

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 982 069**

51 Int. Cl.:

B21C 37/18 (2006.01)

B21C 37/06 (2006.01)

B21C 37/08 (2006.01)

B21C 37/083 (2006.01)

B21C 37/12 (2006.01)

B21C 37/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.08.2017** **E 21189601 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.04.2024** **EP 3928884**

54 Título: **Transición de chapas en estructuras formadas en espiral**

30 Prioridad:

31.08.2016 US 201662381749 P

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

14.10.2024

73 Titular/es:

KEYSTONE TOWER SYSTEMS, INC. (100.0%)
5390 Pecos Street
Denver, CO 80221, US

72 Inventor/es:

TAKATA, ROSALIND K;
BRIDGERS,, LOREN DANIEL y
SMITH, ERIC D

74 Agente/Representante:

BALLESTER INTELLECTUAL PROPERTY S.L.P.U.

ES 2 982 069 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

Transición de chapas en estructuras formadas en espiral

5 ANTECEDENTES

En un proceso de fabricación de formación en espiral, una chapa de acero se introduce en un molino y se lamina continuamente en una forma deseada. Por ejemplo, usando esta técnica se puede formar un cilindro o una forma cónica introduciendo chapas de material con forma adecuada en el molino y uniendo continuamente el material curvado y laminado a lo largo de un borde en espiral conforme el material sale del molino. A pesar de que se pueden fabricar varias estructuras útiles usando esta técnica, tales como torres de acero para turbinas eólicas, las transiciones entre las chapas usadas para formar estas estructuras presentan determinados desafíos con respecto a cumplir tolerancias de fabricación y uso eficiente de material en las estructuras finales.

15 El documento US 2010/095508 A1 divulga un segmento cónico para una torre. En este documento, los bordes longitudinales de los segmentos curvados son cónicos y cada segmento solo proporciona un borde lateral lineal en ambos extremos.

20 SUMARIO

Dispositivos, sistemas y métodos de formación en espiral se pueden usar para unir bordes de un material de partida, en una configuración curvada, a lo largo de una o más juntas para formar estructuras tubulares, como estructuras cónicas y/o cilíndricas (por ejemplo, estructuras troncocónicas). Se puede formar una forma plana del material de partida a partir de una pluralidad de chapas planas acopladas entre sí en una relación sobresaliente. Al controlar la orientación y las formas relativas de la pluralidad de chapas planas que forman el material de partida y/o al controlar una posición de una dobladora de rodillos usada para curvar la forma plana del material de partida en la configuración curvada, se puede controlar la configuración curvada del material de partida a través de transiciones entre chapas para facilitar el laminado de las chapas a un diámetro deseado con una probabilidad reducida de abolladuras u otros errores y para facilitar el montaje entre chapas adyacentes en la configuración curvada para aumentar la probabilidad de cumplir las tolerancias de fabricación en la estructura final.

De acuerdo con la invención, un segmento cónico para una torre se define en la reivindicación 1.

35 En determinadas implementaciones, en la relación sobresaliente entre la primera chapa plana y la segunda chapa plana, la primera chapa plana y la segunda chapa plana pueden formar una superficie continua.

En algunas implementaciones, en la relación sobresaliente entre la primera chapa plana y la segunda chapa plana, uno de los primeros bordes longitudinales de la primera chapa plana puede ser oblicuo con respecto a uno de los segundos bordes longitudinales de la segunda chapa plana.

40 En determinadas implementaciones, en la relación sobresaliente entre la primera chapa plana y la segunda chapa plana, uno de los primeros bordes longitudinales de la primera chapa plana puede estar en contacto con uno de los segundos bordes longitudinales de la segunda chapa plana para definir un borde sustancialmente continuo.

45 En algunas implementaciones, la primera chapa plana puede tener un primer espesor y la segunda chapa plana tiene un segundo espesor igual al primer espesor.

En determinadas implementaciones, la primera chapa plana y la segunda chapa plana pueden tener, cada una, una forma alargada, y la primera chapa plana y la segunda chapa plana pueden tener diferentes longitudes.

50 En determinados casos, el par de primeros bordes longitudinales de la primera chapa plana puede definir una primera anchura y el par de segundos bordes longitudinales de la segunda chapa plana puede definir una segunda anchura igual a la primera anchura.

55 En determinadas implementaciones, el borde de acoplamiento de la primera chapa plana puede incluir al menos un segmento lineal.

En algunas implementaciones, el borde lateral de la segunda chapa plana puede definir una trayectoria lineal entre el par de segundos bordes longitudinales de la segunda chapa plana.

60 En determinadas implementaciones, el borde lateral de la segunda chapa plana puede definir una trayectoria no lineal entre el par de segundos bordes longitudinales de la segunda chapa plana. Por ejemplo, la trayectoria no lineal definida por el borde lateral puede tener uno o más segmentos rectos en ángulo uno respecto a otro. De manera adicional o alternativa, la trayectoria no lineal, a lo largo de la cual se extiende el borde lateral de la segunda chapa plana, puede

definir un patrón en V. Además, o en cambio, la trayectoria no lineal, a lo largo de la cual se extiende el borde lateral de la segunda chapa plana, incluye una forma curvilínea.

5 En algunas implementaciones, la primera chapa plana y la segunda chapa plana pueden estar formadas, cada una, por metal.

En determinadas implementaciones, la pluralidad de chapas planas se puede dimensionar de manera colectiva para formar, en una configuración curvada, una estructura troncocónica sin deformación en el plano de las chapas planas.

10 En determinadas implementaciones, la primera chapa curvada y la segunda chapa curvada pueden estar, cada una, formadas por metal y la unión lateral puede incluir una soldadura que acopla la primera chapa curvada y la segunda chapa curvada entre sí.

15 En algunas implementaciones, la primera chapa curvada y la segunda chapa curvada pueden estar acopladas entre sí sin deformación en el plano.

Según otro ejemplo de la presente divulgación, que no forma parte de la invención reivindicada, un método puede incluir obtener una pluralidad de chapas planas que comprende una primera chapa plana que tiene un par de primeros bordes longitudinales, un borde de acoplamiento y un borde de alineación, definiendo el borde de acoplamiento y el borde de alineación una trayectoria no lineal que se extiende entre los primeros bordes longitudinales, y una segunda chapa plana que tiene un borde lateral y un par de segundos bordes longitudinales, extendiéndose el borde lateral entre los segundos bordes longitudinales, colocando la primera chapa plana y la segunda chapa plana una respecto a otra en una relación sobresaliente en la que el borde de acoplamiento la primera chapa plana complementa el borde lateral de la segunda chapa plana entre los segundos bordes longitudinales y el borde de alineación de la primera chapa plana es colineal con uno de los segundos bordes longitudinales de la segunda chapa plana, acoplando el borde de acoplamiento de la primera chapa plana al borde lateral de la segunda chapa plana a lo largo de una unión lateral para formar un material de partida en forma plana, curvando el material de partida en una configuración curvada y soldando en espiral el material de partida para formar una estructura troncocónica.

20 En determinadas implementaciones, la unión lateral incluye al menos un segmento no lineal.

En algunas implementaciones, la unión lateral puede incluir al menos un segmento lineal.

35 En determinadas implementaciones, la primera chapa plana y la segunda chapa plana pueden ser, cada una, alargadas y la primera chapa plana y la segunda chapa plana pueden tener, cada una, diferentes longitudes.

40 En algunas implementaciones, soldar en espiral el material de partida para formar la estructura troncocónica incluye acoplar uno de los primeros bordes longitudinales de la primera chapa plana, en una configuración curvada, a uno de los segundos bordes longitudinales de la segunda chapa plana, en una configuración curvada.

Según todavía otro ejemplo de la presente divulgación, que no forma parte de la invención reivindicada, un método puede incluir mover una primera chapa plana y una segunda chapa plana en una dirección de introducción a través de bancos de rodillos de una dobladora de rodillos, la primera chapa plana y la segunda chapa plana acopladas entre sí en una relación sobresaliente, definiendo una longitud de la relación sobresaliente entre la primera chapa plana y la segunda chapa plana a lo largo de la dirección de introducción una longitud de transición, dentro de la longitud de transición, curvando la primera chapa plana y la segunda chapa plana con los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos establecida en una primera posición, teniendo la primera chapa plana y la segunda chapa plana diferentes respuestas de curvatura a los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos establecida en la primera posición, y dentro de la longitud de transición, curvando la primera chapa plana y la segunda chapa plana con los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos establecida en una segunda posición distinta de la primera posición, teniendo la primera chapa plana y la segunda chapa plana diferentes respuestas de curvatura a los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos establecida en la segunda posición.

55 En determinadas implementaciones, la primera chapa plana tiene un espesor mayor que un espesor de la segunda chapa plana y la primera chapa plana y la segunda chapa plana se pueden curvar por los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos establecida en la segunda posición cuando más de la mitad de la longitud de transición se ha movido más allá del rodillo central de la dobladora de rodillos.

60 En algunas implementaciones, la primera chapa plana puede tener un espesor menor que un espesor de la segunda chapa plana y la primera chapa plana y la segunda chapa plana se pueden curvar por los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos establecida en la segunda posición cuando menos de la mitad de la longitud de transición se ha movido más allá de un rodillo central de la dobladora de rodillos.

En determinadas implementaciones, curvar la primera chapa plana y la segunda chapa plana con los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos establecida en la segunda posición incluye mover uno o más de los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos uno respecto a otro desde la primera posición establecida hasta la segunda posición establecida.

5 En algunas implementaciones, el método puede incluir además, a lo largo de una longitud en la dirección de introducción dentro de la longitud de transición, curvar la segunda chapa plana con los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos establecida en una tercera posición establecida distinta de la segunda posición establecida. Por ejemplo, una respuesta de curvatura respectiva de la segunda chapa plana a los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos establecida en la tercera posición es sustancialmente igual a una respuesta de curvatura respectiva de la primera chapa plana a los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos establecida en la primera posición de manera que al menos una parte de la primera chapa plana y una parte de la segunda chapa plana se laminan en sustancialmente el mismo diámetro.

10 En determinadas implementaciones, los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos se pueden disponer como un rodillo triple.

15 En algunas implementaciones, un espesor de la primera chapa plana puede ser distinto de un espesor de la segunda chapa plana.

20 En determinadas implementaciones, el espesor de la primera chapa plana puede ser mayor que el espesor de la segunda chapa plana.

En algunas implementaciones, el espesor de la primera chapa plana puede ser menor que el espesor de la segunda chapa plana.

25 En determinadas implementaciones, la relación sobresaliente entre la primera chapa plana y la segunda chapa plana incluye sobresalir a lo largo de uno o más bordes que son oblicuos a la dirección de introducción a medida que la primera chapa plana y la segunda chapa plana se mueven a través de la dobladora de rodillos a lo largo de la longitud de transición.

30 En algunas implementaciones, la relación sobresaliente entre la primera chapa plana y la segunda chapa plana puede incluir una forma curvilínea.

35 En determinadas implementaciones, un ángulo de avance de la primera chapa plana y la segunda chapa plana a lo largo de la longitud de transición puede ser oblicuo a un eje definido por uno de los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos.

En algunas implementaciones, la primera chapa plana y la segunda chapa plana pueden tener la misma anchura máxima en una dirección perpendicular a los respectivos bordes longitudinales de la primera chapa plana y la segunda chapa plana.

40 Otros aspectos, características y ventajas serán evidentes a partir de la descripción y los dibujos y a partir de las reivindicaciones.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

45 La figura 1 es un esquema de un conjunto de turbina eólica que incluye una torre cónica.

La figura 2 es una vista de despiece en perspectiva de la torre cónica de la figura 1 que incluye segmentos cónicos.

50 La figura 3 es una vista en perspectiva lateral de uno de los segmentos cónicos de la torre cónica de la figura 1.

La figura 4 es una vista superior de un conjunto de una pluralidad de chapas planas para formar una parte del segmento cónico de la figura 3.

55 La figura 5 es una vista superior de forma plana de un material de partida formado a partir del conjunto de la pluralidad de chapas planas de la figura 4.

La figura 6 es un diagrama de bloques de un sistema de fabricación.

60 La figura 7 es una representación esquemática de un proceso de formación en espiral llevado a cabo por el sistema de fabricación de la figura 5. 6.

La figura 8 es un diagrama de flujo de un método de ejemplo de formación de una estructura tubular.

65 La figura 9 es una vista superior de un conjunto de una pluralidad de chapas planas.

La figura 10 es una representación esquemática de una operación de curvado del proceso de formación en espiral mostrado en la figura 7.

La figura 11 es un diagrama de flujo de un método de ejemplo de aplicación de curvatura a una transición de chapas planas.

Los símbolos de referencia similares en los diversos dibujos indican elementos similares.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Las realizaciones se describirán a continuación con más detalle con referencia a las figuras adjuntas, en las que se muestran realizaciones preferentes. Sin embargo, lo anterior puede realizarse de muchas formas diferentes y no debería interpretarse como limitado a las realizaciones ilustradas y expuestas en el presente documento.

La enumeración de los intervalos de valores en el presente documento no pretende ser limitativa, sino que se refiere individualmente a todos y cada uno de los valores abarcados por el intervalo, a menos que se indique lo contrario en el presente documento, y cada valor separado dentro de tal intervalo se incorpora en la memoria descriptiva como si se hubiera indicado individualmente en el presente documento. Las palabras "alrededor de", "aproximadamente", "sustancialmente" o similares, cuando acompañan a un valor numérico, deben interpretarse como que incluyen cualquier desviación, según apreciaría un experto en la materia, para que funcione satisfactoriamente para un objetivo previsto. Los intervalos de valores y/o valores numéricos se proporcionan en el presente documento solo como ejemplos y no constituyen una limitación del alcance de las realizaciones descritas. El uso de todos y cada uno de los ejemplos o lenguaje ejemplar ("por ejemplo", "tal como" o similares) proporcionados en el presente documento se destina únicamente a iluminar mejor las realizaciones y no representa una limitación en el alcance de las realizaciones o las reivindicaciones. No se debe interpretar que ningún término en la memoria descriptiva indica ningún elemento no reivindicado como esencial para la práctica de las realizaciones expuestas.

En la siguiente descripción, se entiende que términos como "primero/a(s)", "segundo/a(s)", "superior(es)", "inferior(es)", "encima", "debajo", "arriba", "abajo" y similares son términos de conveniencia y no deben interpretarse como términos limitantes a menos que se indique específicamente.

Los dispositivos, sistemas y métodos de formación en espiral de la presente divulgación se describen con respecto a la formación de segmentos de torres para soportar turbinas eólicas. Sin embargo, esto se indica a modo de ejemplo y no debe entenderse que limita de ningún modo los dispositivos, sistemas y métodos dados a conocer en el presente. Es decir, en general, los dispositivos, sistemas y métodos de formación en espiral de la presente divulgación se pueden emplear para producir una variedad de estructuras tubulares útiles como, por ejemplo, torres, pilotes, otras piezas estructurales para ingenieros civiles (por ejemplo, columnas), tuberías, conductos en espiral y similares.

Haciendo referencia a la figura 1, un conjunto de turbina eólica 10 incluye una turbina eólica 12 soportada por una torre 14. La torre 14 puede tener un diámetro que disminuye a lo largo de la longitud de la torre 14 de manera que la parte superior, donde se fija la turbina eólica 12, tiene un diámetro más pequeño que la base, donde se asegura de manera fija la torre 14 al suelo u otra superficie rígida. El diámetro de la torre que se estrecha axialmente 14 puede ser útil, por ejemplo, para abordar consideraciones enfrentadas de uso eficiente de material al mismo tiempo que para proporcionar resistencia estructural para soportar las cargas ejercidas por o en la turbina eólica 12 en el campo. Es decir, en general, las cargas varían a lo largo de la dirección axial de la torre 14, experimentándose las cargas más grandes normalmente hacia la base de la torre 14 y experimentándose las cargas más bajas normalmente hacia la parte superior de la torre 14. Por tanto, para un espesor de material dado, la conicidad axial de la torre 14 puede dar como resultado el uso de menos material en comparación con una torre que tiene solo un único diámetro seleccionado para soportar una carga de tensión máxima en la base. A pesar de que se puede conseguir el uso de menos material variando el diámetro de la torre 14, debe apreciarse que se puede conseguir menos material además, o en cambio, a través del uso de espesor de material variable en una dirección que se extiende más allá de la base de la torre 14. Más generalmente, cambios en el diámetro, el tipo de material, el espesor de material y combinaciones de los mismos pueden variar a lo largo de la torre 14 para conseguir características de diseño adecuadas para soportar la carga al mismo tiempo que para hacer un uso eficiente de material.

La torre 14 se puede fabricar a partir de segmentos formados usando un proceso continuo de formación en espiral en el que, tal como se describe en mayor detalle a continuación, una forma plana de un material de partida puede estar laminada para darle forma y unirse a lo largo de una o más uniones en espiral para formar una estructura tubular, como una estructura que tiene una forma troncocónica. Cuando se fabrica de esta manera, variaciones en las características estructurales de la torre 14 a lo largo del eje de la torre 14 desde la base hasta la parte superior - ya se consigan a través de cambios en el diámetro, el tipo de material, el espesor de material o combinaciones de los mismos - pueden requerir gestionar transiciones en chapas planas que forman la forma plana del material de partida. Como se describe en el presente documento, estas transiciones se pueden dirigir controlando la forma y la orientación relativas de la pluralidad de chapas planas que forman el material de partida y/o controlando una posición de una dobladora de rodillos usada para curvar la forma plana del material de partida en una configuración curvada. Un control de este tipo de las chapas a través

de estas transiciones puede facilitar de manera ventajosa la laminación de las chapas en un diámetro deseado con una probabilidad reducida de abolladuras u otros errores y, además o en cambio, puede facilitar el montaje entre chapas adyacentes en la configuración curvada para aumentar la probabilidad de cumplir las tolerancias de fabricación en la estructura final.

5 Haciendo referencia ahora a la figura 2, la torre 14 puede incluir una pluralidad de segmentos cónicos 16 unidos (por ejemplo, soldados) entre sí. Por ejemplo, los segmentos cónicos 16 pueden fabricarse en un molino, según los métodos descritos en el presente documento, y después enviarse al campo, donde los segmentos troncocónicos 16 pueden soldarse o acoplarse mecánicamente de otro modo entre sí para formar la torre 14. Si bien esto proporciona una estructura modular útil, la torre 14 puede estar formada, en cambio, por un único segmento cónico sin apartarse del alcance de la presente divulgación. La torre 14 puede, además o en cambio, incluir uno o más segmentos cilíndricos y, por tanto, más generalmente se puede entender que incluye cualquiera manera y forma de segmentos tubulares.

15 Cada segmento cónico 16 puede tener o bien un pico real o un pico virtual. Por ejemplo, uno de los segmentos cónicos 16 puede tener forma de cono y, por tanto, tener un pico real en su vértice. De manera adicional o alternativa, uno o más de los segmentos cónicos 16 puede tener la forma de una estructura truncada, como una estructura troncocónica y, por tanto, puede tener un "pico virtual" en el punto en el que la conicidad disminuiría eventualmente a cero si la estructura no estuviera truncada. A menos que se especifique lo contrario o sea evidente a partir del contexto, debe entenderse que los dispositivos, sistemas y métodos descritos en el presente documento son aplicables a segmentos cónicos 16 que tienen o bien un pico real o bien un pico virtual. Más generalmente, a menos que se especifique lo contrario o sea evidente a partir del contexto, debe entenderse que los dispositivos, sistemas y métodos descritos en el presente documento son aplicables a cualquiera de varios tipos de estructuras tubulares diferentes.

25 Haciendo referencia ahora a la figura 3, y de acuerdo con la invención, cada segmento cónico 16 incluye una primera chapa curvada 18a y una segunda chapa curvada 18b. En general, debe apreciarse que cada segmento cónico 16 puede incluir un mayor número de chapas curvadas, según sea necesario, para cumplir diversos requisitos de diseño diferentes asociados con el segmento cónico 16. Otras chapas curvadas que forman cada segmento cónico 16 se pueden acopiar entre sí de manera análoga al acoplamiento de la primera chapa curvada 18a y 18b y, por tanto, con fines explicativos eficaces, el acoplamiento de la primera chapa curvada 18a a la segunda chapa curvada 18b se describe en el presente documento como un ejemplo ilustrativo que debe entenderse que es aplicable al acoplamiento de las chapas curvadas en cada segmento cónico 16, a menos que se especifique lo contrario o sea evidente a partir del contexto.

35 La primera chapa curvada 18a y la segunda chapa curvada 18b están unidas de extremo a extremo a lo largo de una unión lateral 20, tal como se describe con mayor detalle a continuación, antes de laminar la primera chapa curvada 18a y la segunda chapa curvada 18b. La primera chapa curvada 18a y la segunda chapa curvada 18b pueden ser, por ejemplo, metal de manera que la primera chapa curvada 18a y la segunda chapa curvada 18b se pueden curvar y unir entre sí usando uno cualquiera o más de los diversos dispositivos, sistemas y métodos diferentes descritos en el presente documento. En casos en los que la primera chapa curvada 18a y la segunda chapa curvada 18b son metal, la unión lateral 20 puede ser una soldadura formada usando uno cualquiera o más de los diversos dispositivos, sistemas y métodos diferentes descritos en el presente documento.

45 La unión lateral 20 puede orientar la primera chapa curvada 18a y la segunda chapa curvada 18b una respecto a otra para facilitar la alineación, o el montaje, de bordes longitudinales de la primera chapa curvada 18a, la segunda chapa curvada 18b y una o más chapas curvadas adyacentes para formar una primera unión en espiral 22a correctamente alineada con una segunda unión en espiral 22b entre la segunda chapa curvada 18b y otra chapa curvada. Es decir, bordes longitudinales de la primera chapa curvada 18a y la segunda chapa curvada 18b se pueden orientar uno respecto a otro de manera que la unión lateral 20, la primera unión en espiral 22a y la segunda unión en espiral 22b se unen en una orientación específica en la intersección 24. De acuerdo con la invención, la unión lateral 20, la primera unión en espiral 22a y la segunda unión en espiral 22b están unidas en la intersección 24 con forma de "T". Como se usa en el presente documento, debe entenderse que una forma de "T" incluye cualquier manera y forma de intersección de tres uniones. Por ejemplo, la unión lateral 20, la primera unión en espiral 22a y la segunda unión en espiral 22b pueden ser oblicuas una respecto a otra en la intersección 24. En comparación con una intersección con forma de "X" formada a través de la intersección de cuatro uniones, la formación de la intersección 24 con forma de "T" puede reducir la probabilidad de defectos de soldadura en la intersección, imprecisión en la alineación de uniones y/o imprecisión del diámetro laminado y, por tanto, puede facilitar la fabricación de estructuras tubulares que tienen tolerancia dimensional mejorada.

60 La primera junta en espiral 22a y la segunda junta en espiral 22b se extienden en una espiral que, como se usa en el presente documento, incluye una junta que se envuelve alrededor de la circunferencia de una estructura al mismo tiempo que también se extiende a lo largo de la longitud de la estructura. Por ejemplo, el término espiral puede tener cualquier forma curvilínea que se extiende sustancialmente alrededor de la circunferencia de una estructura al mismo tiempo que también se extiende a lo largo de la longitud de la estructura. Como se usa en el presente documento, debe entenderse que una forma curvilínea hace referencia a una función matemática que se puede diferenciar por todas partes a lo largo de la forma. Por consiguiente, debe entenderse que el uso del término espiral, como se usa en el presente

documento, incluye una o más curvas en una superficie cónica o cilíndrica y debe entenderse además que excluye esquinas puntiagudas, como el tipo de esquinas formado por la intersección de segmentos rectos.

5 La primera junta en espiral 22a y la segunda junta en espiral 22b se extienden cada una circunferencialmente alrededor de un eje longitudinal definido por el segmento cónico 16. Una distancia radial desde la primera junta en espiral 22a hasta el eje longitudinal del segmento cónico 16 varía monotónicamente en una dirección a lo largo del eje longitudinal. De manera similar, una distancia radial desde la segunda junta en espiral 22b hasta el eje longitudinal varía monotónicamente en una dirección a lo largo del eje longitudinal. De manera colectiva, la primera chapa curvada 18a, la segunda chapa curvada 18b y las otras chapas curvadas del segmento cónico 16 forman una estructura que se estrecha desde un extremo hasta otro. Esto puede ser, por ejemplo, una conicidad lineal que forma una forma sustancialmente cónica del segmento cónico 16.

15 Haciendo referencia ahora a las figuras 4 y 5, un conjunto 40 de una pluralidad de chapas planas se puede dimensionar de manera colectiva para formar, en una configuración en espiral, una estructura tubular. Por ejemplo, el conjunto 40 de la pluralidad de chapas planas se puede dimensionar de manera colectiva para formar, en una configuración curvada, una estructura troncocónica sin deformación en el plano de las chapas planas como el segmento cónico 16 (figura 3). La pluralidad de chapas planas puede incluir una primera chapa plana 18a' y una segunda chapa plana 18b'. Debe apreciarse que las chapas representadas por los números primos en las figuras 4A y 4B representan formas planas de las respectivas chapas curvadas en la figura 3. Por consiguiente, debe entenderse que la primera chapa plana 18a' es una forma plana, o llana, de la chapa curvada 18a antes de la laminación y debe entenderse que la segunda chapa plana 18b' es una forma plana, o llana, de la chapa curvada 18b antes de la laminación. Como se describe con mayor detalle a continuación, la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b' se pueden colocar en una relación sobresaliente entre sí y, así colocadas, se pueden acoplar entre sí (por ejemplo, soldar) para formar un material de partida 50 en forma plana que se puede introducir en uno cualquiera o más de los dispositivos curvados descritos en el presente documento para formar una estructura tubular, como el segmento cónico 16 (figura 3).

30 La primera chapa plana 18a' puede tener un par de primeros bordes longitudinales 42, un borde de acoplamiento 44 y un borde de alineación 46. En general, el borde de acoplamiento 44 y el borde de alineación 46 definen en conjunto una trayectoria no lineal que se extiende entre los primeros bordes longitudinales 42 (por ejemplo, que se extiende desde uno de los primeros bordes longitudinales 42 hasta otro de los primeros bordes longitudinales 42). Es decir, ni el borde de acoplamiento 44 ni el borde de alineación 46 son colineales con cualquiera de los primeros bordes longitudinales 42. El borde de acoplamiento 44 puede incluir, por ejemplo, un segmento lineal que tiene una dimensión lateral y el borde de alineación 46 puede incluir un segmento lineal que tiene una dimensión lateral que cruza el al menos un segmento lineal del borde de acoplamiento 44 de manera que la forma general de una trayectoria definida por el borde de acoplamiento 44 y el borde de alineación 46 no es lineal desde uno de los primeros bordes longitudinales 42 hasta otro de los primeros bordes longitudinales 42. Además, o en cambio, el borde de acoplamiento 44 y el borde de alineación 46 en conjunto pueden abarcar una anchura total de la primera chapa plana 18a', desde uno de los primeros bordes longitudinales 42 hasta el otro de los primeros bordes longitudinales 42.

40 La segunda chapa plana 18b' puede tener un par de segundos bordes longitudinales 43 y un borde lateral 45. El borde lateral 45 se puede extender entre los segundos bordes longitudinales 43. Por ejemplo, el borde lateral 45 se puede extender por una anchura total de la segunda chapa plana 18b', desde uno de los segundos bordes longitudinales 43 hasta otro de los segundos bordes longitudinales 43. En determinadas implementaciones, el borde lateral 45 puede definir una trayectoria lineal entre los segundos bordes longitudinales 43. Más generalmente, la formación del borde de acoplamiento 44 de la primera chapa plana 18a' y el borde lateral 45 de la segunda chapa plana 18b' como geometrías simples puede facilitar la alineación de la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b' para establecer una relación sobresaliente en la que el borde de acoplamiento 44 de la primera chapa plana 18a' complementa el borde lateral 45 de la segunda chapa plana 18b'.

50 La primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b' se pueden dimensionar para poder colocarse una respecto a otra en una relación sobresaliente en la que el borde de acoplamiento 44 de la primera chapa plana 18a' complementa el borde lateral 45 entre los segundos bordes longitudinales 43 de la segunda chapa plana 18b' y el borde de alineación 46 de la primera chapa plana 18a' es colineal con uno de los segundos bordes longitudinales 43 de la segunda chapa plana 18b'. El material de partida 50 formado a través del acoplamiento de la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b' en conjunto en esta orientación tiene múltiples características que cooperan para alinear chapas curvadas (por ejemplo, la primera chapa curvada 18a y la segunda chapa curvada 18b en el segmento cónico 16 en la figura 3) en la formación de una estructura tubular. Por ejemplo, en comparación con la unión de chapas alineando cuatro uniones en una intersección (por ejemplo, con una forma de "X"), la primera chapa curvada 18a y la segunda chapa curvada 18b (figura 3) formadas a partir de la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b', respectivamente, se pueden unir entre sí alineando tres uniones en una intersección (por ejemplo, con una forma de "T"). Cada unión añade potencialmente imprecisiones en la alineación y la geometría. Por tanto, debido a que una intersección con forma de "T" tiene una unión menos que una intersección con forma de "X", debe entenderse que se pueden alinear con más precisión chapas curvadas en una intersección con forma de "T" que en una intersección con forma de "X".

Como se usa en el presente documento, debe entenderse que una relación complementaria entre dos bordes incluye una relación en la que los bordes coinciden unos con otros a lo largo de una totalidad de cada borde. Por ejemplo, puede existir una relación complementaria entre dos bordes rectos, entre dos bordes curvilíneos, entre dos bordes con múltiples segmentos y combinaciones de los mismos, siempre y cuando los dos bordes se puedan colocar uno contra otro a lo largo de una totalidad de cada borde. Por tanto, como un ejemplo específico, en la relación sobresaliente entre la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b', la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b' pueden formar una superficie continua (por ejemplo, para definir una unión a lo largo de la cual se pueden unir la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b' entre sí a través de técnicas de soldadura convencionales).

En general, debe entenderse que la orientación de los primeros bordes longitudinales 42 de la primera chapa plana 18a' hasta los segundos bordes longitudinales 43 de la segunda chapa plana 18b' es tal que, en la forma tridimensional de una estructura tubular (por ejemplo, el segmento cónico 16 en la figura 3), uno de los primeros bordes longitudinales 42 puede ser adyacente a uno de los segundos bordes longitudinales 43 para formar al menos una parte de una unión en espiral a lo largo de la estructura tubular. En la relación sobresaliente entre la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b', uno de los primeros bordes longitudinales 42 de la primera chapa plana 18a' puede ser oblicuo con respecto a uno de los segundos bordes longitudinales 43 de la segunda chapa plana 18b'. Es decir, uno de los primeros bordes longitudinales 42 de la primera chapa plana 18a' no puede ser ni paralelo ni perpendicular a uno de los segundos bordes longitudinales 43. El grado de la orientación oblicua puede ser una función de las dimensiones de la estructura tubular y, opcionalmente, la parte de la estructura tubular que se va a formar por la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b'.

En determinadas implementaciones, en la relación sobresaliente entre la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b', uno de los primeros bordes longitudinales 42 de la primera chapa plana 18a' puede estar en contacto con uno de los segundos bordes longitudinales 43 de la segunda chapa plana 18b' para definir un borde sustancialmente continuo (por ejemplo, un borde que no está interrumpido excepto por una unión entre la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b') que se extiende desde la primera chapa plana 18a' hasta la segunda chapa plana 18b'. Por ejemplo, uno de los primeros bordes longitudinales 42 de la primera chapa plana 18a' puede estar en contacto con uno de los segundos bordes longitudinales 43 de la segunda chapa plana 18b' a lo largo de solo una línea de contacto (por ejemplo, a lo largo de una línea de contacto definida por una dimensión de espesor de una o ambas de la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b'). Además, o en cambio, el otro de los primeros bordes longitudinales 42 y el otro de los segundos bordes longitudinales 43 se pueden separar entre sí por el borde de alineación 46.

En general, la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b' se pueden formar, por ejemplo, a partir de metal, como acero, o cualquier otro material adecuado para la formación en espiral. La primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b' pueden tener cualquiera de diversos espesores diferentes adecuados para conseguir un rendimiento estructural deseado del segmento cónico (figura 3) en el que se incorporarán la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b'. Por ejemplo, la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b' pueden tener un espesor mayor que aproximadamente 10 mm y menor que aproximadamente 50 mm para aplicaciones de aerogenerador a nivel de empresa de servicios públicos. De manera adicional o alternativa, la primera chapa plana 18a' puede tener, por ejemplo, un primer espesor, y la segunda chapa plana 18b' puede tener un segundo espesor igual al primer espesor. El uso del mismo material que tiene el mismo espesor puede facilitar, por ejemplo, el control de transiciones de curvatura entre la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b'. En determinadas implementaciones, la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b' pueden tener diferentes espesores y, como se describe en mayor detalle a continuación, se pueden dirigir tales transiciones en espesor para conseguir una curvatura apropiada. Como se usa en el presente documento, debe entenderse que los espesores respectivos de la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b' hacen referencia a una dimensión de la chapa respectiva en una dirección perpendicular a un plano definido por cada chapa respectiva.

En general, la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b' pueden tener, cada una, una forma alargada. Es decir, cada una de la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b' pueden tener, cada una, una forma que es sustancialmente más larga que una anchura máxima definida por los respectivos primeros bordes longitudinales 42 y los segundos bordes longitudinales 43. La forma alargada puede facilitar, por ejemplo, el curvado de una respectiva chapa sin requerir que el dispositivo de curvado proporcione fuerzas excesivas. Además, o en cambio, la forma alargada puede ser útil para la formación de la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b' a partir de material (por ejemplo, acero) que esté disponible de manera generalizada en tamaños estándar. Es decir, la longitud del material en la dirección longitudinal se puede seleccionar basándose en un diámetro de la estructura que se forma al mismo tiempo que la anchura del material puede ser de un tamaño estándar, comercialmente disponible.

En determinadas implementaciones, como en la formación de una estructura cónica, la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b' pueden tener diferentes longitudes. Por ejemplo, a medida que disminuye un diámetro de una estructura cónica en una dirección axial definida por la estructura cónica, se pueden usar longitudes más cortas de chapas planas para formar la estructura cónica. Es decir, a medida que disminuye el diámetro de una estructura cónica en la dirección axial definida por la estructura cónica, se puede usar menos material en la estructura cónica. El uso de menos material puede tener ventajas importantes con respecto al ahorro de costes y, además o en cambio, puede facilitar conseguir una respuesta de tensión permitida a lo largo de la estructura cónica.

El par de primeros bordes longitudinales 42 de la primera chapa plana 18a' pueden ser paralelos entre sí para definir una primera anchura a lo largo de la primera chapa plana 18a'. De manera similar, el par de segundos bordes longitudinales 43 pueden ser paralelos entre sí para definir una segunda anchura a lo largo de la segunda chapa plana 18b'. En determinadas implementaciones, la primera anchura definida por los primeros bordes longitudinales 42 puede ser igual a la segunda anchura definida por los segundos bordes longitudinales 43. Dimensiones de anchura iguales de este tipo pueden controlar, por ejemplo, dimensiones de la forma plana del material de partida 50. De manera adicional o alternativa, tales dimensiones de anchura iguales pueden facilitar el control preciso de una unión en espiral (por ejemplo, la primera unión en espiral 22a) formada a lo largo de una configuración curvada del material de partida 50. En determinados casos, las anchuras iguales de la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b' pueden tener determinadas ventajas comerciales, como facilitar la formación de estructuras a partir de chapas de tamaño estándar disponibles comercialmente. Es decir, en comparación con el corte de chapas a anchuras personalizadas y la producción de desechos en el proceso, la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b' se pueden formar con la misma anchura a partir de un material estándar comprado a granel estándar (por ejemplo, en una bobina) y da como resultado menos desechos.

Haciendo referencia ahora a las figuras 3-5, la forma plana del material de partida 50 se puede curvar usando, por ejemplo, cualquiera de los dispositivos, sistemas y métodos descritos en el presente documento de manera que la primera chapa plana 18a' se forma para dar la primera chapa curvada 18a y, de manera similar, la segunda chapa plana 18b' se forma para dar la segunda chapa curvada 18b. En general, a menos que se especifique lo contrario o sea evidente a partir del contexto, debe entenderse que la primera chapa curvada 18a tiene los mismos bordes que la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa curvada 18b tiene los mismos bordes que la segunda chapa plana 18b'. Al curvar los bordes de la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b', la primera chapa curvada 18a y la segunda chapa curvada 18b se pueden alinear entre sí de manera que el borde de alineación 46 de la primera chapa curvada forme al menos una parte de la primera unión en espiral 22a con uno de los segundos bordes longitudinales 43 de la segunda chapa curvada 18b. Además, o en cambio, la primera chapa curvada 18a y la segunda chapa curvada 18b se pueden alinear entre sí de manera que uno de los primeros bordes longitudinales 42 de la primera chapa curvada 18a y uno de los segundos bordes longitudinales 43 de la segunda chapa curvada 18b se unen a lo largo de la primera unión en espiral 22a.

Haciendo referencia ahora a las figuras 6 y 7, un sistema de fabricación 60 puede incluir una fuente de material 61, un sistema de alimentación 62, un dispositivo de curvado 63, un sistema de unión 64 y un sistema de control 65. Como se describe con mayor detalle a continuación, el sistema de fabricación 60 puede ser operativo para fabricar los segmentos cónicos 16 (figura 3) según uno cualquiera o más de los métodos de formación en espiral dados a conocer en el presente documento. El sistema de control 65 puede controlar al menos uno de la fuente de material 61, el sistema de alimentación 62, el dispositivo de curvado 63 y el sistema de unión 64. En algunas implementaciones, el sistema de control 65 puede controlar más o menos componentes del sistema de fabricación 60 y cualquier combinación de los mismos. Por ejemplo, el sistema de control 65 puede controlar adicionalmente un sistema de desviación para mover partes formadas del segmento cónico 16 en una dirección opuesta al dispositivo de curvado 63 y/o el sistema de unión 64. Para una explicación más clara, el funcionamiento del sistema de fabricación 60 y los métodos de formación en espiral dados a conocer en el presente documento se describen con respecto a los segmentos cónicos 16 descritos anteriormente. Sin embargo, debe apreciarse que otros tipos de estructuras tubulares (por ejemplo, estructuras sustancialmente cilíndricas) pueden fabricarse también, o en cambio, usando estas técnicas.

El sistema de control 65 puede incluir una unidad de procesamiento 66 y un medio de almacenamiento 67 en comunicación con la unidad de procesamiento 66. La unidad de procesamiento 66 puede incluir uno o más procesadores y el medio de almacenamiento 67 puede ser un medio de almacenamiento no transitorio legible por ordenador. El medio de almacenamiento 67 puede almacenar instrucciones ejecutables por ordenador que, cuando son ejecutadas por la unidad de procesamiento 66, hacen que el sistema de fabricación 60 realice uno o más de los métodos de formación en espiral descritos en el presente documento. Opcionalmente, el sistema de control 65 puede incluir un dispositivo de entrada (por ejemplo, un teclado, un ratón y/o una interfaz gráfica de usuario) en comunicación con la unidad de procesamiento 66 y el medio de almacenamiento 67 de manera que la unidad de procesamiento 66 responda de manera adicional o alternativa a la entrada recibida a través del dispositivo de entrada cuando la unidad de procesamiento 66 ejecuta uno o más de los métodos de formación en espiral descritos en el presente documento.

Más generalmente, el sistema de control 65 puede incluir cualquier circuito de procesamiento configurado para recibir señales de sensor y controlar de manera receptiva el funcionamiento del sistema de fabricación 60. Esto puede incluir, por ejemplo, circuitos dedicados configurados para ejecutar la lógica de procesamiento según se desee o se requiera, o esto puede incluir un microcontrolador, un controlador proporcional, integral y derivativo o cualquier otro controlador de proceso programable. Esto puede incluir también, o en cambio, un microprocesador o cualquier otro procesador de propósito general, memoria y circuitos de procesamiento relacionados configurados mediante código ejecutable por ordenador para realizar las diversas operaciones y etapas de control descritas en el presente documento.

La fuente de material 61 puede incluir una pluralidad de chapas planas de material de partida, que pueden almacenarse en un cargador u otro dispensador adecuado para facilitar la selección y carga de la pluralidad de chapas durante la fabricación. Con fines de una explicación clara y eficaz, se describe la pluralidad de chapas planas como que incluye la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b' y se describe el sistema de fabricación 60 con respecto a la

primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b'. Sin embargo, debe apreciarse que la pluralidad de chapas planas puede incluir cualquier número de chapas adicionales según sea necesario para la formación del segmento cónico 16.

5 Entre la fuente de material 61 y el sistema de alimentación 62, se pueden unir (por ejemplo, soldar) entre sí la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b' en la unión lateral 22a para formar la forma plana del material de partida 50. En general, la unión lateral 22a puede ser oblicua a una dirección de introducción "F" en la que la forma plana del material de partida 50 entra en el dispositivo de curvado 63.

10 El sistema de alimentación 62 puede ser operativo para transportar la forma plana del material de partida 50 desde la fuente de material 61 hasta y/o a través del dispositivo de curvado 63. El sistema de alimentación 62 puede incluir, por ejemplo, uno o más pares de rodillos impulsores 72. En el uso, los rodillos impulsores 72 pueden apretar la forma plana del material de partida 50 de manera que la rotación de los rodillos impulsores 72 puede mover la forma plana del material de partida 50 a lo largo de la dirección de introducción "F". En determinadas implementaciones, la dirección de introducción "F" puede ser sustancialmente constante (por ejemplo, con el uno o más pares de rodillos impulsores 72 en una posición sustancialmente inmóvil a medida que la rotación del uno o más pares de rodillos impulsores 72 mueve la forma plana del material de partida 50 hasta y/o a través del dispositivo de curvado 63). De manera adicional o alternativa, la dirección de introducción "F" puede cambiar de manera que la forma plana del material de partida 50 se somete a movimiento giratorio y/o movimiento sustancialmente giratorio a medida que se mueve la forma plana para el material de partida 50 hasta y a través del dispositivo de curvado 63. Cambios de este tipo en la dirección de introducción "F" pueden ser útiles para alinear los bordes del material de partida 50 para formar una cualquiera o más de las estructuras descritas en el presente documento. Se describen ejemplos de cambios de este tipo en la dirección de introducción "F" para producir movimiento giratorio y/o sustancialmente giratorio como parte del proceso de fabricación de estructuras tubulares en la patente estadounidense N.º 9 302 303, emitida el 5 de abril de 2016, y la publicación de solicitud de patente estadounidense N.º 2015/0273550, presentada el 28 de marzo de 2014. Más generalmente, se puede usar cualquier equipo adecuado para mover material plano según cualquiera de diversas técnicas diferentes conocidas en la técnica para mover la forma plana del material de partida 50 desde la fuente de material 61 hasta, y en algunos casos a través de, el dispositivo de curvado 63. Equipo de este tipo puede incluir, por ejemplo, brazos robóticos, pistones, servomotores, tornillos, accionadores, rodillos, impulsores, electroimanes o combinaciones de los mismos.

30 El dispositivo de curvado 63 puede aportar un grado controlable de curvatura a la forma plana del material de partida 50 introducido en este, preferentemente sin aportar deformación en el plano al material de partida 50. El dispositivo de curvado 63 puede, por ejemplo, incluir una dobladora de rodillos 72 que incluye los bancos de rodillos 75a, 75b, 75c colocados uno respecto a otro y a la forma plana del material de partida 50 para aportar curvatura a la forma plana del material de partida 50 alimentado a través de los bancos de rodillos 75a, 75b, 75c. En determinados casos, los bancos de rodillos 75a, 75b, 75c se pueden disponer como un rodillo triple y, además o en cambio, los bancos de rodillos 75a, 75b, 75c se pueden mover uno respecto a otro para variar un momento de doblado aplicado al material de partida 50 que se mueve a través de la dobladora de rodillos 72. Cada banco de rodillos 75a, 75b, 75c puede incluir, por ejemplo, una pluralidad de rodillos individuales que pueden girar de manera independiente uno respecto a otro y dispuestos a lo largo de un eje respectivo definido por el respectivo banco de rodillos 75a, 75b, 75c. Además, o en cambio, los rodillos individuales de los respectivos bancos de rodillos 75a, 75b, 75c se pueden colocar con respecto a un eje respectivo definido por el respectivo banco de rodillos 75a, 75b, 75c (por ejemplo, a través de una señal de accionamiento recibida por el sistema de control 65).

45 En general, el dispositivo de curvado 63 puede aportar un momento de doblado a la forma plana del material de partida 50 para formar la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b' para dar la primera chapa curvada 18a y la segunda chapa curvada 18b, respectivamente. La primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b' se pueden orientar una respecto a otra de manera que, a través de la aplicación de momentos de doblado para formar la primera chapa curvada 18a y la segunda chapa curvada 18b, el borde de alineación 46 de la primera chapa curvada 18a y uno de los segundos bordes longitudinales 43 de la segunda chapa curvada 18b puedan ser adyacentes a uno de los primeros bordes longitudinales 42 de la primera chapa curvada 18a. Más específicamente, estos bordes pueden ser adyacentes entre sí a lo largo de una trayectoria en espiral.

55 El sistema de unión 64 puede acoplar mecánicamente el borde de alineación 46 de la primera chapa curvada 18a y uno de los segundos bordes longitudinales 43 de la segunda chapa curvada 18b a uno de los primeros bordes longitudinales 42 de la primera chapa curvada 18a para formar al menos una parte de la primera unión en espiral 22a. De manera similar, el sistema de unión 64 puede acoplar mecánicamente bordes formando la segunda unión en espiral 22b. El sistema de unión 64 puede incluir, por ejemplo, un soldador que suelda el borde de alineación 46 de la primera chapa curvada 18a y uno de los segundos bordes longitudinales 42 de la segunda chapa curvada 18b a uno de los primeros bordes longitudinales 42 de la primera chapa curvada 18a usando cualquier técnica de soldadura adecuada. En la técnica se conocen una variedad de técnicas para soldar y se pueden adaptar para unir uno o más bordes en conjunto como se contempla en el presente documento. Esto puede, por ejemplo, incluir cualquier técnica de soldadura que derrita un metal base u otro material a lo largo de la primera unión en espiral 22a, la segunda unión en espiral 22b o ambas, opcionalmente junto con un material de relleno que se añade a la junta para mejorar la resistencia de la unión. Las técnicas de soldadura convencionales adecuadas para unir estructuralmente metal incluyen, a modo de ejemplo y sin limitación: soldadura por

arco metálico con gas (GMAW), que incluye gas inerte de metal (MIG) y/o gas activo de metal (MAG); soldadura por arco sumergido (SAW); soldadura por láser; y soldadura por arco de tungsteno con gas (también conocida como soldadura de tungsteno, gas inerte o "TIG"); y muchos otros. Estas y cualquier otra técnica adecuada para formar una unión estructural entre la primera chapa curvada 18a y la segunda chapa curvada 18b se pueden adaptar para su uso en el sistema de unión 64 según lo contemplado en el presente documento. El acoplamiento mecánico aportado por el sistema de unión 64 puede ser, por ejemplo, continuo a lo largo de la primera unión lateral 22a, la segunda unión lateral 22b o ambas para proporcionar una resistencia estructural mejorada del segmento cónico 16. El acoplamiento mecánico puede incluir también, o en cambio, un acoplamiento intermitente (por ejemplo, a distancias fijas) a lo largo de la primera unión lateral 22a, la segunda unión lateral 22b o ambas para facilitar, por ejemplo, un rendimiento más rápido para aplicaciones en las que la resistencia estructural del segmento cónico 16 no es un factor clave del diseño.

Haciendo referencia ahora a la figura 8, se muestra un diagrama de flujo de un método de ejemplo 80 de formación en espiral de una estructura. Debe apreciarse que el método de ejemplo 80 se puede llevar a cabo, por ejemplo, por uno cualquiera o más de los sistemas de fabricación descritos en el presente documento para formar cualquiera de las estructuras tubulares descritas en el presente documento, incluyendo, pero sin limitarse a un cilindro o un cono (por ejemplo, un segmento o estructura troncocónica). Por ejemplo, una o más etapas en el método de ejemplo 80 pueden llevarse a cabo mediante una unidad de procesamiento de un sistema de control (por ejemplo, la unidad de procesamiento 66 del sistema de control 65 en la figura 6). De manera adicional o alternativa, una o más etapas en el método de ejemplo 80 se pueden llevar a cabo por un operario que proporciona entradas (por ejemplo, a través de un teclado, un ratón y/o una interfaz gráfica de usuario) a un sistema de control como el sistema de control 65 de la figura 6.

Como se muestra en la etapa 81, el método de ejemplo 80 puede incluir obtener una pluralidad de chapas planas. Por ejemplo, la pluralidad de chapas planas se puede obtener a partir de una fuente de material, como la fuente de material 61 en la figura 6. En general, la pluralidad de chapas planas puede incluir cualquier número y forma de chapas planas dimensionadas de manera colectiva para formar una estructura tubular, como un cilindro o un cono (por ejemplo, el segmento troncocónico 16 en la figura 3). Más específicamente, la pluralidad de chapas planas puede incluir una primera chapa plana y una segunda chapa plana como, por ejemplo, la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b' en la figura 4. Por tanto, la primera chapa plana puede tener un par de primeros bordes longitudinales, un borde de acoplamiento y un borde de alineación como se ha descrito anteriormente con respecto a la primera chapa plana 18a. De manera similar, la segunda chapa plana puede tener un borde lateral y un par de segundos bordes longitudinales, como se ha descrito anteriormente con respecto a la segunda chapa plana 18b'. Además, o en cambio, la primera chapa plana y la segunda chapa plana pueden tener, cada una, una forma alargada y, en casos en los que estas capas se vayan a formar para dar un segmento cónico como el segmento cónico 16 en la figura 3, la primera chapa plana y la segunda chapa plana pueden tener diferentes longitudes (por ejemplo, la primera chapa plana puede ser más larga que la segunda chapa plana).

Como se muestra en la etapa 82, el método de ejemplo 80 puede incluir colocar la primera chapa plana y la segunda chapa plana una respecto a otra en una relación sobresaliente. Por ejemplo, en la relación sobresaliente, el borde de acoplamiento de la primera chapa plana puede complementar el borde lateral de la segunda chapa plana entre los segundos bordes longitudinales. Además, complementando el borde de acoplamiento de la primera chapa plana el borde lateral de la segunda chapa plana, el borde de alineación de la primera chapa plana puede ser colineal con uno de los segundos bordes longitudinales de la segunda chapa plana.

Como se muestra en la etapa 83, el método de ejemplo 80 puede incluir acoplar (por ejemplo, soldar) el borde de acoplamiento de la primera chapa plana al borde lateral de la segunda chapa plana a lo largo de una unión lateral para formar un material de partida en forma plana. Debe apreciarse que la forma de la unión lateral puede seguir la forma de la relación sobresaliente entre la primera chapa plana y la segunda chapa plana. Por tanto, más generalmente, la unión lateral puede incluir al menos un segmento lineal, al menos un segmento no lineal o ambos.

Como se muestra en la etapa 84, el método de ejemplo 80 puede incluir curvar el material de partida en una configuración curvada. Por ejemplo, a medida que se mueve una forma plana del material de partida a través de un dispositivo de curvado, como el dispositivo de curvado 63 en las figuras 6 y 7, se pueden aplicar momentos de doblado al material de partida para formar una configuración curvada del material de partida (por ejemplo, sin aportar deformación en el plano al material de partida).

Como se muestra en la etapa 85, el método de ejemplo puede incluir soldar en espiral el material de partida para formar una estructura tubular, como una estructura troncocónica. Como un ejemplo, la soldadura en espiral puede incluir acoplar uno de los bordes longitudinales de la primera chapa curvada (por ejemplo, la primera chapa plana en una configuración curvada aportada a través de una etapa de curvado, como la etapa 84) a uno de los segundos bordes longitudinales de la segunda chapa curvada (por ejemplo, la segunda chapa plana en una configuración curvada aportada a través de una etapa de curvado, como la etapa 84).

A pesar de que se han descrito determinadas realizaciones, otras realizaciones son adicional o alternativamente posibles.

Por ejemplo, a pesar de que se ha descrito que la unión de una primera región de borde a una segunda región de borde incluye soldadura, otros métodos para unir regiones de borde son adicional o alternativamente posibles. Ejemplos de otros métodos de este tipo incluyen unión adhesiva, soldadura por puntos, bloqueo de uniones y/o sujeción mecánica con pernos, remaches y similares, así como combinaciones de los anteriores.

Como otro ejemplo, a pesar de que se han descrito chapas planas como que tienen determinadas formas de borde, otras formas de borde son adicional o alternativamente posibles. Por ejemplo, haciendo referencia ahora a la figura 9, un conjunto 90 de chapas planas puede incluir una primera chapa plana 92a y una segunda chapa plana 92b. En general, a menos que se especifique lo contrario o sea evidente a partir del contexto, el conjunto 90 de chapas planas se puede formar para dar una estructura tubular usando uno cualquiera o más de los dispositivos, sistemas y métodos descritos en el presente documento.

La primera chapa plana 92a puede incluir un borde de acoplamiento 94 y un borde de alineación 96. El borde de acoplamiento 94 puede incluir, por ejemplo, una pluralidad de segmentos lineales 97a, 97b. La pluralidad de segmentos lineales 97a, 97b pueden estar en ángulo unos respecto a otros. La segunda chapa plana 92b puede incluir un borde lateral 98 formado para complementar la forma definida por los segmentos lineales 97a, 97b de la primera chapa plana 92a. Por tanto, por ejemplo, el borde lateral 98 puede definir una trayectoria no lineal de manera que el borde lateral 98 complementa los segmentos lineales 97a, 97b de la primera chapa plana 92a. La trayectoria no lineal del borde lateral 98 puede, por ejemplo, definir un patrón en V u otra forma definida por segmentos rectos o lineales en ángulo uno respecto a otro.

Como otro ejemplo, a pesar de que se han descrito las chapas planas como que tienen bordes con uno o más segmentos lineales para facilitar la alineación en una orientación dada adecuada para la formación de estructuras tubulares, otras formas de borde son adicional o alternativamente posibles. Por ejemplo, uno o más bordes de las chapas planas pueden incluir una forma curvilínea. Como un ejemplo específico, se puede redondear una transición entre los segmentos lineales 97a, 97b de la primera chapa plana 92a. De manera adicional o alternativa, el borde lateral 98 de la segunda chapa plana 92b puede incluir una forma correspondiente que incluye un segmento redondeado que coincide con la transición redondeada entre los segmentos lineales 97a, 97b. Más generalmente, debe entenderse que las formas curvilíneas de una o más partes de bordes que se describen en el presente documento son sustituibles por formas lineales, a menos que se especifique lo contrario o sea evidente a partir del contexto, siempre y cuando otras chapas incluyan bordes correspondientes para que coincidan con tales formas curvilíneas.

Como todavía otro ejemplo, a pesar de que se ha descrito que las chapas planas tienen un espesor igual, otras disposiciones de espesor son adicional o alternativamente posibles. Por ejemplo, chapas secuenciales en una pluralidad de chapas planas pueden tener diferentes espesores, propiedades de material o ambas. Tales diferencias en cuanto a espesor y/o propiedades de material son útiles, por ejemplo, para conseguir variaciones deseadas en el rendimiento estructural a lo largo de un eje de una estructura tubular y, en determinados casos, pueden facilitar conseguir objetivos de rendimiento estructural menos material y/o menos material caro.

A pesar de que las diferencias en uno o más espesores y propiedades de material de chapas secuenciales pueden ser útiles para conseguir un uso eficiente de material, diferencias de este tipo se pueden asociar con diferencias en las respectivas respuestas de curvatura de las chapas hasta un momento de doblado dado aplicado por un dispositivo de curvado. Por tanto, en general, la aplicación de un único momento de doblado (por ejemplo, a través de una orientación fija de un dispositivo de curvado) a través de una transición entre chapas que tienen diferentes espesores y/o propiedades de material puede causar un laminado incorrecto durante una transición de este tipo. Por ejemplo, la aplicación de un momento de doblado adecuado para curvar una chapa más gruesa puede dar como resultado un sobrelaminado de una chapa más fina adyacente de manera que la chapa más fina tendrá una curvatura superior a lo deseada. Como otro ejemplo, la aplicación de un momento de doblado adecuado para curvar una chapa más fina puede dar como resultado un infralaminado de una chapa más gruesa adyacente de manera que la chapa más gruesa tendrá una curvatura inferior a la deseada. Cada uno de estos errores de laminado puede dar como resultado una alineación incorrecta en secciones de una estructura tubular que se forman y secciones laminadas que tienen una curvatura distinta a la deseada, que pueden crear desafíos para la formación de la estructura tubular según una tolerancia de fabricación dada.

Como aún otro ejemplo, a pesar de que se han descrito partes laterales de chapas secuenciales en el contexto de estar unidas entre sí para formar una parte de una estructura tubular, debe apreciarse que la parte lateral opuesta de cada chapa puede tener la misma forma o una forma diferente, según sea necesario para acoplarse con otra chapa en la secuencia. Por tanto, por ejemplo, una chapa dada puede incluir respectivos bordes de alineación y bordes de acoplamiento a lo largo de cada parte lateral de la chapa. Además, o en cambio, una chapa dada puede incluir respectivos bordes laterales a lo largo de cada parte lateral de la chapa.

Haciendo referencia ahora a la figura 7 y la figura 10, se puede mover el material de partida 50, incluyendo la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b', en la dirección de introducción F. Con fines de claridad de ilustración de la unión lateral 22a que se mueve a través de la dobladora de rodillos 74, solo se muestra en la figura 10 el banco de rodillos 75a de la dobladora de rodillos 74. La unión lateral 22a correspondiente a la relación sobresaliente de la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b' puede tener una longitud en la dirección de introducción "F" y esta

longitud de la relación sobresaliente de la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b' en la dirección de introducción "F" puede definir una longitud de transición 100. Debido a que la dirección de introducción "F" es oblicua con respecto a la unión lateral 22a, debe apreciarse que la longitud de transición 100 es finita. Más específicamente, la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b' se pueden dimensionar una respecto a otra de manera que la unión lateral 22a y, por tanto, la longitud de transición 100 pueden tener una longitud suficiente para admitir la aplicación de múltiples momentos de doblado diferentes a medida que el material de partida 50 se mueve a través de la dobladora de rodillos 74 en la dirección de introducción "F". En determinadas implementaciones, la dirección de introducción "F" puede cambiar a medida que se mueve el material de partida 50 hasta y/o a través del dispositivo de curvado 63 y, en particular, el material de partida 50 puede someterse a movimiento giratorio y/o sustancialmente giratorio a medida que el material de partida se mueve hasta y/o a través del dispositivo de curvado 63.

En general, el momento de doblado aplicado por la dobladora de rodillos 74 a la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b' a lo largo de la longitud de transición 100 se puede cambiar para tener en cuenta diferencias en la respuesta de curvatura de la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b'. Por ejemplo, a medida que la longitud de transición 100 se mueve a través de la dobladora de rodillos 74, el espaciado relativo de los bancos de rodillos 74a, 74b y 74c se puede ajustar para cambiar un momento de doblado aplicado al material. Más específicamente, se puede controlar una posición definida de los bancos de rodillos 74a, 74b y 74c, tal como se describe en mayor detalle a continuación, para tener en cuenta diferencias en la respuesta de curvatura (por ejemplo, como resultado de diferencias en espesor, propiedades de material o ambas) de la primera chapa plana 18a' y la segunda chapa plana 18b'.

Haciendo referencia ahora a la figura 11, se muestra un diagrama de flujo de un método de ejemplo 110 de una transición de chapas en un proceso de formación en espiral. Debe apreciarse que el método de ejemplo 110 se puede llevar a cabo, por ejemplo, por uno o más de los sistemas de fabricación descritos en el presente documento para reducir la probabilidad de sobrelaminado o infralaminado de chapas planas sobresalientes correspondiente a una transición en espesor y/o propiedades de material de una estructura tubular, como un cilindro o un cono (por ejemplo, un segmento o estructura troncocónica). Por ejemplo, una o más etapas en el método de ejemplo 110 pueden llevarse a cabo mediante una unidad de procesamiento de un sistema de control (por ejemplo, la unidad de procesamiento 66 del sistema de control 65 en la figura 6). De manera adicional o alternativa, una o más etapas en el método de ejemplo 110 se pueden llevar a cabo por un operario que proporciona entradas (por ejemplo, a través de un teclado, un ratón y/o una interfaz gráfica de usuario) a un sistema de control como el sistema de control 65 de la figura 6).

Como se muestra en la etapa 112, el método de ejemplo 110 puede incluir mover una primera chapa plana y una segunda chapa plana en una dirección de introducción a través de bancos de rodillos de una dobladora de rodillos (por ejemplo, los bancos de rodillos 75a, 75b, 75c de la dobladora de rodillos 74 en la figura 7). La dirección de introducción puede ser, por ejemplo, oblicua con respecto a un eje definido por uno o más de los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos. La primera chapa plana y la segunda chapa plana puede ser una cualquiera o más de las diversas chapas planas diferentes descritas en el presente documento. Por tanto, por ejemplo, la primera chapa plana y la segunda chapa plana pueden tener la misma anchura máxima en una dirección perpendicular a los respectivos bordes longitudinales de la primera chapa plana y la segunda chapa plana. La anchura uniforme de la primera chapa plana y la segunda chapa plana puede tener determinadas ventajas, como facilitar la fabricación uniforme y precisa de la primera chapa plana y la segunda chapa plana y reducir el material de desecho.

La primera chapa plana y la segunda chapa plana se pueden acoplar (por ejemplo, soldar) entre sí en una relación sobresaliente, como cualquiera de las diversas relaciones sobresalientes diferentes descritas en el presente documento con respecto a la unión lateral 22a (figuras 3, 5 y 10). La longitud de la relación sobresaliente entre la primera chapa plana y la segunda chapa plana a lo largo de la dirección de introducción define una longitud de transición. En casos en los que la primera chapa plana y la segunda chapa plana tienen diferentes espesores y/o propiedades de material, la longitud de transición puede representar una región en la que la primera chapa plana y la segunda chapa plana pueden tener respuestas dispares a un momento de doblado aplicado dado. Por consiguiente, como se describe en mayor detalle a continuación, el momento de doblado aplicado a la primera chapa plana y la segunda chapa plana se puede ajustar a lo largo de la longitud de transición para reducir la probabilidad de sobrelaminado y/o infralaminado de la primera chapa plana y la segunda chapa plana. Debe apreciarse, por tanto, que el tamaño de la longitud de transición es un factor importante en la aplicación de múltiples momentos de doblado diferentes a la primera chapa plana y la segunda chapa plana a lo largo de la longitud de transición.

En determinadas implementaciones, la relación sobresaliente entre la primera chapa plana y la segunda chapa plana puede incluir colindar a lo largo de uno o más bordes que son oblicuos a la dirección de introducción y, además o en cambio, oblicuos con respecto a un eje definido por un banco o más bancos de rodillos de la dobladora de rodillos, a medida que la primera chapa plana y la segunda chapa plana se mueven a través de la dobladora de rodillos a lo largo de la longitud de transición. Como un principio más general, la relación sobresaliente entre la primera chapa plana y la segunda chapa plana se puede orientar con respecto a los uno o más bancos de rodillos de la dobladora de rodillos para conseguir una longitud y geometría de transición adecuadas.

Como se muestra en la etapa 114, el método de ejemplo 110 puede incluir, dentro de la longitud de transición, curvar la primera chapa plana y la segunda chapa plana con los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos establecidos en una

5 primera posición. Como se usa en el presente documento, debe entenderse que "dentro de la longitud de transición" hace referencia a una acción aplicada a la primera chapa plana y la segunda chapa plana a lo largo de la longitud de transición. Por tanto, en el contexto de curvado de la primera chapa plana y la segunda chapa plana, debe entenderse que la expresión "dentro de la longitud de transición" hace referencia a la aplicación de uno o más momentos de doblado a la primera chapa plana y la segunda chapa plana a medida que la longitud de transición se mueve en una dirección de introducción a través de la dobladora de rodillos.

10 La primera chapa plana puede tener un espesor distinto de un espesor de la segunda chapa plana. Es decir, el espesor de la primera chapa plana puede ser mayor que o menor que el espesor de la segunda chapa plana. De manera adicional o alternativa, la primera chapa plana y la segunda chapa plana se pueden formar a partir de materiales diferentes y, en particular, se pueden formar a partir de materiales que tienen una fluencia diferente. Más generalmente, la primera chapa plana y la segunda chapa plana pueden tener diferentes respuestas de curvatura para los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos establecida en la primera posición. Es decir, los momentos de doblado aplicados en la primera chapa plana y la segunda chapa plana por los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos establecida en la primera posición pueden producir diferentes cantidades de curvatura de las chapas a lo largo de la parte de la longitud de transición a lo largo de la que se establecen los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos en la primera posición.

20 Como se muestra en la etapa 116, el método de ejemplo 110 puede incluir, dentro de la longitud de transición, curvar la primera chapa plana y la segunda chapa plana con los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos establecidos en una segunda posición. La segunda posición de los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos puede ser distinta de la primera posición de los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos de manera que el cambio de la primera posición establecida en la segunda posición establecida cambia el momento de doblado aplicado a la primera chapa plana y la segunda chapa plana a lo largo de la longitud de transición. Debido a diferencias en el espesor y/o propiedades del material, la primera chapa plana y la segunda chapa plana pueden tener diferentes respuestas de curvatura a los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos en la segunda posición. Por consiguiente, los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos establecida en la segunda posición pueden producir diferentes cantidades de curvatura en las dos chapas a lo largo de la parte de la longitud de transición a lo largo de la que se establecen los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos en la segunda posición.

30 En general, debe apreciarse que la primera posición establecida de los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos y la segunda posición establecida de los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos se pueden seleccionar para aplicar un perfil de momento de doblado deseado a la primera chapa plana y la segunda chapa plana a lo largo de la longitud de transición. El perfil de momento de doblado deseado puede, por ejemplo, reducir la cantidad de infralaminado y/o sobrelaminado experimentado por la primera chapa plana y la segunda chapa plana a lo largo de la longitud de transición. Como un ejemplo, en casos en los que la primera chapa plana es más gruesa que la segunda chapa plana, la primera chapa plana y la segunda chapa plana se puede curvar por los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos establecida en la segunda posición cuando más de la mitad de la longitud de transición se ha movido más allá de un rodillo central de la dobladora de rodillos (por ejemplo, el banco de rodillos 75a de la dobladora de rodillos 74). Existe un ejemplo análogo en casos en los que la segunda chapa plana es más gruesa que la primera chapa plana - es decir, en tales casos, la primera chapa plana y la segunda chapa plana se puede curvar por los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos establecida en la segunda posición cuando menos de la mitad de la longitud de transición se ha movido más allá de un rodillo central de la dobladora de rodillos (por ejemplo, el banco de rodillos 75a de la dobladora de rodillos 74). Por tanto, más generalmente, una transición desde la primera posición hasta la segunda posición se puede basar en el espesor relativo de la primera chapa plana hasta la segunda chapa plana, aplicándose, por ejemplo, la posición establecida de una chapa dada (por ejemplo, la primera chapa plana o la segunda chapa plana) sobre más de la mitad de la longitud de transición en casos en los que la chapa dada es más gruesa que la otra chapa (por ejemplo, la otra de la primera chapa plana y la segunda chapa plana) que forma la longitud de transición. De manera adicional o alternativa, curvar la primera chapa plana y la segunda chapa plana con los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos establecida en la segunda posición puede incluir mover uno o más de los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos uno respecto a otro desde la primera posición establecida hasta la segunda posición establecida (por ejemplo, a medida que se mueve la longitud de transición a través de los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos).

55 Como se muestra en la etapa 118, el método de ejemplo 110 puede incluir opcionalmente, a lo largo de una longitud en la dirección de laminado dentro de la longitud de transición, curvar la segunda chapa plana con los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos establecida en una tercera posición establecida distinta de la segunda posición establecida. Por ejemplo, una respuesta de curvatura respectiva de la segunda chapa plana a los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos establecida en la tercera posición puede ser sustancialmente igual a una respuesta de curvatura respectiva de la primera chapa plana a los bancos de rodillos de la dobladora de rodillos establecida en la primera posición de manera que al menos una parte de la primera chapa plana y la segunda chapa plana se laminan en sustancialmente el mismo diámetro.

65 Los anteriores sistemas, dispositivos, métodos, procesos y similares se pueden realizar en hardware, software o cualquier combinación de estos adecuada para el control, la adquisición de datos y el procesamiento de datos descritos en el presente documento. Esto incluye la realización en uno o más microprocesadores, microcontroladores, microcontroladores integrados, procesadores de señales digitales programables u otros dispositivos programables o

- 5 circuitos de procesamiento, junto con la memoria interna y/o externa. Esto puede incluir también, o en cambio, uno o más circuitos integrados específicos de aplicación, matrices de puertas programables, componentes lógicos de matrices programables o cualquier otro dispositivo o dispositivos que pueda(n) configurarse para procesar señales electrónicas. Además, se apreciará que una realización de los procesos o dispositivos descritos anteriormente puede incluir un código ejecutable por ordenador creado usando un lenguaje de programación estructurado, tal como C, un lenguaje de programación orientado a objetos como C++ o cualquier otro lenguaje de programación de alto o bajo nivel (incluidos los lenguajes ensambladores, los lenguajes de descripción de hardware y los lenguajes y tecnologías de programación de bases de datos) que pueden almacenarse, compilarse o interpretarse para ejecutarse en uno de los dispositivos anteriores, así como combinaciones heterogéneas de procesadores, arquitecturas de procesadores o combinaciones de diferentes hardware y software. Al mismo tiempo, el procesamiento puede distribuirse a través de dispositivos tales como los diversos sistemas descritos anteriormente o toda la funcionalidad puede integrarse en un dispositivo autónomo dedicado. Todas estas permutaciones y combinaciones están destinadas a entrar dentro del alcance de la presente divulgación.
- 10
- 15 Las realizaciones dadas a conocer en el presente documento pueden incluir productos de programas informáticos que comprenden código ejecutable por ordenador o código que puede utilizar un ordenador que, cuando se ejecuta en uno o más dispositivos informáticos, realiza cualquiera y/o todas las etapas de los sistemas de control anteriormente descritas. El código puede almacenarse de manera no transitoria en una memoria de ordenador, que puede ser una memoria desde la que se ejecuta el programa (como una memoria de acceso aleatorio asociada con un procesador), o un dispositivo de almacenamiento, tal como una unidad de disco, memoria flash o cualquier otro dispositivo óptico, electromagnético, magnético, infrarrojo u otro dispositivo o combinación de dispositivos. En otro aspecto, cualquiera de los sistemas de control anteriormente descritos se puede realizar en cualquier medio de transmisión o propagación adecuado que lleve código ejecutable por ordenador y/o cualquier entrada o salida del mismo.
- 20
- 25 Las etapas del método de las implementaciones descritas en el presente documento están destinadas a incluir cualquier método adecuado para provocar que se ejecuten dichas etapas del método, de acuerdo con la patentabilidad de las siguientes reivindicaciones, a menos que se proporcione expresamente un significado diferente o se desprenda claramente del contexto. Así, por ejemplo, realizar la etapa de X incluye cualquier método adecuado para provocar que otra parte, como un usuario remoto, un recurso de procesamiento remoto (por ejemplo, un servidor u ordenador en la nube) o una máquina, realice la etapa de X. De manera similar, realizar las etapas X, Y y Z puede incluir cualquier método para dirigir o controlar cualquier combinación de dichos otros individuos o recursos para realizar las etapas X, Y y Z para obtener el beneficio de dichas etapas. Por tanto, las etapas del método de las implementaciones descritas en el presente documento están destinadas a incluir cualquier método adecuado para provocar que una o más partes o entidades realicen las etapas, de acuerdo con la patentabilidad de las siguientes reivindicaciones, a menos que se proporcione expresamente un significado diferente o quede claro de otro modo a partir del contexto. Dichas partes o entidades no necesitan estar bajo la dirección ni el control de ninguna otra parte o entidad y no necesitan estar ubicadas dentro de una jurisdicción en particular.
- 30
- 35

REIVINDICACIONES

1. Un segmento cónico (16) para una torre, comprendiendo el segmento cónico:

- 5 una primera chapa curvada (18a) que tiene un par de primeros bordes longitudinales (42), un borde de acoplamiento (44) y un borde de alineación (46), el par de primeros bordes longitudinales paralelos entre sí, y el borde de acoplamiento y el borde de alineación definiendo en conjunto una trayectoria no lineal entre el par de los primeros bordes longitudinales; y
- 10 una segunda chapa curvada (18b) que tiene un par de segundos bordes longitudinales (43), un primer borde lateral (45), un borde de acoplamiento (44) y un borde de alineación (46) en un segundo borde lateral opuesto, el par de segundos bordes longitudinales paralelos entre sí, el primer borde lateral extendiéndose entre los segundos bordes longitudinales, definiendo el borde de acoplamiento y el borde de alineación juntos una trayectoria no lineal que se extiende entre los segundos bordes longitudinales, la primera chapa curvada y la
- 15 segunda chapa curvada unidas entre sí de extremo a extremo a lo largo de una unión lateral (20) formada por el primer borde lateral de la segunda chapa curvada y el borde de acoplamiento de la primera chapa curvada, uno de los primeros bordes longitudinales de la primera chapa curvada y uno de los segundos bordes longitudinales de la segunda chapa curvada unidos entre sí a lo largo de una primera unión en espiral (22a), que se extiende circunferencialmente alrededor de un eje longitudinal definido por el segmento cónico, definiendo el borde de alineación de la segunda chapa curvada y otro de los segundos bordes longitudinales
- 20 de la segunda chapa curvada una porción de una segunda unión en espiral (22b) que se extiende circunferencialmente alrededor del eje longitudinal definido por el segmento cónico, y la primera chapa curvada y la segunda chapa curvada unidas entre sí en una intersección en forma de T (24) de las uniones incluyendo la primera unión en espiral, la porción de la segunda unión en espiral y la unión lateral.
- 25 2. El segmento cónico (16) de la reivindicación 1, en el que la unión lateral (20), la primera unión en espiral (22a) y la porción de la segunda unión en espiral (22b) son oblicuas entre sí en la intersección en forma de T (24) de las uniones.
- 30 3. El segmento cónico (16) de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la primera chapa curvada (18a) y la segunda chapa curvada (18b) son cada una de metal.
4. El segmento cónico (16) de la reivindicación 3, en el que la unión lateral (20) es una soldadura.
5. El segmento cónico (16) de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer borde lateral (45) define una trayectoria lineal entre los segundos bordes longitudinales (43).
- 35 6. El segmento cónico (16) de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la primera chapa curvada (18a) y la segunda chapa curvada (18b) están acopladas entre sí sin deformación en plano.

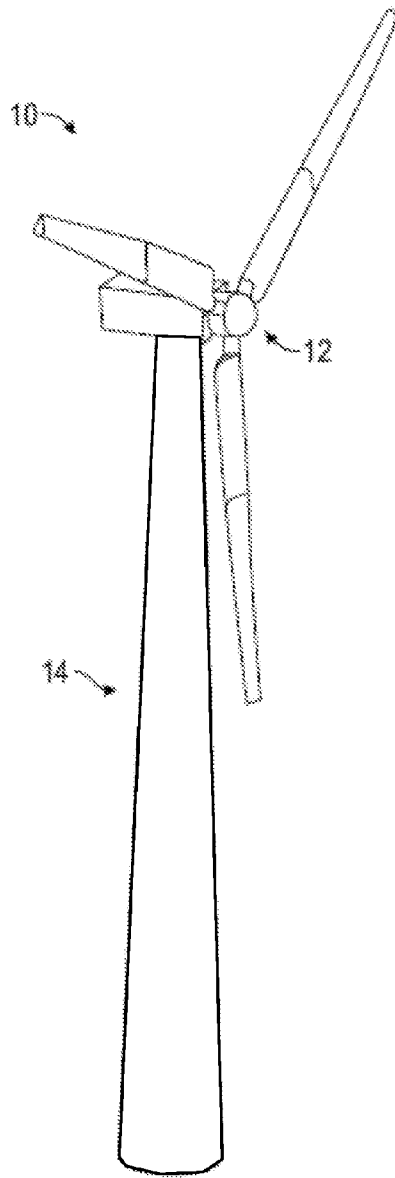


FIG. 1

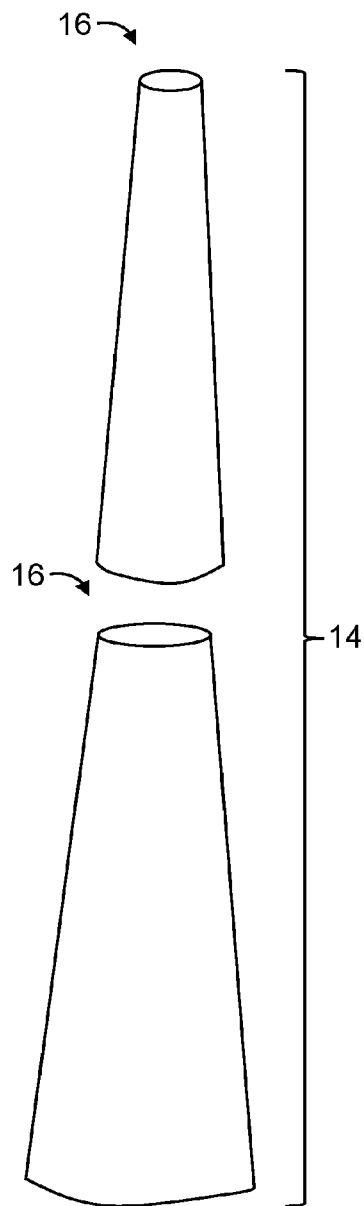


FIG. 2

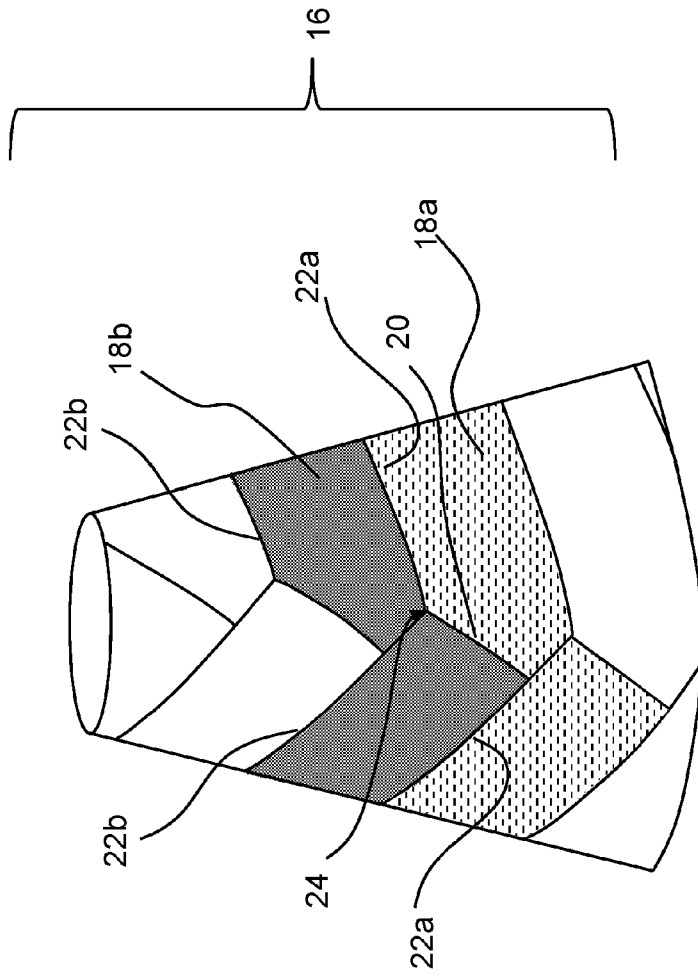


FIG. 3

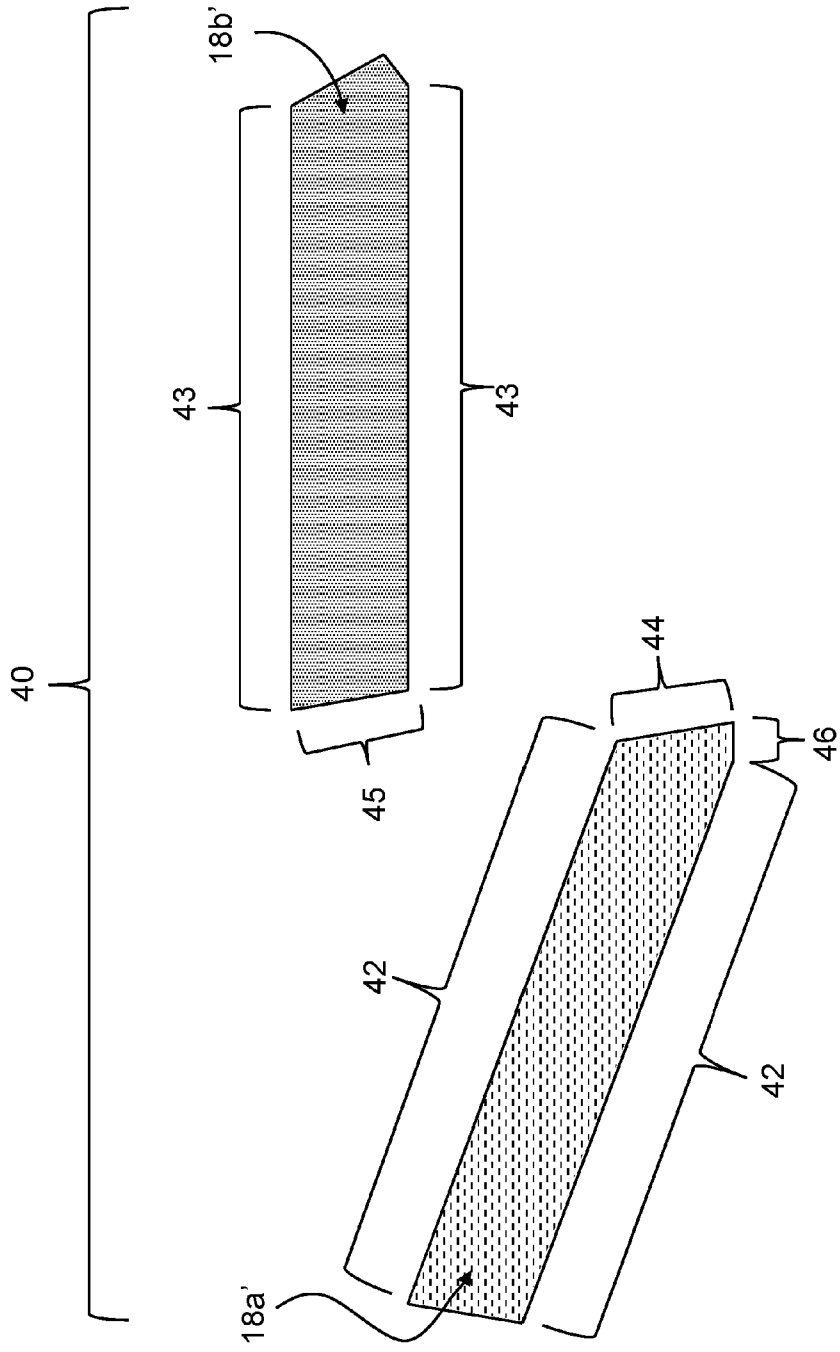


FIG. 4

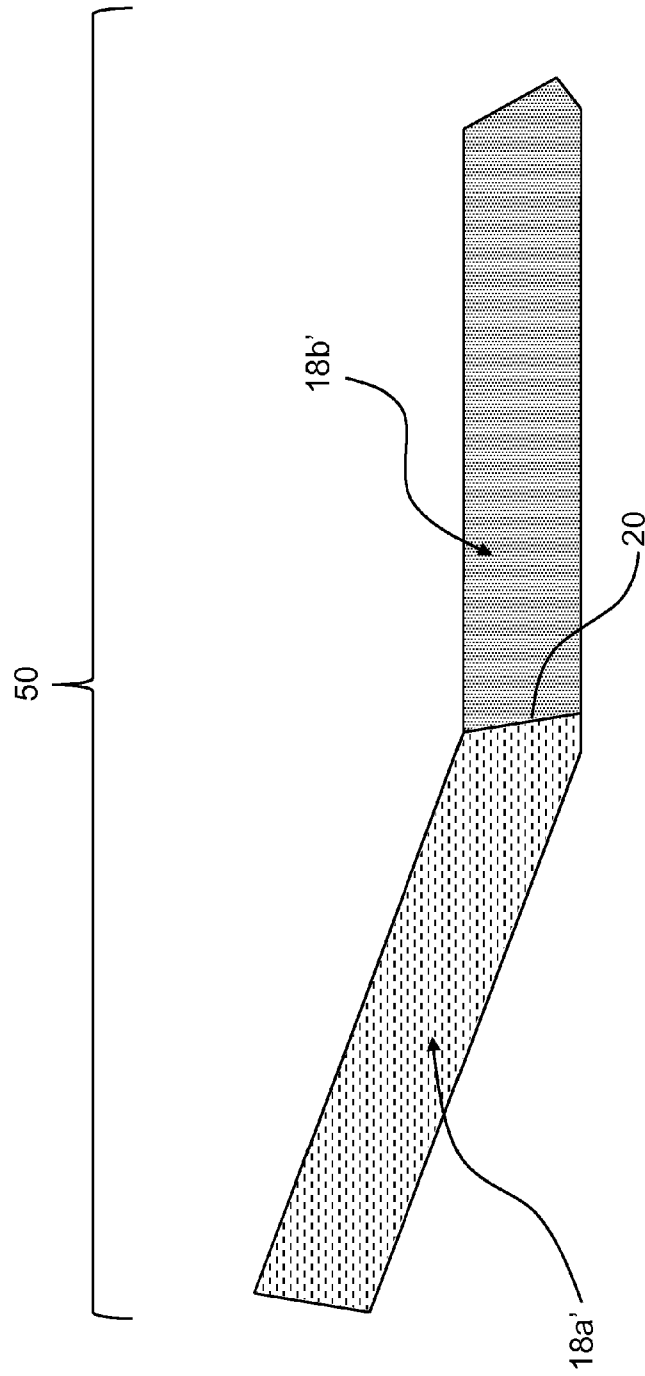


FIG. 5

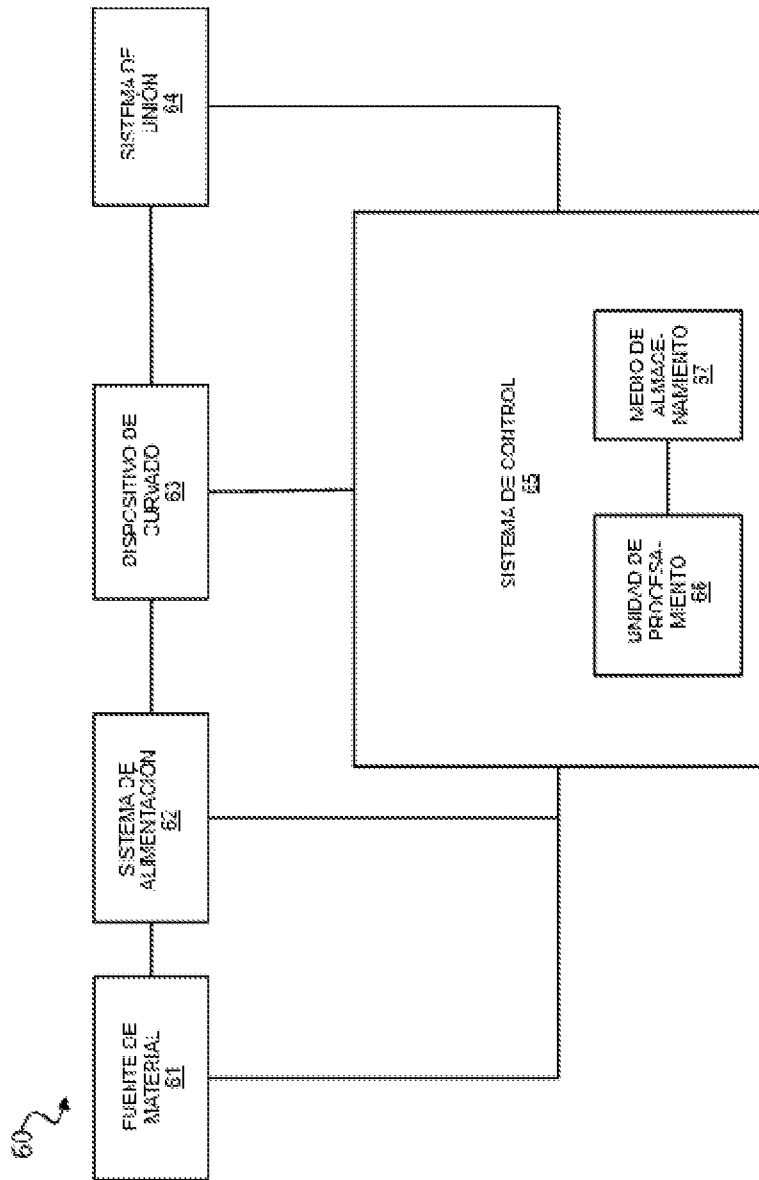


FIG. 6

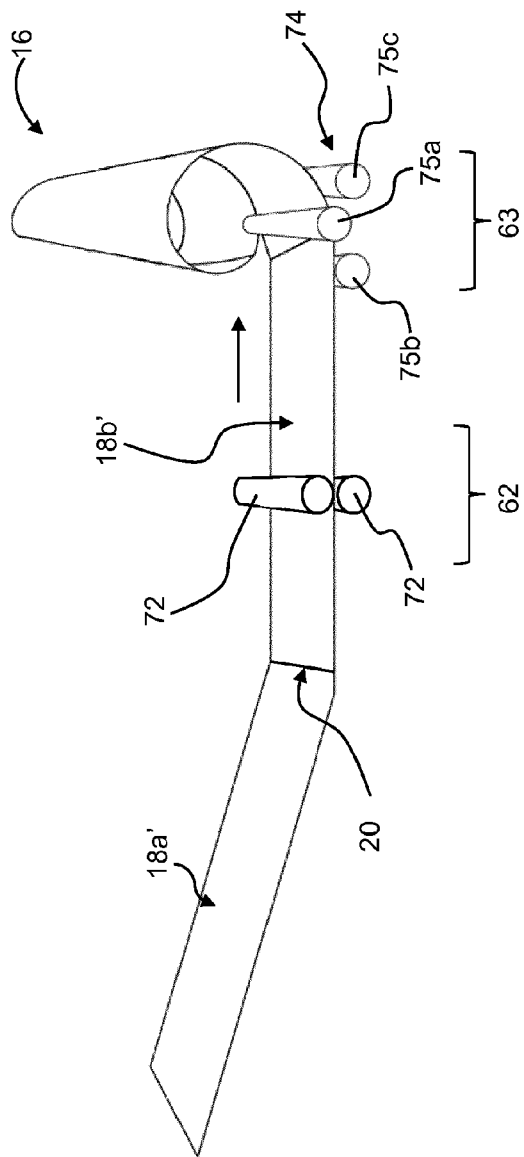


FIG. 7

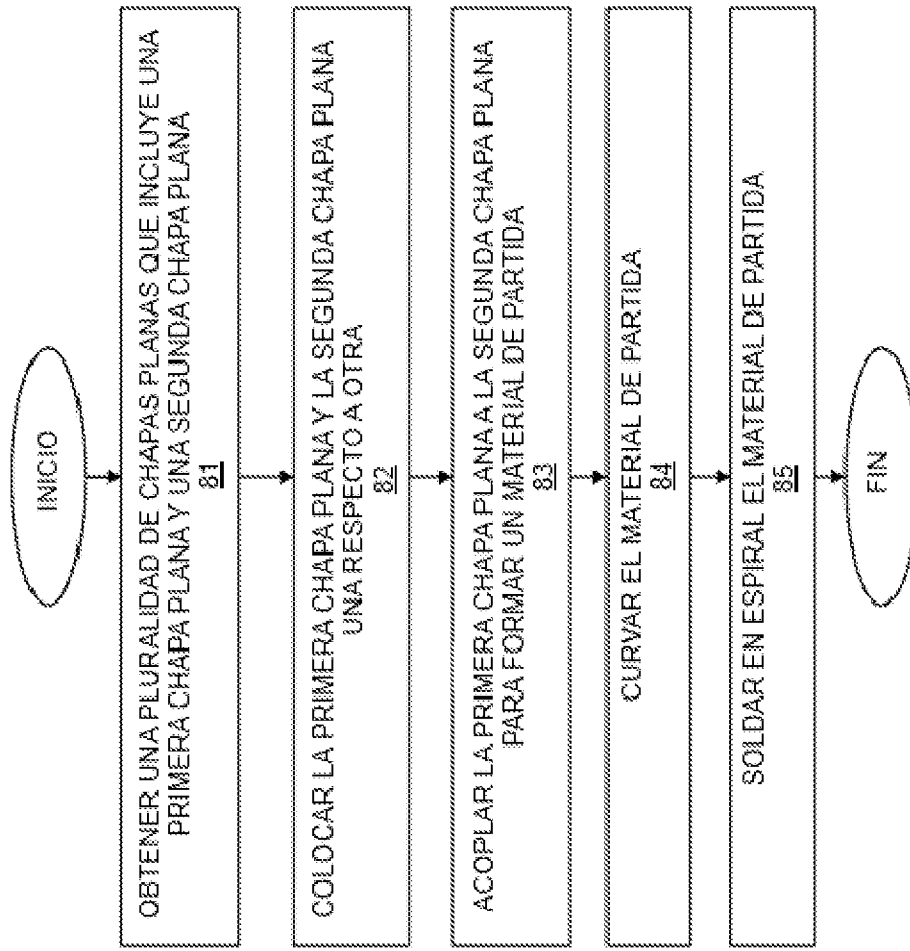


FIG. 8

80

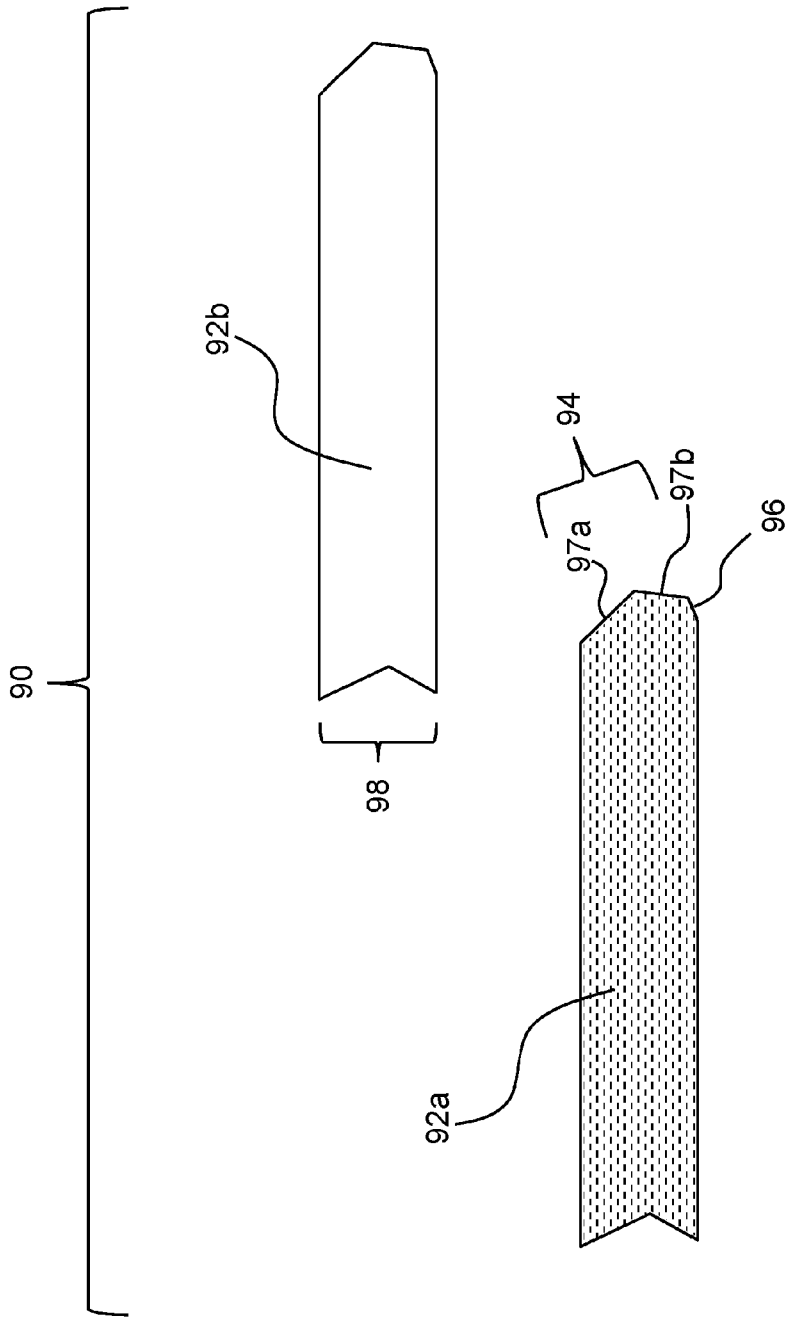


FIG. 9

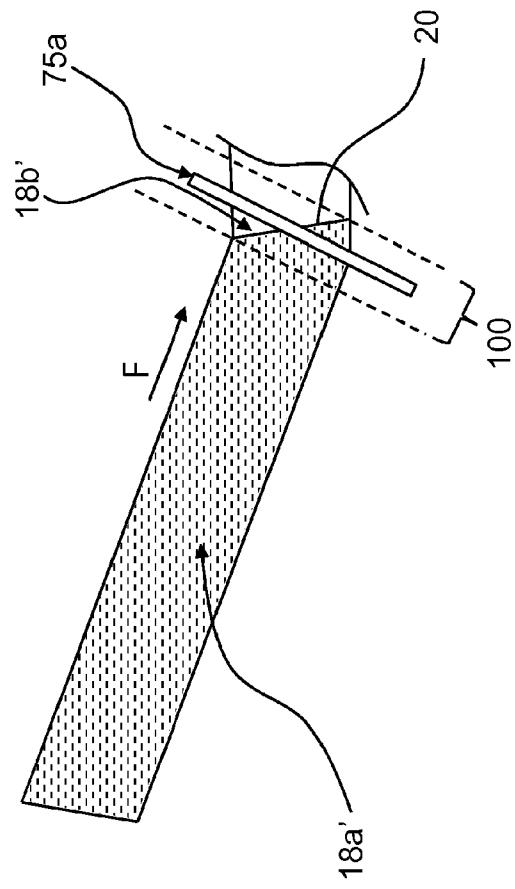


FIG. 10

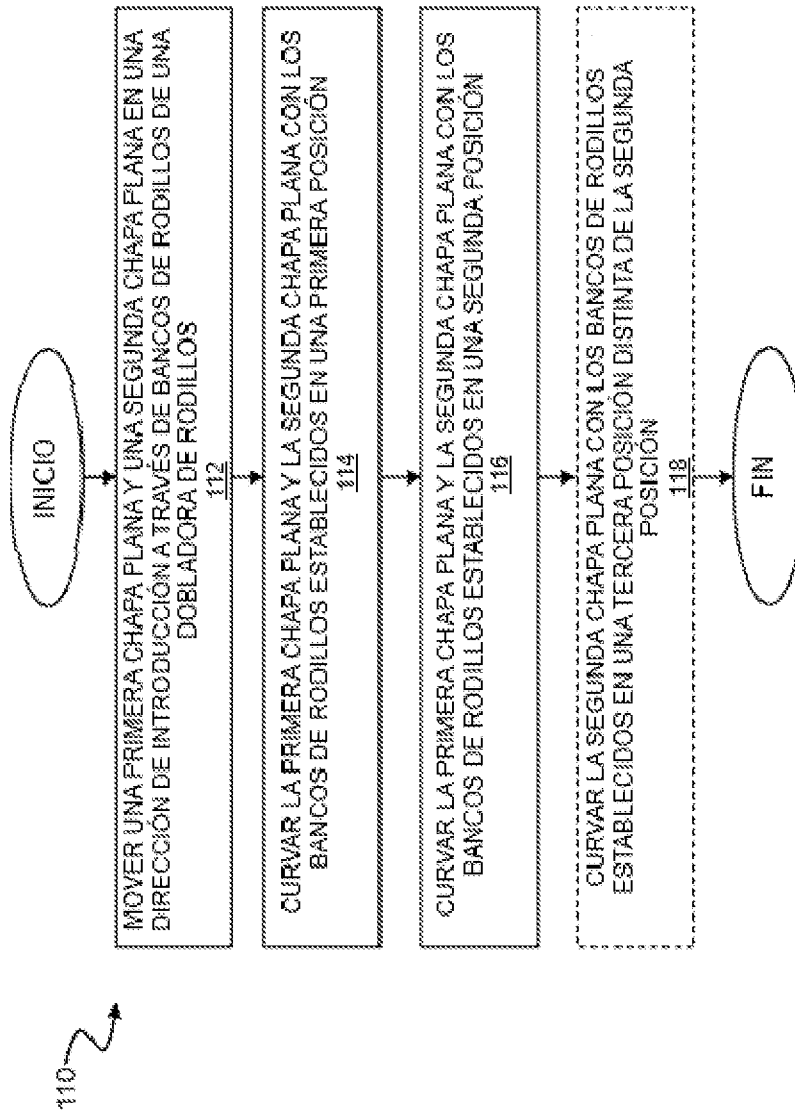


FIG. 11