosos tales como fibras, hilos, trenzas, esteras tejidas o no tejidas, y materiales similares tales como fibra de vidrio, metal, minerales, grafito o carbón conductor o no conductor, nylon, aramidas tales como Kevlar®, una marca registrada de E.I. du Pont de Nemours and Company, y similares. Cada cinta 12 incluye normalmente el material de matriz, en el que se disponen los miembros de refuerzo. En algunos casos, sin embargo, las cintas 12 se pueden formar sin el material de matriz, y el material de matriz se puede disponer por separado. En cualquier caso, el material de matriz puede incluir diversos materiales tales como resinas poliméricas termoplásticas o termoestables. Las resinas termoestables ejemplares incluyen alilios, poliésteres alquídicos, bismaleimidas (BMI), resinas epoxi, resinas fenólicas, poliésteres, poliuretanos (PUR), poliurea-formaldehído, éster de cianato, y resina de éster vinílico. Las resinas termoplásticas ejemplares incluyen polímeros de cristal líquido (LCP); plásticos fluorados, incluyendo politetrafluoroetileno (PTFE), propileno fluorado de etileno (FEP), resina perfluoroalcoxi (PFA), policlorotrifluoroetileno (PCTFE), y politetrafluoroetileno-perfluorometilviniléter (MFA); resinas a base de cetona, incluyendo polieteretercetona (PEEK™, una marca comercial de Victrex PLC Corporation, Thomtons Cleveleys Lancashire, Reino Unido); poliamidas tales como nylon-6/6, fibra de vidrio al 30%; polietersulfonas (PSA); poliamidaimidas (PAIS), polietilenos (PE); termoplásticos de poliéster, incluyendo tereftalato de polibutileno (PBT), tereftalato de polietileno (PET), y poli(tereftalatos de fenileno); polisulfonas (PSU); poli(sulfuros de fenileno) (PPS).

45 Como se describe más adelante, las cintas 12 se pueden disponer para definir una configuración deseada del miembro compuesto 14. En particular, las cintas 12 se pueden disponer para formar miembros de diversos tamaños y formas. Por ejemplo, el miembro de material compuesto 14 que se ilustra en la Figura 2 es un ala para una aeronave. En otras realizaciones, los miembros de material compuesto 14 se pueden utilizar como otros perfiles alares, paneles de cuerpo de aeronaves, otros miembros para vehículos y estructuras aeroespaciales, miembros estructurales de automóviles, vehículos marinos u otros vehículos, y similares. En algunos casos, el miembro de material compuesto 14 puede definir una geometría compleja, por ejemplo, uno o más contornos que se curvan alrededor de múltiples ejes, codos definidos, aberturas, u otras formas irregulares, y similares.

55 El aparato 10 puede, por lo general, definir un cabezal de colocación de cinta que se utiliza para la disposición de la cinta alargada 12 en una configuración correspondiente a la forma deseada del miembro compuesto 14. Por ejemplo, como se ilustra en la Figura 1, el aparato 10 puede disponer la cinta alargada 12 sobre un mandril 16, es decir, una herramienta con una superficie de contorno 18 que a continuación se imparte a la cinta 12 y, por lo tanto, al miembro de material compuesto 14. Se aprecia que diversos tipos de mandriles se pueden utilizar, y el mandril 16 puede definir una variedad de contornos. En particular, la superficie 18 del mandril 16 puede definir un contorno complejo donde sería difícil o imposible disponer cintas rectangulares sin que se produzcan vueltas o huecos entre las cintas adyacentes. Asimismo, si bien se describe, en general, en la presente memoria que la cinta 12 se puede disponer "sobre" el mandril 16, se aprecia que una primera capa de la cinta 12 se puede disponer directamente sobre el mandril 16 y las capas posteriores se pueden disponer sobre las capas previas.

65 El aparato 10 incluye un suministro de una o más cintas alargadas 12, que se dispensa y dispone sobre la superficie de contorno 18. Por ejemplo, la cinta 12 se puede suministrar en un dispensador, tal como un rollo 20 que se soporta en un carrete 22 montado en el aparato 10. En algunos casos, el dispensador puede incluir múltiples rollos u otros

dispositivos de suministro que proporcionan múltiples cintas **12** para disponerse simultáneamente sobre el mandril **16**. Como alternativa, una sola cinta **12** se puede disponer en una o más porciones. Por ejemplo, una sola cinta **12** se puede separar en múltiples porciones que se disponen sucesivamente sobre el mandril **16**, o una única cinta **12** se puede disponer de forma continua sobre el mandril **16** como una sola pieza sin cortarse. Es decir, la "pluralidad de cintas" o "diversas cintas" referida en la presente memoria se puede disponer como una sola pieza de cinta que define una pluralidad de porciones alargadas adyacentes.

En la realización ilustrada en la Figura 1, el carrito **22** que soporta el rollo **20** se monta de forma giratoria de modo que la cinta **12** puede prescindir del mismo. La cinta **12** se suministra desde el rollo **20** a una guía de colocación que controla la colocación de la cinta **12** sobre el mandril **16**. La guía de colocación puede ser un rodillo **24**, como se muestra, que se monta de forma giratoria de modo que el aparato **10** se puede mover sobre la superficie **18** del mandril **16** con el rodillo **24** en contacto rodante con la misma. Por tanto, el aparato **10** puede aplicar una fuerza a través del rodillo **24** en una dirección generalmente hacia el mandril **16** de modo que el rodillo de compactación **24** ejerce presión sobre la cinta **12** para presionarlo contra el mandril **16** en una región de compactación. El rodillo **24** se puede montar también de forma ajustable por las monturas **27**, que se pueden ajustar en relación con el resto del aparato **10** para que el rodillo **24** pueda aplicar diferentes presiones contra la cinta **12** y el mandril **16** o de otro modo controlar la colocación de la cinta **12**. Si bien se representa un rodillo de compactación **24**, otros tipos de dispositivos de compactación se pueden utilizar, tal como una zapata de compactación o una prensa.

El aparato **10** se mueve en relación con el mandril **16** mediante un conjunto de accionamiento **26**, que se indica esquemáticamente en la Figura 1. El conjunto de accionamiento **26** puede incluir diversos dispositivos de accionamiento, tales como accionadores neumáticos o hidráulicos, motores eléctricos o servos, y/o mecanismos de accionamiento por cadena, engranajes, o árbol. El conjunto de accionamiento **26** se puede configurar para mover el aparato **10** o el mandril **16** para lograr la colocación relativa deseada del aparato **10** en relación con el mandril **16** para la disposición de la cinta **12** sobre la superficie **18** del mandril **16**. Normalmente, el aparato **10** se mueve generalmente de forma lineal a lo largo de la superficie **18** del mandril **16** en diversas pasadas, con una o más porciones de la cinta **12** disponiéndose en cada pasada. Por ejemplo, el aparato **10** se puede mover de un primer extremo **28** del mandril **16** a un extremo opuesto **30** para la disposición de una o más cintas **12**, a continuación, volver al primer extremo **28** para iniciar otra pasada en la misma dirección para la disposición de cinta adicional **12** adyacente a esas cintas **12** dispuestas en la pasada anterior. Como alternativa, el aparato **10** puede envolver una o más cintas **12** en pasadas continuas alrededor del mandril **16**, con la posición y/o dirección siendo ajustada entre cada pasada de manera que las cintas **12** se disponen en las porciones adyacentes.

El aparato **10** puede incluir también otros diversos componentes. Por ejemplo, el rodillo **32** se puede utilizar para guiar la cinta **12** a través del aparato **10**. Cualquier número de rodillos **32**, **34** se pueden proporcionar, y en algunos casos, algunos o todos de los rodillos **32**, **34** se pueden accionar por un motor u otro accionador para controlar el movimiento de la cinta **12**. Además, el aparato **10** incluye normalmente un dispositivo de calentamiento **36** para calentar la cinta **12** y/o el mandril **16**. El dispositivo de calentamiento **36** puede ser un láser, una matriz de diodo láser, una soplete de gas caliente, un calentador eléctrico, o similares. El dispositivo de calentamiento **36** proporciona normalmente energía suficiente para permitir que la cinta **12**, una vez sometida a las fuerzas de compactación, se adhiera a la cinta subyacente **12**.

El dispositivo de calentamiento **36** puede incluir diversos elementos de calentamiento independientes, tales como múltiples diodos láser que forman una matriz. Cada elemento de calentamiento se puede acoplar a una fuente de energía independientemente de los otros diodos láser de modo que la potencia operativa de cada elemento de calentamiento se puede controlar independientemente de los otros elementos de calentamiento. Uno de tales dispositivos de calentamiento se describe con más detalle en la Patente de Estados Unidos N. ° 6.451.152 de Holmes, *et al.*, titulada "Procedimiento de Calentamiento y Control de la Temperatura de un Material Compuesto durante la Colocación Automática", expedida el 17 de septiembre de 2002 y cedida al cesionario de la presente solicitud. Además, como se describe en la Patente de Estados Unidos N. ° 6.451.152, los elementos de calentamiento individuales se pueden disponer de modo que cada uno se configura para calentar un área o zona particular, que se puede definir por la cinta **12**, antes y/o después de haberse dispuesto en el mandril **16**. Por lo tanto, mediante la alteración de la potencia operativa de uno o más de los elementos de calentamiento, el calentamiento de una particular de las cintas **12** o de un área particular de las cintas **12** se puede controlar independientemente del calentamiento de otras cintas **12**. El calentamiento no uniforme de las zonas puede ser deseable, por ejemplo, si las cintas **12** no son del mismo tamaño o no están hechas de los mismos materiales y, por lo tanto, requieren diferentes cantidades de energía para alcanzar su temperatura de colocación óptima. También, diferentes cantidades de calentamiento pueden ser deseables debido a la geometría del mandril **16**.

El dispositivo de calentamiento **36** se puede comunicar eléctricamente con un controlador **40** configurado para controlar el dispositivo de calentamiento **36**. El controlador **40** puede realizar también otras funciones, por ejemplo, funciones integrales a la inspección, control de velocidad, detección de temperatura y velocidad, marcado de defectos, y similares. Por ejemplo, el aparato **10** puede tener un sistema de inspección **42** que incluye cámaras, sensores de temperatura, detectores de pre-colocación, dispositivos de monitorización de pegajosidad, y similares para la monitorización de la cinta **12**. Además, el aparato **10** puede incluir un dispositivo de marcado para el marcado de defectos o de otras porciones designadas del miembro compuesto **14**.

Cada una de las cintas alargadas **12** se puede disponer a lo largo de una trayectoria modificada **50** que se define por una pluralidad de segmentos de trayectoria natural. La expresión "trayectoria natural" se refiere a una curva geodésica, es decir, una curva que es localmente recta con respecto a la superficie debido a que su curvatura geodésica es igual a cero en todos los puntos. La curvatura geodésica es un tipo especial de curvatura, que se puede definir en el contexto de una curva que descansa en una superficie. Dada una curva que descansa sobre una superficie, en cada punto donde la curva toca la superficie, se puede construir un plano, denominado el plano tangente, que es la mejor aproximación plana al conjunto de puntos vecinos en la superficie. Si en un punto dado, la curva, cuando se proyecta (es decir, se observa) perpendicular al plano tangente en ese punto, parece recta, entonces la curva tiene cero curvatura geodésica en ese punto. Una curva geodésica (o trayectoria natural) tiene esta propiedad en cada punto a lo largo de su longitud. Dados dos puntos distintos sobre una superficie, la trayectoria más corta entre los mismos es una curva geodésica.

Cada trayectoria modificada **50** de acuerdo con la presente invención incluye una pluralidad de segmentos de trayectoria natural que definen ángulos de compensación antinaturales en los puntos donde los segmentos se unen. Es decir, cada segmento de las trayectorias modificadas **50** define una trayectoria natural. Sin embargo, si la trayectoria modificada se proyecta perpendicular al plano tangente en un punto donde se unen dos segmentos adyacentes, a continuación, los segmentos proyectados definen un ángulo de desviación en ese punto proyectado que no es cero. Por lo tanto, las trayectorias modificadas no tienen curvatura geodésica igual a cero en los puntos donde se unen los segmentos adyacentes y, por lo tanto, no son trayectorias naturales.

Por consiguiente, con las cintas **12** dispuestas a lo largo de las trayectorias modificadas **50** de la presente invención, cada cinta **12** define una pluralidad de porciones consecutivas, correspondiendo cada porción a uno de los segmentos de trayectoria natural. Cada segmento de cada trayectoria **50** y, por lo tanto, cada porción de cada cinta **12**, puede ser lineal o no lineal. Por ejemplo, la trayectoria natural a través de una porción plana de una superficie es lineal; sin embargo, la trayectoria natural sobre el mandril contorneado **16** no es lineal y puede definir la curvatura sobre una o más dimensiones en función de la configuración de la superficie **18**.

Un método para determinar la trayectoria **50** de cada cinta **12** para formar el miembro de material compuesto **14** se ilustra en las Figuras 4-8. La Figura 4 ilustra una primera trayectoria **50a** que corresponde a una línea central **52a** de una primera de las cintas **12**, indicada de forma individual con el número de referencia **12a**. La cinta que se dispone primero en la superficie de contorno **18** para formar el miembro de material compuesto **14** se dispone normalmente a lo largo una trayectoria natural que se extiende entre los extremos longitudinales **28**, **30** del mandril **16** en una posición entre extremos transversales **29**, **31** del mandril **16**. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 3, la primera cinta **12a** se puede disponer sobre el mandril **16** antes que cualquiera de las otras cintas **12**, y se dispone a lo largo de una trayectoria natural. Las cintas **12** posteriores se disponen generalmente paralelas a la primera cinta **12a** a cada lado de la primera cinta **12a**. La línea central **52a** de la primera cinta **12a** se indica en la Figura 3 por motivos de claridad ilustrativa. Como se muestra en la Figura 3, la línea central de la primera cinta **12a** define una curva tridimensional, es decir, una línea que se curva alrededor de diversos ejes no paralelos.

Haciendo referencia de nuevo a la Figura 4, la trayectoria **50a** de la primera cinta **12a** se ilustra (correspondiente a la línea central de la cinta **52a**) en una configuración recta para mayor claridad ilustrativa, aunque la configuración real de la trayectoria **50a** se puede curvar para corresponder a la línea central **52a** de la cinta **12a** como se muestra en la Figura 3. La primera trayectoria **50a** puede ser una trayectoria natural, es decir, la trayectoria **50** de la cinta **12** que se va a disponer primero en la superficie de contorno **18**. Como alternativa, la primera trayectoria **50a** que se indica en la Figura 4 puede ser una trayectoria segmentada que se calcula de acuerdo con el método descrito a continuación. Es decir, las expresiones "primera trayectoria" y "primera cinta" se utilizan a continuación por conveniencia para hacer referencia a una cinta precedente a la que la trayectoria **50a** se ha calculado y utilizado como referencia en el cálculo de la configuración de una segunda trayectoria **54** que es posterior y adyacente a la primera trayectoria **50a**, y a lo largo de la que una segunda cinta se tiene que disponer adyacente a la primera cinta **12a**. Las cintas **12** se pueden disponer en la superficie **18** en diversos órdenes secuenciales. Además, las Figuras 4-8 no ilustran las cintas reales **12**. De hecho, las Figuras 4-8 son indicativas de la determinación de las trayectorias **50** de las cintas **12**, y las trayectorias **50** se pueden determinar antes de que todas o algunas de las cintas **12** se dispongan en el mandril **16**. Por ejemplo, las trayectorias **50** de las cintas **12** se pueden determinar numéricamente, de modo que las cintas **12** se pueden disponer después de acuerdo con las trayectorias calculadas **50**.

Con el fin de determinar una segunda trayectoria **50b** para la segunda cinta **12**, indicada individualmente por el número de referencia **12b**, que se va a disponer próxima a la primera cinta **12a**, un primer punto (o punto de inicio) **54** de la segunda trayectoria **50b** se define a una distancia transversal de la trayectoria **50a** de la primera cinta **12a**. En particular, el primer punto **54** se sitúa normalmente transversalmente desde la trayectoria **50a** de la primera cinta **12a** a una distancia que es aproximadamente igual a la anchura de las cintas **12**. Por tanto, con la primera cinta **12a** dispuesta a lo largo de la primera trayectoria **50a** y la segunda cinta **12b** dispuesta a lo largo de la segunda trayectoria **50b**, los bordes transversales **56** de las cintas **12a**, **12b** están próximos entre sí. Las líneas centrales **52a**, **52b** de las cintas **12a**, **12b** se pueden separar ligeramente más de la anchura de las cintas **12** para proporcionar un pequeño espacio entre las cintas **12**. En particular, el primer punto **54** se puede desfasar transversalmente un poco más que el ancho de las cintas **12** por lo que las cintas **12a**, **12b** definen entre las mismas una distancia de compensación que está dentro de un intervalo de distancia de compensación predeterminado. El intervalo de

distancia de compensación predeterminado se puede definir por una distancia de compensación mínima, una distancia de compensación máxima, y una distancia de compensación diana (o deseada) que está entre las distancias mínima y máxima.

5 La configuración de la segunda trayectoria **50b** en una dirección generalmente hacia uno de los extremos **28, 30** de la superficie **18** se determina después en una pluralidad de segmentos de trayectoria natural **58a, 58b, 58c**. Como se muestra en la Figura 6, el primer segmento **58a** se extiende desde el primer punto **54**. Es decir el primer extremo del primer segmento **58a** se define por el primer punto **54**, y el segundo extremo opuesto del segmento **58a** se define por un punto posterior que se sitúa también transversalmente desde la primera trayectoria **50a** a una distancia en el intervalo de distancia de compensación predeterminado. Como se muestra en las Figuras 7 y 8, el segundo punto de cada segmento **58a, 58b, 58c** es el primer punto del segmento sucesivo **58a, 58b, 58c** a lo largo de la misma trayectoria **50**. La configuración de cada segmento **58a, 58b, 58c** se puede determinar utilizando un proceso iterativo, donde el segundo extremo de cada segmento **58a, 58b, 58c** se calcula de tal manera que cada segmento **58a, 58b, 58c** tiene una longitud de segmento uniforme o fija, y el segundo extremo de cada segmento **58a, 58b, 58c** (como se define por la línea central **50b** del segmento **58a, 58b, 58c**) se mantiene dentro del intervalo de distancia de compensación predeterminado de la primera trayectoria **50a**. Además, se puede hacer que la primera y segunda cintas **12a, 12b** definan un hueco a lo largo de sus longitudes que se encuentre también dentro del intervalo de distancia de compensación predeterminado. Por ejemplo, el segundo extremo de uno respectivo de los segmentos **58a, 58b, 58c** puede asignarse primero en una posición de coordenadas que se coloca transversalmente desde la primera trayectoria **50a** a la distancia de compensación diana, como se muestra en la Figura 5. El contorno del segmento **58a, 58b, 58c** (y, por lo tanto, la porción correspondiente de la cinta) se determina a continuación, de manera que el segmento **58a, 58b, 58c** sigue una trayectoria natural a lo largo de la superficie **18** entre el primer y segundo puntos. Una configuración de una trayectoria natural entre dos puntos en una superficie de contorno se puede determinar utilizando diversos métodos conocidos, tales como mediante del modelado matemático de la configuración de la cinta **12** de acuerdo con la superficie **18**. El espacio entre la primera y la segunda cintas **12a, 12b** se determina a lo largo de toda la longitud del segmento **58a, 58b, 58c**. Si la diferencia está fuera del intervalo, es decir, inferior al mínimo o mayor que las distancias de compensación máximas, la dirección del segmento **58a, 58b, 58c** se modifica ligeramente (Figura 6). Es decir, el segmento **58a, 58b, 58c** se obliga a extenderse desde el primer punto **54** en un ángulo ligeramente diferente. Aunque el segmento se extiende desde el primer punto en un ángulo ligeramente diferente, el segmento **58a, 58b, 58c** todavía definirá una trayectoria natural entre sus extremos. La orientación del segmento **58a, 58b, 58c** se modifica normalmente en una cantidad mínima de modo que todo el borde transversal **56** del segmento **58a, 58b, 58c** define un hueco con la primera cinta **12a** que está dentro del intervalo de distancia de compensación predeterminado.

35 Por lo tanto, después de que se determina la configuración del primer segmento **58a** de la segunda trayectoria **50b**, la configuración de los segmentos sucesivos **58b, 58c** que se extiende desde el primer segmento **58a** hacia el extremo **30** de la superficie de contorno **18** se determina similarmente de forma secuencial, como se muestra en la Figura 8. Además, la configuración de la segunda trayectoria **50b** se determina de manera similar en una dirección desde el primer punto (punto de inicio) **54** hacia el extremo opuesto **28** de la superficie de contorno **18**, como se indica en la Figura 8, incluyendo los segmentos **58d, 58e, 58f**. Cada trayectoria **50** pueden incluir cualquier número de segmentos, y, por lo tanto, cada cinta puede definir cualquier número de porciones consecutivas correspondientes. Cada uno de los segmentos, referidos colectivamente con el número de referencia **58**, define una trayectoria natural, y los segmentos **58** se definen de tal manera que, con las líneas centrales **52** de las cintas **12** dispuestas de acuerdo con las trayectorias **50**, los bordes transversales **56** de la primera y segundas cintas **12a, 12b** definen un intersticio entre los mismos que está dentro del intervalo de distancia de compensación predeterminado. Los valores máximo y mínimo del intervalo se pueden determinar de acuerdo con el efecto de los huecos y vueltas en las propiedades del miembro de material compuesto resultante **14**, los requisitos del miembro de material compuesto **14**, y el grado de contorno de la superficie **18**. En algunos casos, el valor mínimo del intervalo puede ser cero o incluso un pequeño valor negativo.

50 La configuración de todas las trayectorias se puede determinar antes de que todas o algunas de las cintas **12** se dispongan en la superficie de contorno **18**. Es decir, el método anterior de determinación de la configuración de las trayectorias **50** se puede realizar teórica o numéricamente, y después las cintas **12** se pueden disponer en consecuencia. Por ejemplo, las configuraciones de las trayectorias calculadas **50** se pueden almacenar electrónicamente en una memoria **44** del aparato **10**, y las cintas **12** se pueden colocar después con el aparato **10** de acuerdo con las configuraciones calculadas de las trayectorias **50** respectivas.

60 De acuerdo con un método de fabricación del miembro de material compuesto **14**, el contorno de la superficie de contorno **18** se modela y se almacena numéricamente en un dispositivo informático, por ejemplo, como una pluralidad de valores de coordenadas de datos representativos de puntos en la superficie de contorno **18** del mandril **16**. Un dispositivo lógico programable, tal como un ordenador que funciona de acuerdo con las instrucciones de un programa de software de ordenador, se puede utilizar para calcular la configuración de las trayectorias **50**, y la configuración de las trayectorias **50** se puede almacenar para su uso posterior en la fabricación del miembro de material compuesto **14**. Por ejemplo, las configuraciones de las trayectorias **50** se pueden almacenar como una pluralidad de puntos de coordenadas de datos que definen las trayectorias **50**. Los puntos de datos de coordenadas que representan las trayectorias **50** se pueden almacenar en una base de datos de un ordenador o en otro

dispositivo de almacenamiento electrónico. A partir de entonces, los puntos de datos, tales como los almacenados en la base de datos, se pueden utilizar para controlar el movimiento del aparato **10** para la disposición de las cintas de material compuesto **12** para formar el miembro compuesto **14**. Por ejemplo, los puntos de datos se pueden utilizar para generar instrucciones características de los movimientos del aparato **10**, y dichas instrucciones se pueden almacenar en la memoria **44** o proporcionarse, de otro modo, para controlar el aparato **10** durante la fabricación del miembro de material compuesto **14**.

Como se ha descrito anteriormente, cada uno de los segmentos **58** de cada una de las trayectorias **50** define una trayectoria natural que se extiende entre los puntos en los extremos opuestos de cada segmento **58**; sin embargo, los segmentos **58** de cada trayectoria **50** en combinación no definen una trayectoria natural. Es decir, los segmentos **58** se unen en ángulos antinaturales. Por lo tanto, cada cinta **12** se puede disponer como una pluralidad de porciones, cada porción correspondiendo en longitud y posición con uno de los segmentos **58**. Cada cinta **12** define porciones de forma continua. Es decir, cada cinta **12** puede ser continua y uniforme, sin interrupciones ni discontinuidades entre sus extremos e incluye una pluralidad de porciones entre los extremos de la cinta **12**. Sin embargo, entre cada par de porciones adyacentes, cada cinta **12** define un ángulo anti-natural, donde la cinta **12** diverge ligeramente de una trayectoria natural. Por lo tanto, cada cinta **12** se puede estresar ligeramente a los ángulos, aunque normalmente la cinta **12** no se estresa lo suficiente como para dar lugar a la formación de arrugas ya que la diferencia en el ángulo al que se dispone los segmentos adyacentes (y, por lo tanto, las porciones de cinta) es normalmente relativamente pequeña como se describe a continuación.

Los valores de los ángulos antinaturales son el resultado de la determinación de la configuración de cada segmento **58** de cada trayectoria **50**. Cada ángulo antinatural se desvía en un ángulo que solo aparece a partir del ángulo que se produciría en una trayectoria natural que se extiende a través del mismo punto en la superficie de contorno **18**. La cantidad de compensación de cada ángulo antinatural en relación con el ángulo natural que de otro modo se definiría por una trayectoria natural en el mismo punto en la superficie de contorno **18** se puede limitar a un ángulo de compensación máximo. El ángulo de compensación máximo entre los segmentos (y, por lo tanto, entre las porciones de cinta) se puede ver afectado por el contorno en el que se conforma la cinta **12**, las propiedades físicas de la cinta **12**, la configuración del aparato **10**, y similares. Por ejemplo, el ángulo de compensación máximo se puede ver afectado por la anchura, el grosor y la rigidez de la cinta **12**; la cantidad de pegamento o pegajosidad de la cinta **12** y, por lo tanto, lo bien que la cinta **12** se adhiere a la capa subyacente; la configuración geométrica del dispositivo de compactación del aparato **10**; y similares. Normalmente, el ángulo de compensación máximo entre los segmentos adyacentes **58** (y, por lo tanto, entre las porciones de cinta) es inferior a aproximadamente 3° o 4° y, más normalmente, inferior a aproximadamente $0,5^\circ$. En algunos casos, el ángulo de compensación máximo entre los segmentos adyacentes (y, por lo tanto, las porciones de cinta) **58** es inferior a aproximadamente $0,1^\circ$ o incluso menos de $0,001^\circ$.

Cada cinta **12** puede definir cualquier número de ángulos antinaturales y cualquier número de segmentos **58** (y, por lo tanto, de porciones de cinta) entre las mismas. Por ejemplo, el número de ángulos y trayectorias se puede determinar de acuerdo con la longitud de cada trayectoria de cada cinta, la complejidad de la trayectoria de la cinta, la desviación máxima deseada de la cinta de una trayectoria natural o la trayectoria de una cinta adyacente, y las características físicas del material de la cinta. En una realización típica de la presente invención, cada porción consecutiva de cada cinta tiene una longitud entre aproximadamente 7,6 cm (3 pulgadas) y 182,9 cm (6 pies), tales como una longitud entre aproximadamente 15,2 cm (6 pulgadas) y 91,4 cm (3 pies). Por lo tanto, en una realización, una cinta **12** que tiene una longitud de 548,6 cm (18 pies) podría tener entre aproximadamente 3 y 72 porciones consecutivas (y, por lo tanto, entre aproximadamente 2 y 71 ángulos antinaturales entre las porciones consecutivas), o entre aproximadamente 6 y 36 porciones consecutivas (y, por lo tanto, entre aproximadamente 5 y 35 ángulos antinaturales entre las porciones consecutivas). Se aprecia, sin embargo, que las diferentes cintas pueden definir diferentes números de porciones (y, por tanto, de segmentos **58**) y los ángulos antinaturales que se requieren para lograr una configuración particular.

Como se ha descrito con referencia a las Figuras 4-8, las trayectorias **50** de las cintas **12** se determinan desde un punto de partida **54** entre los extremos **28**, **30** de la superficie de contorno **18** y se calculan en direcciones opuestas hacia el exterior desde el punto de partida **54**. El punto de partida **54** puede ser un punto medio de la trayectoria respectiva **50**. En particular, la ubicación del punto de partida **54** para cada trayectoria **50** se puede determinar de acuerdo con el punto medio de la trayectoria **50** previamente calculada. Como alternativa, el punto de partida **54** se puede situar lejos del punto medio, por ejemplo, más cerca de uno de los extremos **28**, **30** de la superficie de contorno **18**, o incluso en un extremo **28**, **30** de la superficie de contorno **18** de tal manera que la trayectoria **50**, a continuación, se puede determinar a lo largo de una sola dirección hacia el extremo opuesto **28**, **30**.

En una realización, el punto de partida **54** se sitúa próximo a una porción de la trayectoria **50**, donde es probable que la cinta **12** se solape sin modificar los ángulos entre los segmentos **58** (y, por lo tanto, entre las porciones de cinta). Es decir, antes de determinar los segmentos de trayectoria natural **58** para la segunda trayectoria **50b**, una trayectoria natural se puede determinar adyacente a la primera trayectoria **50a**. Normalmente, la trayectoria natural no es precisamente paralela a la primera trayectoria **50a**. Por lo tanto, una distancia transversal entre las dos trayectorias **50a**, **50b** varía a lo largo de la longitud de las trayectorias **50a**, **50b**. Es decir, en una o más porciones de las trayectorias **50a**, **50b**, las dos trayectorias **50a**, **50b** definen una distancia mínima transversal. El punto de inicio

54 para el cálculo de la configuración de la segunda trayectoria **50b** se puede situar en un punto correspondiente, en posición sobre la superficie de contorno **18**, a la porción de la trayectoria natural donde se define la distancia mínima transversal. En otras palabras, el punto de partida **54** para el cálculo de la trayectoria de la segunda trayectoria **50b** puede corresponder a la porción de la superficie donde es más probable que ocurra el solapamiento entre las cintas **50a, 50b** si la segunda cinta **12b** se dispone a lo largo de una trayectoria natural. Se cree que el uso un punto de partida de este tipo puede dar como resultado un mínimo de vueltas y huecos sin utilizar ángulos de compensación excesivos entre los segmentos sucesivos **58** de cada trayectoria **50**. En cualquier caso, las cintas **12** se pueden disponer de forma continua desde uno de los extremos **28, 30** de la superficie de contorno **18** hasta el otro extremo **28, 30** mediante el aparato **10**, que atraviesa repetidamente entre los dos extremos **28, 30**, disponiendo una o más de las cintas **12** en cada pasada.

Las Figuras 9-11 ilustran el efecto del ajuste de los ángulos antinaturales entre los segmentos **58** de las trayectorias **50** de las cintas **12**. En particular, la Figura 9 ilustra una trayectoria natural o geodésica sobre una superficie de contorno **18**. La Figura 10 ilustra una comparación entre la trayectoria natural de la Figura 9 y una trayectoria modificada **50** que se determina de acuerdo con la presente invención, es decir, una trayectoria formada por una pluralidad de segmentos de trayectoria natural **58**, con al menos algunos de los segmentos adyacentes **58** definiendo ángulos antinaturales. En particular, la trayectoria natural **60** de la Figura 9 incluye siete segmentos **62a-62g** que se definen por ocho puntos **64a-64h**. En los seis puntos **64b-64g** entre los segmentos adyacentes **62a-62g** de la trayectoria **60**, la trayectoria **60** define ángulos naturales. Del mismo modo, una trayectoria modificada **70** de acuerdo con la presente invención, que tiene siete segmentos **72a-72g** se muestra en la Figura 10, con los puntos **74a-74h**. Sin embargo, el ángulo entre el segundo y el tercer segmentos **72b** y **72c** es un ángulo antinatural. Es decir, el ángulo se modifica desde el ángulo natural por un ángulo de compensación **76** y, por lo tanto, la trayectoria de los segmentos **72b, 72c** se modifica a partir de la trayectoria natural. De hecho, se muestra que modificación relativamente pequeña en los ángulos puede afectar significativamente la configuración de la trayectoria **70**. Por lo tanto, los huecos y/o vueltas entre las cintas adyacentes **12** se pueden reducir al mínimo, eliminarse, o por el contrario, optimizarse. En este sentido, se observa que el ángulo de compensación **76** que se indica en la Figura 10 se demuestra que es algo más grande que el que se emplea normalmente, para fines de ilustración.

La Figura 11 ilustra una modificación adicional a la trayectoria de la Figura 10. La trayectoria modificada **80** de la Figura 11 incluye seis segmentos **82a-82f** definidos por siete puntos **84a-84g**. En particular, la trayectoria modificada **80** omite el tercer punto **74c** de la trayectoria **70** que se muestra en la Figura 10, es decir, el primer punto de desviación de la trayectoria **70** que se muestra en la Figura 10 desde la trayectoria natural **60** de la Figura 9. Aunque no pretende limitarse a ninguna teoría particular, se cree que la omisión de uno o más de los puntos en la trayectoria modificada que se desvía primero de la trayectoria natural puede mejorar la suavidad de la trayectoria modificada, por lo tanto, posiblemente, reducir las tensiones en la cinta **12**, arrugas, y/o vueltas o huecos entre las cintas **12**. La Figura 12 ilustra una cinta **90** dispuesta sobre una superficie de contorno **18**, definiendo la cinta **90** las porciones **92a-92f**, cada una de las que corresponde a los segmentos de trayectoria **82a-82f** de la trayectoria **80** de la Figura 11.

Los segmentos **58, 72a-72g, 82a-82f** de las trayectorias **50, 70, 80** y, por lo tanto, las porciones de las cintas **12**, pueden tener diferentes longitudes. En una realización de la presente invención, cada uno de los segmentos **58** es al menos tan largo como la distancia entre el rollo de suministro **20** de la cinta **12** y el rodillo **24** u otro dispositivo de compactación, es decir, de tal manera que cualquier cinta **12** que se ha dispensado desde el rollo **20** dentro del aparato **10** se pueden disponer sobre el mandril **16** antes de modificar la dirección de cada cinta **12** en un ángulo antinatural posterior definido por la trayectoria respectiva. Como alternativa, si la cinta **12** se soporta entre el rollo **20** y el dispositivo de compactación, tal como por el rodillo **32** u otra estructura de soporte, cada segmento (y, por lo tanto, cada porción correspondiente de la cinta **12**) puede tener una longitud que es al menos aproximadamente la distancia entre el dispositivo y el rodillo de compactación **20** u otra estructura de soporte. Por ejemplo, en una realización, cada segmento tiene una longitud que es al menos aproximadamente 76,2 cm (30 pulgadas).

Cada cinta **12** tiene normalmente una anchura uniforme a lo largo de su longitud, es decir, de modo que los bordes transversales **56** de cada cinta son lineales y paralelos entre sí. Sin embargo, en algunos casos, uno o ambos de los bordes **56** puede ser no lineal y/o los bordes pueden ser no paralelos. Por ejemplo, uno de los bordes **56** de cada cinta **12** se puede recortar antes o durante la operación de colocación. De esta manera, las cintas **12** se pueden adaptar para dar cabida a diversos contornos adicionales de la pieza de trabajo y/o reducir las vueltas o huecos entre cintas **12**. Un aparato y un método para recortar o cortar las cintas **12** se describe adicionalmente en la Patente de Estados Unidos N. ° 11/088,288, titulada "Aparato y Método para el Corte de Perfiles de Cinta de Material Compuesto", presentada el 24 de marzo de 2005.

Muchas modificaciones y otras realizaciones de la invención vendrán a la mente a un experto en la materia a la que pertenece la presente invención teniendo el beneficio de las enseñanzas presentadas en las descripciones anteriores y en los dibujos asociados. Por lo tanto, se debe entender que la invención no se limita a las realizaciones específicas divulgadas y que modificaciones y otras realizaciones pretenden ser incluidas dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Aunque se emplean términos específicos en la presente memoria, se utilizan en un sentido genérico y descriptivo y no con fines de limitación.

REIVINDICACIONES

1. Un método para formar un miembro de material compuesto (14), comprendiendo el método:

5 proporcionar una superficie de contorno (18) que corresponde en forma con un contorno deseado del miembro de material compuesto (14) para soportar una pluralidad de cintas alargadas (12) en una configuración sustancialmente paralela, incluyendo cada cinta una pluralidad de miembros de refuerzo dispuestos en un material de matriz; y
 10 disponer cada una de las cintas alargadas (12) a lo largo de una trayectoria (50) definida por una pluralidad de segmentos de trayectoria natural (58a, 58b, 58c), **caracterizado por que** cada segmento define un ángulo de compensación antinatural en relación con los segmentos adyacentes de la trayectoria y definiendo cada cinta (12) una pluralidad de porciones consecutivas correspondientes a los segmentos de trayectoria natural, de tal manera que un borde transversal de cada cinta alargada (12) se dispone dentro de un intervalo de distancia de compensación predeterminado desde una adyacente a una de las cintas.

15 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además la determinación de una configuración de cada trayectoria mediante:

la determinación del contorno de la superficie;
 20 la determinación de una primera trayectoria (50a) a través de al menos una porción de la superficie; y el cálculo de una configuración de cada segmento de trayectoria natural (58a, 58b, 58c) de una segunda trayectoria (50b) adyacente a la primera trayectoria (50a), extendiéndose cada segmento de trayectoria natural de la segunda trayectoria desde un primer extremo y definiendo el ángulo de compensación antinatural con respecto a un segmento de trayectoria natural adyacente de la segunda trayectoria (50b) de tal manera que un
 25 segundo extremo de cada segmento de trayectoria natural de la segunda trayectoria define una distancia de compensación predeterminada desde la primera trayectoria (50a), estando la distancia de compensación dentro del intervalo de distancia de compensación predeterminado.

30 3. Un método de acuerdo con la reivindicación 2, donde dicha etapa de cálculo comprende el cálculo de los segmentos de trayectoria natural (58a, 58b, 58c) con el ángulo de compensación antinatural de cada segmento de trayectoria natural siendo menor que un ángulo de compensación máximo predeterminado.

35 4. Un método de acuerdo con la reivindicación 2, donde dicha etapa de cálculo comprende el cálculo de los segmentos de trayectoria natural (58a, 58b, 58c) con el intervalo de distancia de compensación del segundo extremo de cada segmento de trayectoria natural siendo aproximadamente igual a una distancia diana que es menor que el máximo del intervalo de distancia de compensación predeterminado.

5. Un método de acuerdo con la reivindicación 2, donde dicha etapa de cálculo comprende:

40 calcular la configuración de los primeros de los segmentos de trayectoria natural (58a, 58d) de la segunda trayectoria desde un punto (54) parcialmente entre extremos opuestos de la segunda trayectoria; y calcular la configuración de los segmentos de trayectoria natural sucesivos de la segunda trayectoria en direcciones opuestas desde los primeros de los segmentos de trayectoria natural (58a, 58d), definiendo el
 45 segundo extremo de cada segmento de trayectoria sucesivo el primer extremo de una sucesiva de los segmentos de trayectoria.

6. Un método de acuerdo con la reivindicación 5 que comprende además:

50 antes de dicha etapa de cálculo de la configuración de los primeros de los segmentos de trayectoria natural (58a, 58d), determinar una configuración de una trayectoria natural adyacente a la primera trayectoria (50a); y determinar una porción de la trayectoria natural adyacente a la primera trayectoria (50a) que define una distancia transversal mínima entre las mismas,
 donde dicha etapa de cálculo de la configuración de los primeros de los segmentos de trayectoria natural (58a, 58d) comprende el cálculo de la configuración de los primeros de los segmentos de trayectoria natural a partir de
 55 un punto que corresponde, en posición, a la porción de la trayectoria natural que define la distancia transversal mínima.

60 7. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, donde dicha etapa de colocación comprende colocar las cintas alargadas (12) desde un rollo de suministro (20) de un dispositivo de colocación de cinta automatizado y presionar la cinta contra la superficie de contorno (18) con un dispositivo de compactación (24).

65 8. Un método de acuerdo con la reivindicación 7 donde dicha etapa de colocación comprende colocar de cada cinta (12) en la pluralidad de porciones, teniendo cada porción de cada cinta al menos aproximadamente una longitud de la cinta soportada entre el rollo de suministro (20) y el dispositivo de compactación (24) del dispositivo de colocación de cinta automatizado.

9. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, donde dicha etapa de colocación comprende colocar cada cinta alargada (12) con porciones adyacentes de las cintas definiendo el ángulo de compensación antinatural como menos de aproximadamente 4°.
- 5 10. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, donde dicha etapa de colocación comprende colocar cada cinta alargada (12) con porciones adyacentes que definen el ángulo de compensación antinatural como menos de aproximadamente 0,5°.
- 10 11. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, donde dicha etapa de colocación comprende colocar cada cinta alargada (12) de tal manera que cada una de las porciones consecutivas define una longitud entre aproximadamente 7,6 cm (3 pulgadas) y 182,9 cm (6 pies), definiendo las porciones adyacentes de cada cinta ángulos de compensación antinaturales entre las mismas.
- 15 12. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, donde dicha etapa de colocación comprende colocar cada cinta alargada (12) de tal manera que cada una de las porciones consecutivas define una longitud entre aproximadamente 15,2 cm (6 pulgadas) y 91,4 cm (3 pies), definiendo las porciones adyacentes de cada cinta ángulos de compensación antinaturales entre las mismas.
- 20 13. Un miembro de material compuesto (14) que define una superficie de contorno (18), comprendiendo el miembro:
una pluralidad de cintas alargadas (12) dispuesta en una configuración generalmente paralela para definir la superficie de contorno, incluyendo cada cinta (12) una pluralidad de miembros de refuerzo dispuesta en un material de matriz,
donde cada una de las cintas alargadas (12) se dispone a lo largo de una trayectoria definida por una pluralidad
25 de segmentos de trayectoria natural (58a, 58b, 58c), **caracterizado por que** cada segmento define un ángulo de compensación antinatural en relación con segmentos adyacentes de la trayectoria y definiendo cada cinta (12) una pluralidad de porciones consecutivas correspondientes a los segmentos de trayectoria natural, de tal manera que un borde transversal de cada cinta alargada (12) se dispone dentro de un intervalo de distancia de compensación predeterminado desde una adyacente a una de las cintas.
- 30 14. Un miembro de material compuesto de acuerdo con la reivindicación 13, donde porciones adyacentes de cada cinta (12) definen ángulos de compensación antinaturales que no son superiores a aproximadamente 4°.
- 35 15. Un miembro de material compuesto de acuerdo con la reivindicación 13, donde porciones adyacentes de cada cinta (12) definen ángulos de compensación antinaturales que no son superiores a aproximadamente 0,5°.
- 40 16. Un miembro de material compuesto de acuerdo con la reivindicación 13, donde cada una de las porciones consecutivas de cada cinta (12) define una longitud entre aproximadamente 7,6 cm (3 pulgadas) y 182,9 cm (6 pies), definiendo las porciones adyacentes de cada cinta ángulos de compensación antinaturales entre las mismas.
17. Un miembro de material compuesto de acuerdo con la reivindicación 13, donde cada una de las porciones consecutivas de cada cinta (12) define una longitud entre aproximadamente 15,2 cm (6 pulgadas) y 91,4 cm (3 pies), definiendo las porciones adyacentes de cada cinta ángulos de compensación antinaturales entre las mismas.

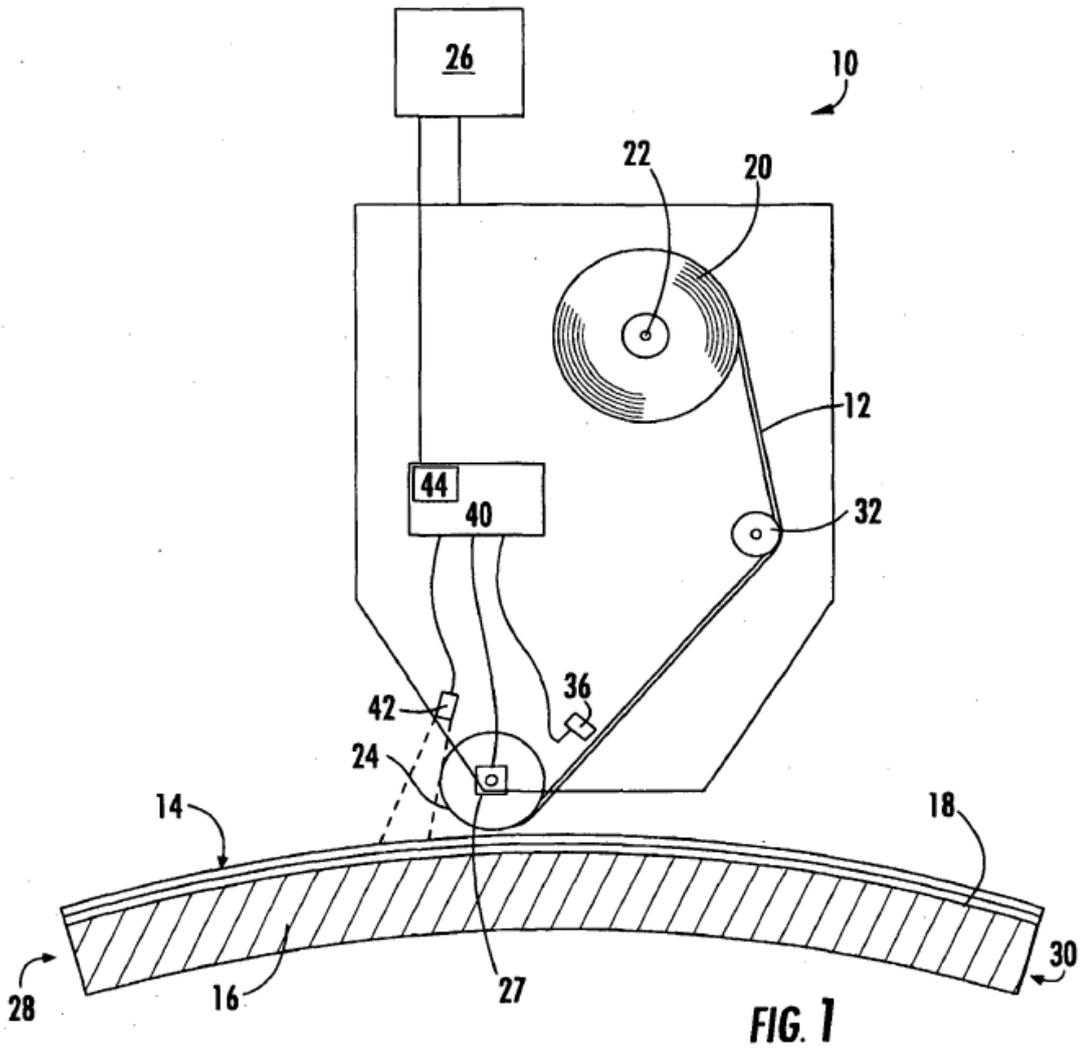
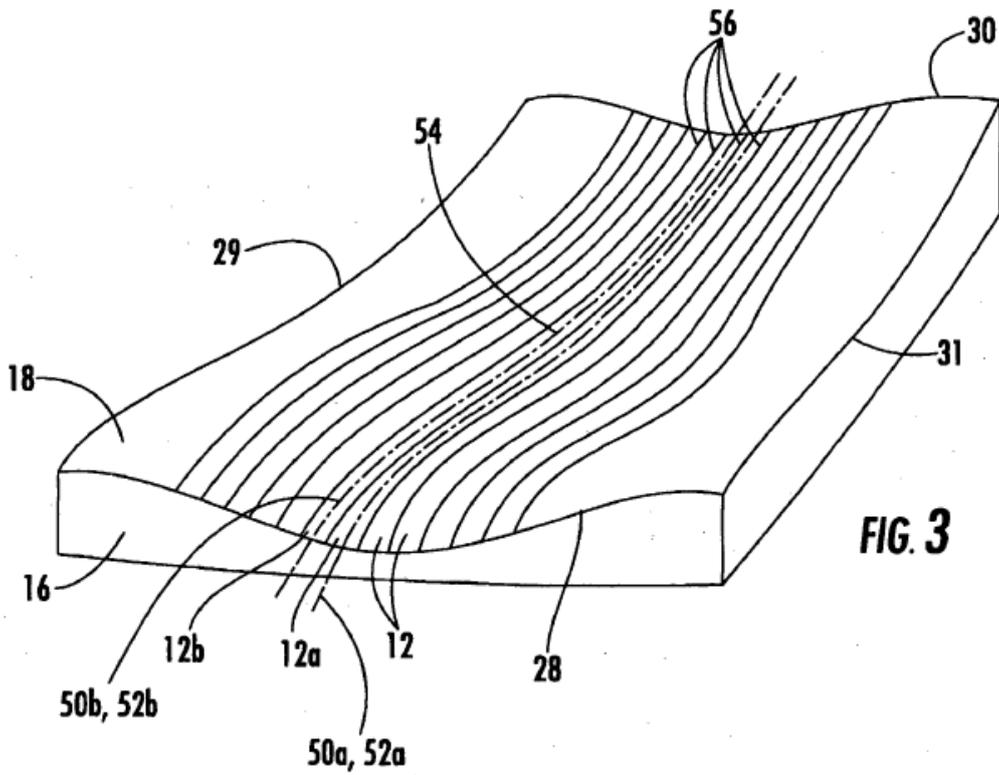
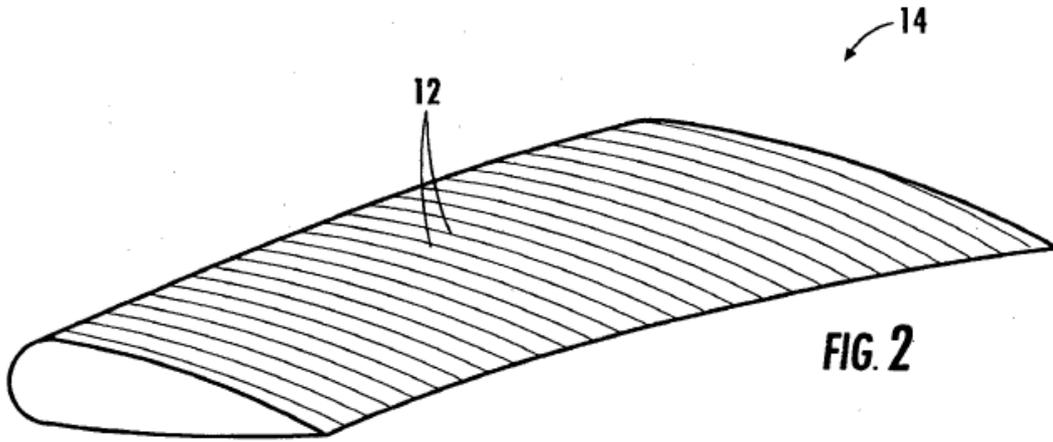
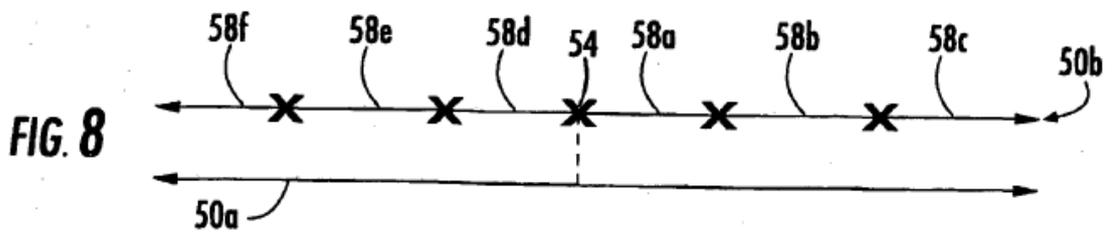
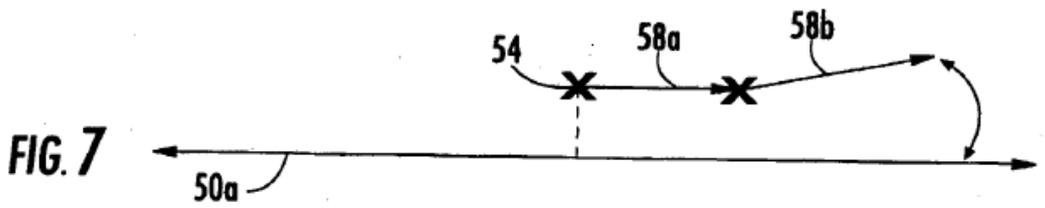
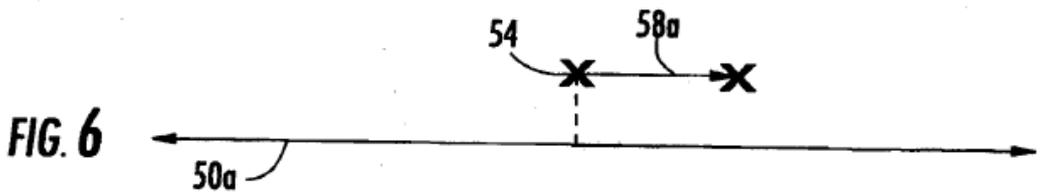
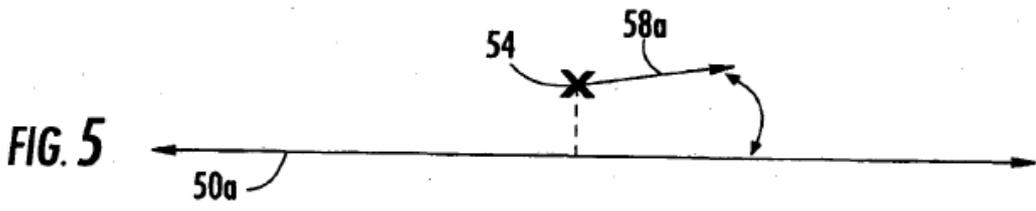
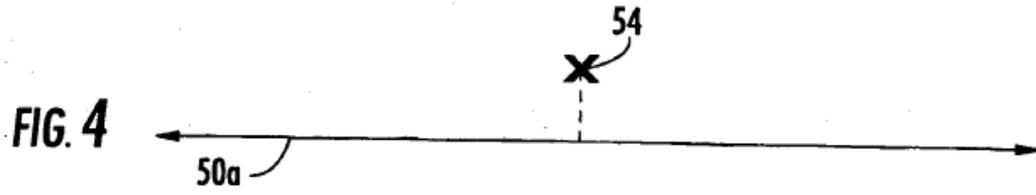
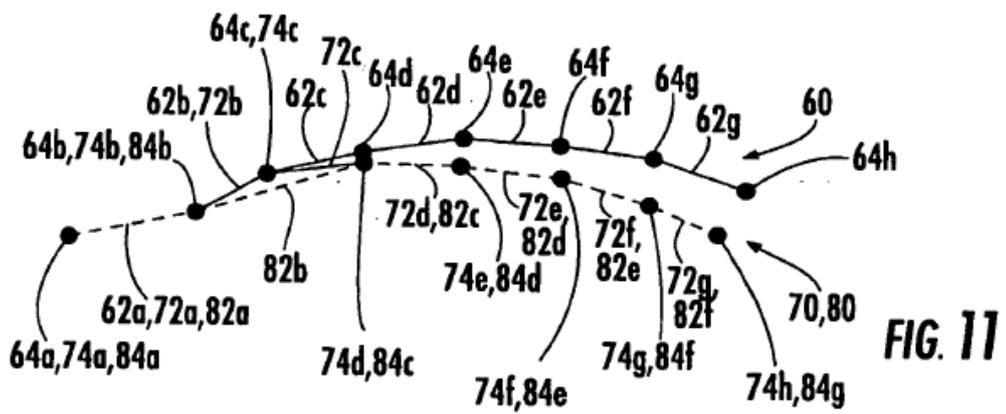
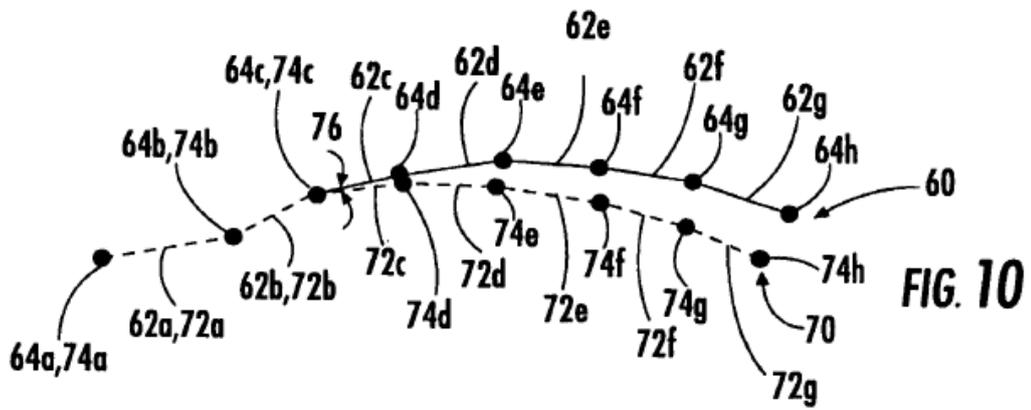
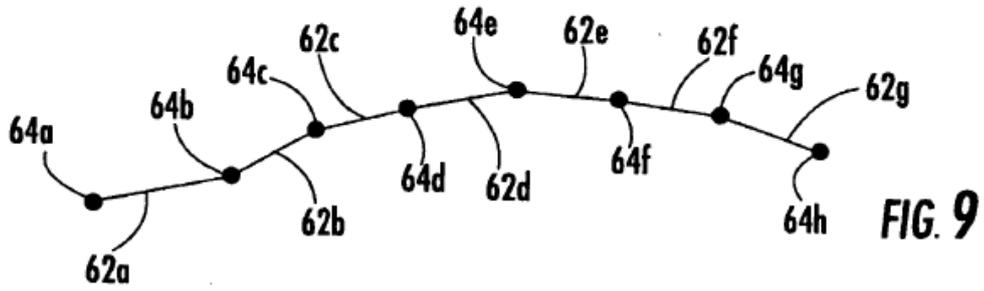


FIG. 1







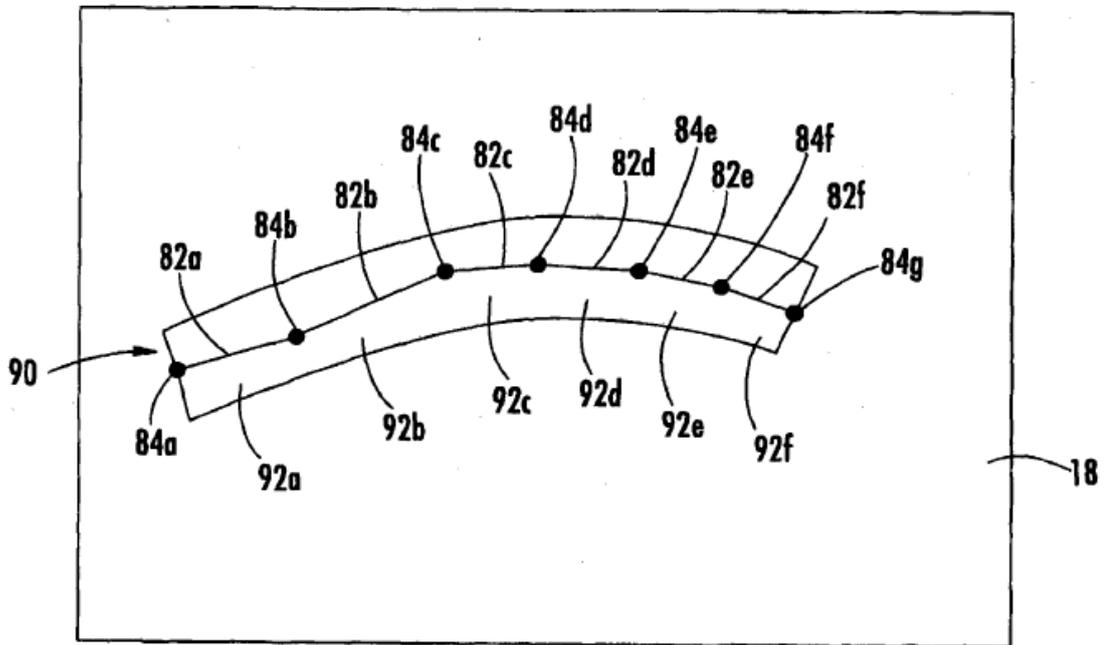


FIG. 12