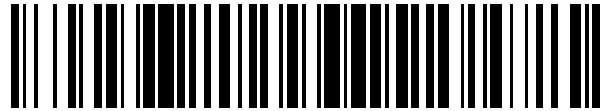


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 650 940**

51 Int. Cl.:

**B64C 3/18**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.11.2013** E 13193443 (2)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.09.2017** EP 2789534

54 Título: **Larguero de ala con varias cajas y revestimiento**

30 Prioridad:

**26.11.2012 US 201213685049**

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

**23.01.2018**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**MOSELAGE-III, JOHN H**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 650 940 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

Larguero de ala con varias cajas y revestimiento

### Antecedentes

5 La construcción de un ala de aeronave convencional específica varía de fabricante a fabricante, pero normalmente tiene en común varios procesos de fabricación. Uno o más largueros del ala que recorren toda la longitud del ala se colocan y se aseguran en una plantilla de construcción de alas. Una o más costillas se unen a los largueros del ala para dar soporte adicional al ala. Después de unir las costillas a los largueros del ala, una serie de larguerillos de ala se acoplan a los largueros del ala, dando soporte estructural adicional así como proporcionando soporte a un revestimiento del ala. Después de la instalación de uno o más elementos adicionales, tales como depósitos de  
10 combustible, componentes electrónicos, etc., según las necesidades, el revestimiento del ala de la aeronave, reforzado con larguerillos, se une a los largueros y las costillas del ala. El revestimiento del ala se puede unir usando varios métodos, incluidos, pero sin limitación, el uso de remaches u otras sujeciones. Posteriormente se unen otros componentes de ala de la aeronave al conjunto del ala, tales como flaps de alas, alerones unidos a un larguero posterior, así como superficies de control de alas anteriores y posteriores.

15 Las técnicas convencionales para construir alas pueden utilizar un número relativamente significativo de piezas y pueden ser un proceso laborioso que requiere mucho tiempo. El número de piezas puede aumentar el peso del ala así como la complejidad de la construcción del ala.

20 El documento EP 1 070 661 A2 desvela un ala de material compuesto, que tiene revestimientos superiores e inferiores y una pluralidad de largueros dispuestos entre los mismos. Los largueros están formados de modo integral con los revestimientos superiores e inferiores o están unidos por adhesión a los revestimientos superiores e inferiores.

En vista de lo anterior, existe una necesidad en la técnica de una técnica de construcción de alas que use menos piezas y consuma menos tiempo.

### Sumario

25 En el primer aspecto de la invención se proporciona un método de fabricación de un ala de aeronave, el método como se define en la reivindicación 1 de las reivindicaciones adjuntas.

En un segundo aspecto se proporciona un ala como se define en la reivindicación 8.

30 Se debe entender que este Sumario se proporciona para introducir una selección de conceptos en una forma simplificada que se describen adicionalmente a continuación en la Descripción Detallada. El presente Sumario no tiene por objeto ser usado para limitar el alcance de la materia objeto reivindicada que se define por las reivindicaciones adjuntas.

35 Los aparatos y métodos proporcionan largueros de ala con varias cajas y revestimiento usando uno o más mandriles de conformación. De acuerdo con una realización de la divulgación que se proporciona en el presente documento, puede construirse un ala de aeronave aplicando una o más capas de material compuesto sobre una pluralidad de mandriles de ala. Los mandriles de ala, cuando se colocan juntos, constituyen la forma del ala. Después de que se hayan aplicado las capas de material compuesto a cada mandril individual, los mandriles se apoyan unos en otros. Se puede añadir material adicional para formar la totalidad o parte del revestimiento del ala o la parte superior y/o la parte inferior de los largueros de alas con varias cajas. Posteriormente, los mandriles se comprimen usando el  
40 instrumental de la superficie del ala aplicados a la pluralidad de mandriles de ala. En algunos ejemplos, durante la compresión del mandril, el material compuesto puede tensarse para enderezar las fibras en el material compuesto. Después se cura el material compuesto. Tras el curado se retira el instrumental de la superficie del ala y los mandriles, dando como resultado un ala que tiene largueros de ala con varias cajas y revestimientos. En caso necesario se instalan una o más costillas dentro del larguero de ala con varias cajas para proporcionar un soporte adicional.

45 De acuerdo con otra realización, un ala puede comprender varios largueros de ala con varias cajas para unir el ala al fuselaje de una aeronave. El ala puede tener una superficie superior, una superficie inferior y varios segmentos de ala. Los largueros de ala con varias cajas, la superficie superior del ala y la superficie inferior del ala pueden ser capas compuestas co-curadas o co-unidas formadas por fibras sustancialmente continuas.

50 De acuerdo con otra realización más, un sistema para formar un ala de aeronave puede incluir varios mandriles conformados según las superficies superior, inferior, anterior y posterior del ala de aeronave. El sistema puede incluir también un aparato de compresión para comprimir los diversos mandriles unos con otros para curar las capas de

material compuesto sobre los mandriles. El sistema puede incluir también un bloque de tensión para mantener la tensión en el material compuesto.

5 Las características, las funciones y las ventajas que se han tratado se pueden lograr independientemente en diversas configuraciones de la presente divulgación o pueden combinarse en otras configuraciones adicionales, cuyos detalles adicionales se pueden ver con referencia a la siguiente descripción y los dibujos.

### Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista en perspectiva superior de un mandril ejemplar que se puede usar para formar largueros de ala con varias cajas, de acuerdo con diversas configuraciones presentadas en el presente documento;

10 La Figura 2 es una vista en perspectiva superior de un mandril ejemplar que se puede usar para formar un ala que ilustra la aplicación de una hoja en diagonal con bobinado de filamento sobre el mandril, de acuerdo con diversas configuraciones presentadas en el presente documento;

La Figura 3 es una vista en perspectiva superior de un mandril ejemplar que se puede usar para formar un ala que ilustra la aplicación de una hoja unidireccional sobre el mandril, de acuerdo con diversas configuraciones presentadas en el presente documento;

15 La Figura 4 es una vista en perspectiva superior de un mandril ejemplar que se puede usar para formar un ala que ilustra un laminado acabado sobre el mandril, de acuerdo con diversas configuraciones presentadas en el presente documento;

La Figura 5 es una vista en perspectiva superior de una pluralidad de mandriles ejemplares que se pueden usar para formar un ala, de acuerdo con diversas configuraciones presentadas en el presente documento;

20 La Figura 6 es una vista en perspectiva superior de una pluralidad de mandriles ejemplares que se apoyan unos en otros, de acuerdo con diversas configuraciones presentadas en el presente documento;

La Figura 7 es una vista en perspectiva superior del herramental de la superficie del ala, antes de la compresión, de acuerdo con diversas configuraciones presentadas en el presente documento;

25 La Figura 8 es una vista en perspectiva superior del herramental de la superficie del ala, durante la compresión, de acuerdo con diversas configuraciones presentadas en el presente documento;

La Figura 9 es una vista en perspectiva superior del herramental de la superficie del ala, retirado tras el curado, de acuerdo con diversas configuraciones presentadas en el presente documento;

30 La Figura 10 es una vista en perspectiva superior de un ala que tiene largueros de ala con varias cajas y revestimiento, tras la retirada del herramental de la superficie del ala y los mandriles, de acuerdo con diversas configuraciones presentadas en el presente documento;

La Figura 11 es una vista en perspectiva superior de un ala que tiene largueros de ala con varias cajas y revestimiento, tras la retirada del herramental de la superficie del ala y los mandriles, además de ilustrar la instalación de una costilla vertical, de acuerdo con diversas configuraciones presentadas en el presente documento;

35 La Figura 12 es una vista en perspectiva superior de una sección de fuselaje con dos alas que tienen largueros de ala con varias cajas, de acuerdo con diversas configuraciones presentadas en el presente documento; y

La Figura 13 es una rutina ilustrativa para la fabricación de largueros de ala con varias cajas, de acuerdo con diversas configuraciones presentadas en la presente invención.

### Descripción detallada

40 La siguiente descripción detallada hace posible alas que tienen largueros de ala con varias cajas. Como se ha tratado brevemente con anterioridad, las alas de aeronaves convencionales se construyen normalmente usando múltiples componentes, incluyendo uno o más largueros, costillas y larguerillos de ala, cada uno de los cuales realiza una función individual. Después de que se haya construido el ala, el ala se une típicamente a una caja del ala en el fuselaje de la aeronave. En una aeronave convencional, la caja del ala es un componente estructural reforzado sobre el fuselaje de la aeronave al que se unen las alas. La construcción de ala de aeronave convencional puede ser  
45 un proceso que requiere tiempo y costoso. Además, en caso de que el ala se construya utilizando ciertos materiales, incluidos polímeros o, especialmente, materiales compuestos, las múltiples secciones del ala reducen la

disponibilidad de longitudes relativamente largas de material ininterrumpido, reduciendo la resistencia de los polímeros y/o materiales compuestos. Por ejemplo, cuando se usan termoplásticos reforzados con fibra de carbono, si la superficie contiene múltiples roturas en las fibras puede reducirse el beneficio de usar el material compuesto, ya que puede ser necesario usar estructuras o material de refuerzo adicionales para compensar la pérdida de rigidez estructural.

Utilizando los conceptos descritos en el presente documento se puede construir un ala de aeronave usando una serie de mandriles de conformación que, cuando se colocan juntos, conforman la forma del ala. Se pueden aplicar materiales compuestos u otros materiales adecuados a cada mandril de conformación y, después, se comprimen y se curan para formar un ala que tiene largueros de alas con varias cajas. En otras configuraciones, una o más capas de materiales compuestos pueden ser total o parcialmente curadas antes de la aplicación de las capas a una o más partes del mandril de conformación. En esa configuración, una o más capas parcial o totalmente curadas de material compuesto se pueden co-unir con otras capas de materiales compuestos parcial o totalmente curadas. Se debe entender además que los conceptos descritos en el presente documento relativos a un ala de aeronave pueden usarse también para otros componentes de la aeronave, tales como un estabilizador vertical u horizontal, sin apartarse del alcance de la presente divulgación y de las reivindicaciones adjuntas.

En la siguiente descripción detallada se hace referencia a los dibujos adjuntos que forman parte de la misma y que se muestran a modo de ilustración, configuraciones específicas, o ejemplos. Con referencia ahora a los dibujos, en los que los mismos números representan elementos iguales a lo largo de las diversas figuras, se describirá la fabricación de alas que tienen largueros de ala con varias cajas. Se debe entender que un larguero de ala con varias cajas construido de acuerdo con diversas configuraciones develadas en el presente documento puede tener uno o más largueros y uno o más revestimientos, sin que se limite la presente divulgación a ningún número de largueros o revestimientos.

Volviendo a la Figura 1, se ilustra una vista en perspectiva superior de un mandril ejemplar que puede usarse para conformar un ala. El mandril de conformación (o de ala) 100 puede tener una capa de superficie superior 102 que está conformada de acuerdo con una capa de superficie superior de un ala de aeronave (mostrada a modo de ejemplo en la Figura 12). El mandril de conformación (o de ala) 100 puede también tener una capa de superficie inferior 104 que está conformada de acuerdo con una capa de superficie inferior de un ala de aeronave. La capa de superficie superior 102 y la capa de superficie inferior 104 pueden conformarse de manera que, cuando una o más capas de material compuesto, tal como termoplástico reforzado con fibra de carbono, se aplican al mandril 100, la forma resultante tiene la forma de un ala de aeronave. Además, la capa de superficie superior 102 y la capa de superficie inferior 104 pueden conformarse de manera que las dobleces o roturas en las fibras del material compuesto sean escasas o nulas, proporcionando una mayor rigidez del material compuesto. El mandril de conformación (o de ala) 100 puede también tener una capa de superficie anterior y una capa de superficie posterior con uno o más de una pluralidad de mandriles.

Tal y como se describirá con mayor detalle más adelante, cuando se conforma una estructura usando materiales compuestos, es típicamente preferible no solo evitar dobleces o roturas innecesarias en el material, sino también mantener la rectitud de las fibras que recorren una o más porciones del material. En materiales compuestos típicos, puede ser preferible tener fibras enderezadas en la matriz de material compuesto. Se debe entender que la presente divulgación no se limita al uso de fibras enderezadas en una matriz compuesta. Se pueden implementar varias configuraciones de la presente divulgación en la construcción de alas que tienen matrices compuestas usando fibras curvadas o rectas o combinaciones de las mismas.

Si se desea o es necesario enderezar las fibras en una matriz de fibras compuestas antes del curado, el mandril 100 también puede tener bloques de tensión 106 y 108. Los bloques de tensión 106 y 108 se pueden usar por separado o conjuntamente el uno con el otro para "tirar" de las fibras de una matriz compuesta, proporcionando así una matriz de fibras enderezadas. En algunas configuraciones, las fibras en una matriz compuesta (descrita con más detalle a continuación) pueden estar unidas a uno o ambos de los bloques de tensión 106 y 108 o pueden estar formadas alrededor de los bloques de tensión 106 y/o 108. Los bloques de tensión 106 y 108 pueden estar configurados para extenderse hacia fuera del mandril 100 a diversas presiones para proporcionar una tensión sobre las fibras en la matriz de fibras.

Una configuración de la construcción de la matriz de fibras, como se ha tratado brevemente con anterioridad, y la conformación de un ala que tiene largueros de ala con varias cajas se describe a continuación con relación a las Figuras 2-12. En la FIG. 2, una primera capa de hoja en diagonal con bobinado de filamento 200 (ilustrada en un patrón de rayas cruzadas sobre la superficie del mandril 100) se envuelve sobre o se aplica en el mandril 100. Si se necesita o se desea, la hoja en diagonal con bobinado de filamento 200 puede tener una tensión aplicada a la misma, usando el bloque de tensión 106 y/o el bloque de tensión 108 para ayudar a enderezar las fibras en la hoja en diagonal con bobinado de filamento 200.

Después de aplicar la hoja en diagonal con bobinado de filamento 200 al mandril 100 se aplica la capa de hoja unidireccional, tal y como se muestra en la Figura 3. La capa de hoja unidireccional 300 se aplica al mandril 100 y

5 puede apretarse usando el bloque de tensión 106 y/o el bloque de tensión 108. Se debe entender que la presente divulgación no se limita a ninguna configuración específica de hoja en diagonal u hoja unidireccional. Por ejemplo, se pueden añadir una o más capas de una capa de hoja en diagonal antes de la adición de una capa de hoja unidireccional. De la misma manera, se pueden añadir una o más capas de hoja unidireccional entre las aplicaciones de la una o más capas de hoja en diagonal.

Además, se debe entender que la presente divulgación no se limita a ningún número de capas de cualquiera de los tipos de capas, ya que se pueden utilizar varias combinaciones para conseguir los objetivos estructurales o de coste. Por ejemplo, y no a modo de limitación, puede ser deseable o necesario añadir suficientes capas de hoja en diagonal con bobinado y/u hoja unidireccional para conseguir un espesor de ala o una rigidez estructural deseada. Adicionalmente, se debe entender que la presente divulgación no se limita a una capa que tiene un único tipo de hoja, ya que algunas configuraciones pueden utilizar una combinación de hoja en diagonal y unidireccional en la misma capa. Varias combinaciones se pueden utilizar según varias configuraciones sin apartarse del alcance de la presente divulgación y de las reivindicaciones adjuntas.

15 La Figura 4 ilustra una matriz compuesta 400 completada sobre el mandril 100. La matriz compuesta 400 se puede conformar usando diversas técnicas de estratificación y aplicación, tales como, a modo de ejemplo, el método descrito con anterioridad con relación a las Figuras 2 y 3.

La Figura 5 es una vista en perspectiva superior de una serie de mandriles que tienen matrices compuestas totalmente conformadas aplicadas sobre los mismos. El aparato de mandril 500 tiene mandriles individuales 500a-d. Los mandriles 500a-d tienen dispuestos sobre los mismos una matriz compuesta 502, que tiene matrices compuestas individuales 502a-d. La matriz compuesta 502 puede estar formada a partir de una o más capas, varias combinaciones de hojas y puede estar total o parcialmente no curada en este punto. Como se ilustra en la FIG. 5, se puede ver la forma general de un ala de aeronave cuando se observa el aparato de mandril 500.

De acuerdo con diversas configuraciones, después de que la matriz compuesta 502 se haya aplicado al aparato de mandril 500, los mandriles 500a-d se apoyan unos en otros, tal y como se muestra en la Figura 6. Mandriles individuales (ilustrados a modo de ejemplo como mandriles 500a-d en la Figura 5) se apoyan unos en otros para formar un laminado contiguo de larguero de ala con varias cajas, que tiene una matriz compuesta 502, que se forma a partir de múltiples matrices compuestas (ilustradas a modo de ejemplo como matrices compuestas 502a-d en la Figura 5).

30 Para curar parcial o totalmente y formar la configuración de larguero de ala con varias cajas de acuerdo con diversas configuraciones de la presente divulgación puede usarse un sistema de curado. Como se trató con anterioridad, una o más capas de material compuesto pueden curarse total o parcialmente antes de su uso en un mandril de conformación. En esa configuración, las capas compuestas curadas parcial o totalmente se pueden co-unir a otras capas compuestas curadas parcial o totalmente usando una o más capas de adhesivo para asegurar las capas de material compuesto dentro de una matriz compuesta. En la Figura 7 se muestra un ejemplo de un sistema para formar largueros de ala con varias cajas. Después de que los mandriles individuales que forman el aparato de mandril 500 se hayan apoyado unos en otros, formando así la matriz compuesta 502 a partir de una serie de matrices compuestas individuales, se puede aplicar una serie de herramientas de superficie a las diversas superficies del aparato de mandril 500. Se debe entender que se puede añadir material adicional a lo largo de la superficie del larguero, después de que los mandriles que forman el aparato de mandril 500 se hayan apoyado unos en otros. El material adicional se puede usar para formar el revestimiento del ala, reforzar el material compuesto ya en su sitio o para proporcionar varias propiedades aerodinámicas o físicas, a modo de ejemplo.

45 Se conocen por los expertos en la materia diversos procesos para la adición de la hoja en diagonal y la hoja unidireccional adicionales, para los que las diversas configuraciones desveladas en el presente documento no son dependientes de ningún método particular de aplicación de materiales compuestos. En una configuración, un revestimiento del ala superior curable, un revestimiento del ala inferior curable, un borde de ataque de ala curable y un borde de salida de ala curable se pueden aplicar (o depositar) después de que se hayan añadido las hojas iniciales a la matriz compuesta 502, antes de la aplicación de herramientas de superficie a la matriz compuesta 502.

El aparato de compresión 504 tiene una herramienta de superficie de revestimiento anterior 506, una herramienta de superficie de revestimiento inferior 508, una herramienta de superficie de revestimiento posterior 510 y una herramienta de superficie de revestimiento superior 512. Se debe entender además que no todo el material añadido es material "curable", puesto que se puede añadir material no curable a la matriz compuesta 502. Las herramientas de superficie 506, 508, 510 y 512 se comprimen individual o colectivamente, aplicando así presión, sobre las superficies respectivas del aparato de mandril 500 para ayudar a conformar y curar la matriz compuesta 502. En algunas configuraciones, el elemento de calentamiento 514 se puede aplicar a una o más de las herramientas de superficie 506-512. La combinación de presión y calor puede curar completa o parcialmente la matriz compuesta 502 en una cantidad deseada de tiempo o puede proporcionar rigidez estructural adicional. El elemento de calentamiento 514 puede usar diversos medios para aplicar calor a la matriz compuesta 502, incluyendo vapor y corriente eléctrica. La Figura 8 ilustra el aparato de compresión 504 en un estado comprimido, con el aparato de mandril 500 mostrado

fuera del aparato de compresión 504.

Una vez que la matriz compuesta 502 se ha curado hasta un nivel deseado, se retira el aparato de compresión 504, ilustrado con mayor detalle en la Figura 9. Las herramientas de superficie 506, 508, 510 y 512 del aparato de compresión 504 se retiran de la superficie de la matriz compuesta 502 ahora curada y los mandriles individuales del aparato de mandril 500 se extraen de la matriz compuesta 502. La estructura resultante se ilustra en la Figura 10. Se debe entender que la presente divulgación no se limita a la matriz compuesta 502 de curado completo, dado que en algunas configuraciones puede ser deseable o necesario retirar los mecanismos de curado (por ejemplo, el aparato de compresión 504 o el elemento de calentamiento 514) antes de que la matriz compuesta 502 se haya curado por completo. Se pueden utilizar diversos grados de curado de acuerdo con diversas configuraciones de la presente divulgación sin apartarse del alcance de la presente divulgación y de las reivindicaciones adjuntas.

La Figura 10 es una ilustración en perspectiva superior que muestra la matriz compuesta 502 con un larguero de ala con varias cajas. Mediante el uso de materiales compuestos formados sobre mandriles apoyados, la matriz compuesta 502 tiene dispuesta en su interior largueros 600a-e que se extienden internamente a la matriz compuesta 502 a lo largo del eje X-Y, formando así largueros de ala con varias cajas. Mediante el uso del aparato de mandril, tal como el aparato de mandril 500 de la Figura 7, se puede ver que la matriz compuesta 502 puede estar formada con fibras dispuestas en la misma que pueden estar enderezadas y no cortadas (o terminadas de manera indeseable). Tras el curado, la matriz compuesta 502 se puede considerar una estructura contigua singular. Si es deseable o necesario reforzar adicionalmente la matriz compuesta 502, una o más costillas (o segmentos de costilla) se pueden instalar en la matriz compuesta 502, uno de cuyos ejemplos se muestra mediante la costilla 700 en la Figura 11.

Además, utilizando los conceptos descritos en el presente documento, un ala conformada de acuerdo con diversas configuraciones desvelada en el presente documento se puede acoplar a una sección de fuselaje de una aeronave sin necesidad de una caja de ala convencional. Se describen técnicas ejemplares en la solicitud de patente relacionada (13/685024) titulada "Vertically Integrated Stringers," presentada el 26 de noviembre de 2012. La Figura 12 ilustra una configuración de este tipo en la que un ala conformada de acuerdo con las técnicas descritas en el presente documento se fija a un fuselaje sin el uso de una caja de ala tradicional. Se debe entender que los conceptos presentados en el presente documento también se pueden utilizar para conformar un ala de acuerdo con las técnicas descritas en el presente documento para unirse a una caja de ala tradicional.

Las matrices compuestas 800 y 802, que están construidas de acuerdo con diversas configuraciones desveladas en el presente documento, tienen múltiples largueros de ala que se pueden acoplar a la sección de fuselaje 804. Se debe entender que las matrices compuestas 800 y 802 se pueden conformar de diversas formas con diversas características, cuya presente divulgación no se limita a ninguna configuración particular. El larguero 806 de ala ejemplar se identifica en la Figura 12 por razones de claridad, a pesar de que se debe entender que las matrices compuestas 800 y 802 pueden tener largueros de ala adicionales. El larguero 806 de ala ejemplar puede tener una abertura elíptica 808.

Dependiendo del desplazamiento angular entre las matrices compuestas 800/802 y la sección de fuselaje 804, la abertura elíptica 808 puede variar en circunferencia y forma, es decir, los focos de abertura elíptica 808 así como los radios pueden cambiar. Por ejemplo, en una aeronave de perfil de ala recta en la que el larguero 806 se puede fijar a la sección de fuselaje 804 en un ángulo de aproximadamente 90 grados, la abertura elíptica 808 puede ser circular. En otro ejemplo, como el ilustrado en la Figura 12, el larguero 806 se puede unir a la sección de fuselaje 804 en un perfil de alas en flecha. De este modo, la abertura elíptica 808 puede ser de forma más ovalada con el fin de proporcionar espacio interior en la aeronave y unirse circunferencialmente al fuselaje. Uno o más larguerillos de fuselaje circunferenciales, tales como larguerillos desvelados en la solicitud relacionada titulada "Vertically Integrated Stringers" e identificados como larguerillos circunferenciales 810, pueden proporcionar soporte estructural adicional a la sección de fuselaje 804. Los largueros de alas con varias cajas formados por matrices compuestas 800 y/o 802 se pueden unir a una o más vigas de un fuselaje de aeronave, tal como la sección de viga de corona 812. Debe entenderse que los fuselajes pueden tener uno o más tipos de vigas que incluyen, pero sin limitación, viga de corona 812 o viga de quilla (no mostrada).

La Figura 12 ilustra también las diversas secciones de un ala que se pueden conformar usando diversas configuraciones desveladas en el presente documento. La matriz compuesta 802 se ilustra teniendo un borde de ataque de ala 814, un borde de salida de ala 816, una capa de superficie superior 818 y una capa de superficie inferior 820. Uno o más del borde de ataque de ala 814, del borde de salida de ala 816, de la capa de superficie superior 818 y de la capa de superficie inferior 820 se pueden curar o unir de acuerdo con diversas configuraciones desveladas en el presente documento. Además, uno o más del borde de ataque de ala 814, del borde de salida de ala 816, de la capa de superficie superior 818 y de la capa de superficie inferior 820 se pueden conformar por separado de los demás y unirse posteriormente. En algunas configuraciones, el borde de ataque de ala 814 y/o el borde de salida de ala 816 se pueden conformar con la capa de superficie superior 818 y/o la capa de superficie inferior 820. De este modo, en un aparato de compresión, tal como el aparato de compresión 504 de la Figura 7, el borde de ataque de ala 814 puede ser un revestimiento anterior formado usando la herramienta de superficie de revestimiento anterior 506 de la Figura 7 y el borde de salida de ala 816 puede ser una superficie de revestimiento

posterior formada usando la herramienta de superficie de revestimiento posterior 510.

Abordando ahora la Figura 13, se describe con detalle una rutina ilustrativa 900 para construir largueros de ala con varias cajas. Salvo que se indique otra cosa, debe entenderse que se pueden realizar más o menos operaciones que las mostradas en las figuras y descritas en el presente documento. Adicionalmente, salvo que se indique otra cosa, estas operaciones también pueden llevarse a cabo en un orden diferente al que se describe en el presente documento.

La rutina 900 comienza en la operación 902, en la que se aplican una o más hojas en diagonal y/o unidireccionales a una serie de mandriles de conformación. En algunas configuraciones, las fibras en las hojas en diagonal y/o unidireccionales se pueden apretar mediante el uso de uno o más bloques de tensión sobre el mandril. Desde la operación 902, la rutina 900 continúa con la operación 904, por lo que los mandriles de conformación se apoyan unos en otros para crear un laminado de larguero de ala con varias cajas. En algunas configuraciones, el laminado de larguero de ala con varias cajas comprende una matriz compuesta conformada a partir de una o más capas de las hojas en diagonal y/o unidireccionales. Como se ha indicado anteriormente, se pueden añadir hojas adicionales en diversas etapas del proceso de conformación.

Desde la operación 904, la rutina 900 continúa con la decisión 906, donde se hace una determinación de si se deben añadir capas adicionales de hoja unidireccional u hoja en diagonal antes del curado de la matriz compuesta. En una configuración, puede ser deseable conformar y curar conjuntamente los largueros de ala con varias cajas y una o más porciones del revestimiento del ala. En otra configuración, un espesor de ala o rigidez estructural deseada puede requerir que se añadan hojas adicionales. Si la determinación 906 es que se deben añadir capas de hojas adicionales, la rutina 900 continúa con la operación 908, donde las capas adicionales se aplican al laminado.

Si se determinó 906 que no se deben aplicar capas adicionales al laminado 908, o después de que se hayan aplicado las capas adicionales al laminado 908, la rutina 900 continúa con la operación 910, por lo que se aplica (se apoya) el instrumental de superficie en las diversas superficies de la matriz compuesta. El instrumental de superficie, en algunas configuraciones, puede cumplir diversas funciones. Por ejemplo, el instrumental de superficie puede tener una o más superficies configuradas para crear ciertas formas en la superficie de la matriz compuesta. El instrumental de superficie también se puede usar para aplicar presión y/o calor a una matriz compuesta para curar la matriz compuesta así como, en algunos ejemplos, para la eliminación de volumen de la matriz compuesta durante el laminado.

Desde la operación 910, la rutina 900 continúa con la operación 912, por lo que el instrumental de superficie se presiona sobre la matriz compuesta para el procedimiento de curado. En algunas configuraciones, puede ser deseable, además de la presión, aplicar calor a una o más herramientas de superficie, calentando diversas superficies de la matriz compuesta. De este modo, la operación 912 puede incluir también una operación de calentamiento.

Desde la operación 912, la rutina 900 continúa con la operación 914, por lo que se cura la matriz compuesta en el laminado de larguero de ala con varias cajas. En algunas configuraciones adicionales puede ser deseable, en la operación 912 y/u operación 914, aplicar tensión a las hojas dentro de la matriz compuesta desde uno o ambos extremos de la matriz compuesta para reducir la cantidad de arrugas de las fibras dentro de la matriz compuesta e incrementar la rectitud de las fibras dentro de la matriz compuesta. Una vez que se ha completado el ciclo de curado, la rutina 900 continúa con la operación 916, por lo que el instrumental de superficie (y calor) se retira de la matriz compuesta. Además, los mandriles se extraen de la matriz compuesta, conformando secciones de ala que tienen largueros de ala con varias cajas.

Con base en lo anterior, debe entenderse que en el presente documento se han presentado tecnologías para construir secciones de ala que tienen largueros de ala con varias cajas. La materia objeto descrita anteriormente se proporciona solo a modo de ilustración y no debe interpretarse como limitativa. Se pueden realizar diversas modificaciones y cambios a la materia objeto descrita en el presente documento sin seguir los ejemplos de las configuraciones y aplicaciones ilustradas y descritas, y sin apartarse del verdadero alcance de la presente divulgación, que se expone en las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para fabricar un ala de aeronave, que comprende:

aplicar hojas sobre cada uno de una pluralidad de mandriles de ala separados (100);

5 apoyar la pluralidad de mandriles de ala separados (100) unos en otros para crear un laminado de larguero de ala con varias cajas; apoyar una pluralidad de herramientales de superficie de ala al laminado de larguero de ala con varias cajas;

comprimir la pluralidad de herramientales de superficie de ala para aplicar presión al laminado de larguero de ala con varias cajas; y

10 curar el laminado de larguero de ala con varias cajas para conformar el ala de aeronave que tiene una pluralidad de largueros de ala con varias cajas;

caracterizado por que:

15 las hojas comprenden una pluralidad de hojas en diagonal con bobinado de filamento (200) y hojas unidireccionales (300); y la compresión de la pluralidad de herramientales de superficie de ala comprende además aplicar tensión a la pluralidad de hojas en diagonal con bobinado de filamento (200) y hojas unidireccionales (300) para minimizar el arrugado de una pluralidad de fibras en su interior.

2. El método de la reivindicación 1, en el que el curado del laminado de larguero de ala con varias cajas comprende además aplicar calor al laminado de larguero de ala con varias cajas.

3. El método de cualquier reivindicación precedente, que comprende además la retirada de cada uno de la pluralidad de mandriles de ala separados (100) después de curar el laminado de larguero de ala con varias cajas.

20 4. El método de cualquier reivindicación precedente, en el que aplicar la pluralidad de hojas en diagonal con bobinado de filamento (200) y hojas unidireccionales (300) comprende añadir suficientes capas de hoja en diagonal con bobinado (200) u hoja unidireccional (300) para conseguir un grosor o rigidez estructural del ala deseados.

5. El método de cualquier reivindicación precedente, que comprende además:

25 colocar un revestimiento de ala superior curable y un revestimiento de ala inferior curable después de aplicar la pluralidad de hojas en diagonal con bobinado de filamento (200) y hojas unidireccionales (300), en el que el curado del laminado de larguero de ala con varias cajas co-cura el laminado de larguero de ala con varias cajas, el revestimiento de ala superior y el revestimiento de ala inferior; e

instalar una pluralidad de segmentos de costillas (700) tras curar el laminado de larguero de ala con varias cajas.

30 6. El método de cualquier reivindicación precedente, que comprende además instalar un borde de ataque de ala (814) o un borde de salida de ala (816) después de curar el laminado de larguero de ala con varias cajas.

35 7. El método de cualquier reivindicación precedente, que comprende además colocar un borde de ataque de ala (814) curable y un borde de salida de ala (816) curable después de aplicar la pluralidad de hojas en diagonal con bobinado de filamento (200) y hojas unidireccionales (300), en el que el curado del laminado de larguero de ala con varias cajas co-cura el laminado de larguero de ala con varias cajas, el borde de ataque de ala (814) y el borde de salida de ala (816).

8. Un ala, que comprende:

una pluralidad de largueros de ala con varias cajas (600) dispuestos para ser fijados a al menos una viga (por ejemplo 812) de un fuselaje de aeronave;

una superficie de ala superior; y

40 una superficie de ala inferior;

en donde la pluralidad de largueros de ala están dispuestos para apoyarse unos en otros para conformar un laminado de larguero de ala con varias cajas; y



caracterizada por que:

la pluralidad de largueros de ala con varias cajas, la superficie de ala superior y la superficie de ala inferior son capas compuestas que comprenden fibras sustancialmente continuas, en donde las fibras de los largueros de ala con varias cajas están bajo tensión.

- 5 9. El ala de la reivindicación 8, en donde el ala comprende además una pluralidad de costillas (700) dispuestas dentro de la pluralidad de largueros de ala con varias cajas.
10. El ala de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 9, en donde el ala comprende además un borde de ataque de ala (814) y un borde de salida de ala (816) que comprenden capas compuestas co-curadas con la pluralidad de largueros de ala con varias cajas (600), la superficie de ala superior y la superficie de ala inferior.
- 10 11. El ala de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en donde al menos uno de los largueros de ala con varias cajas (600) comprende una abertura elíptica (808) sustancialmente en el plano de una pared apoyada del al menos uno de los largueros de ala; en donde una superficie exterior de la abertura elíptica (808) está próxima a una superficie interior del fuselaje de la aeronave donde se dispone la pluralidad de largueros de ala con varias cajas para su unión; y en donde los focos de la abertura elíptica (808) se disponen para proporcionar un desplazamiento angular entre el fuselaje de la aeronave y el ala, en donde el desplazamiento angular proporciona un perfil de ala recta o de alas en flecha.
- 15 12. El ala de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, en la que al menos uno de la pluralidad de largueros de ala con varias cajas (600) se fija a al menos uno de una pluralidad de largueros de ala con varias cajas (600) de una segunda ala.
- 20 13. El ala de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, que comprende además un revestimiento del ala co-curado con la pluralidad de largueros de ala con varias cajas (600).
14. El ala de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13, en la que las capas compuestas que comprenden fibras sustancialmente continuas son capas compuestas co-curadas o co-unidas.

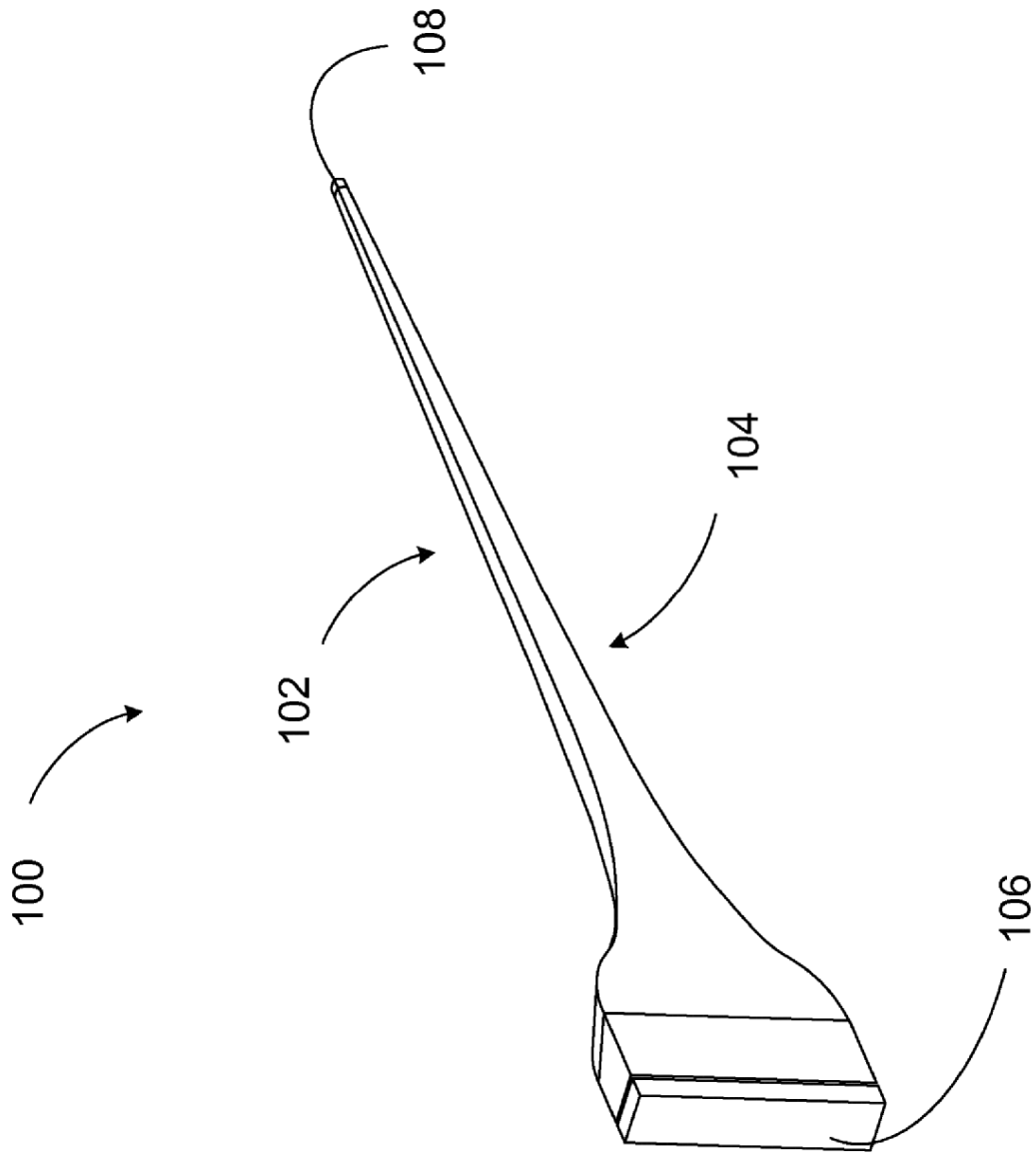


FIG. 1

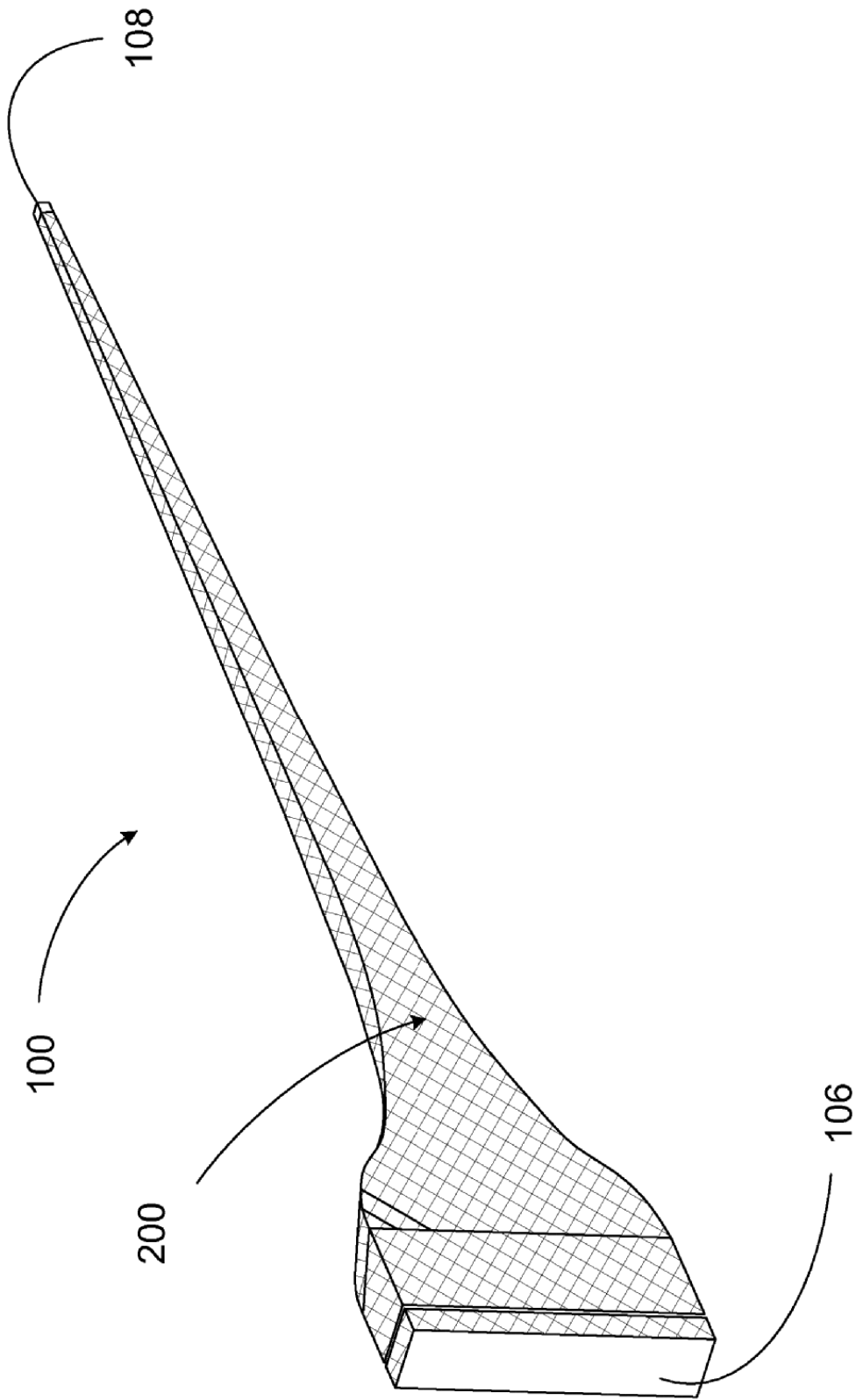


FIG. 2

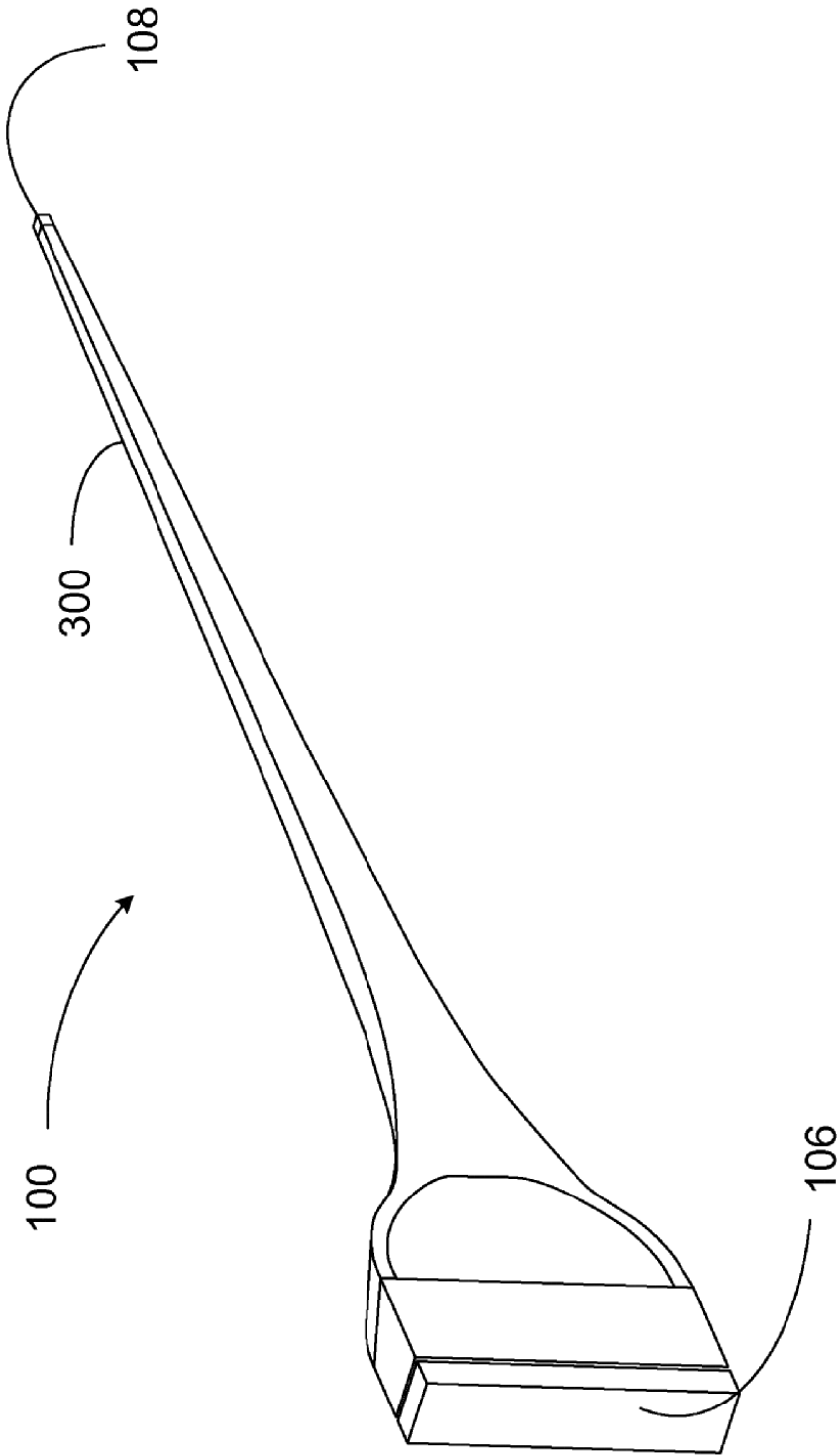


FIG. 3

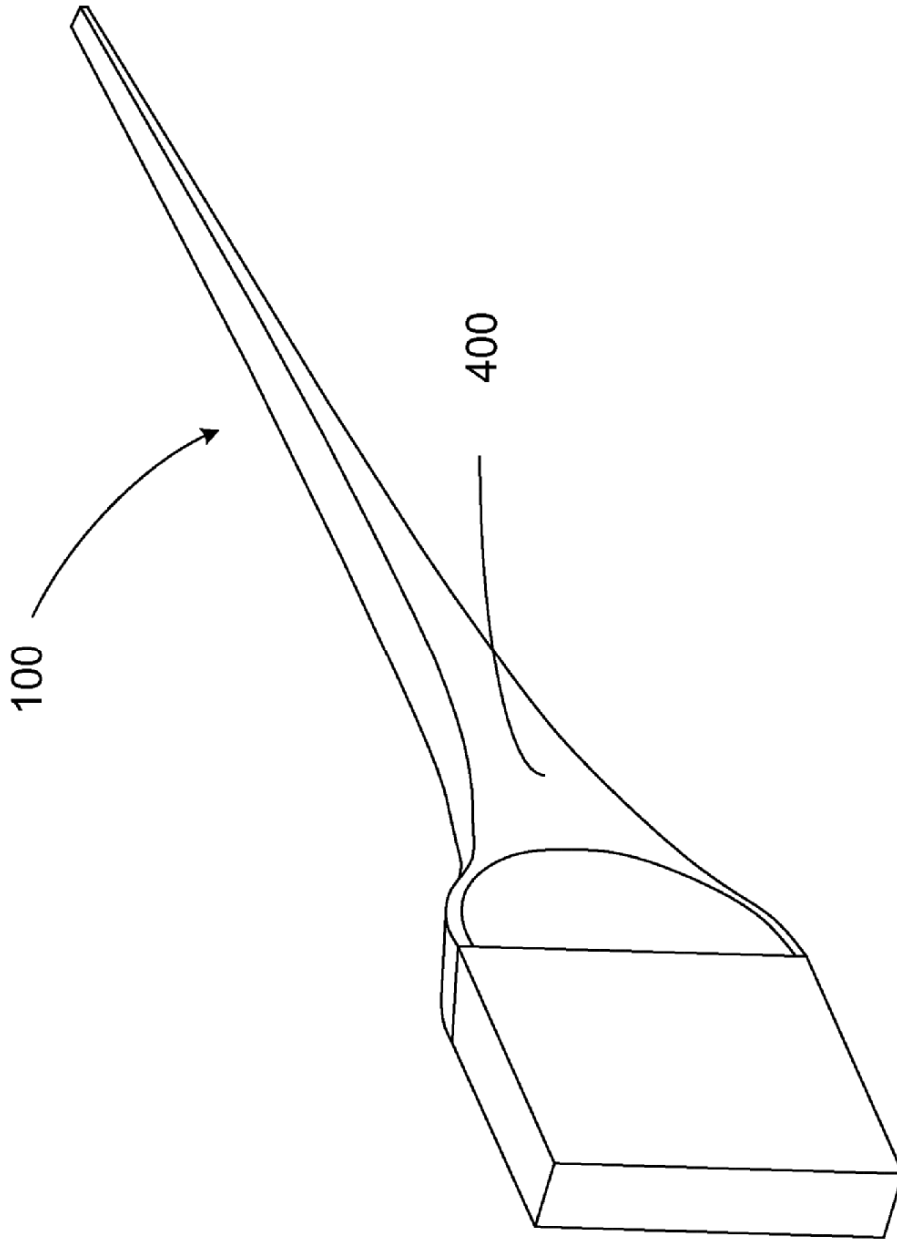


FIG. 4

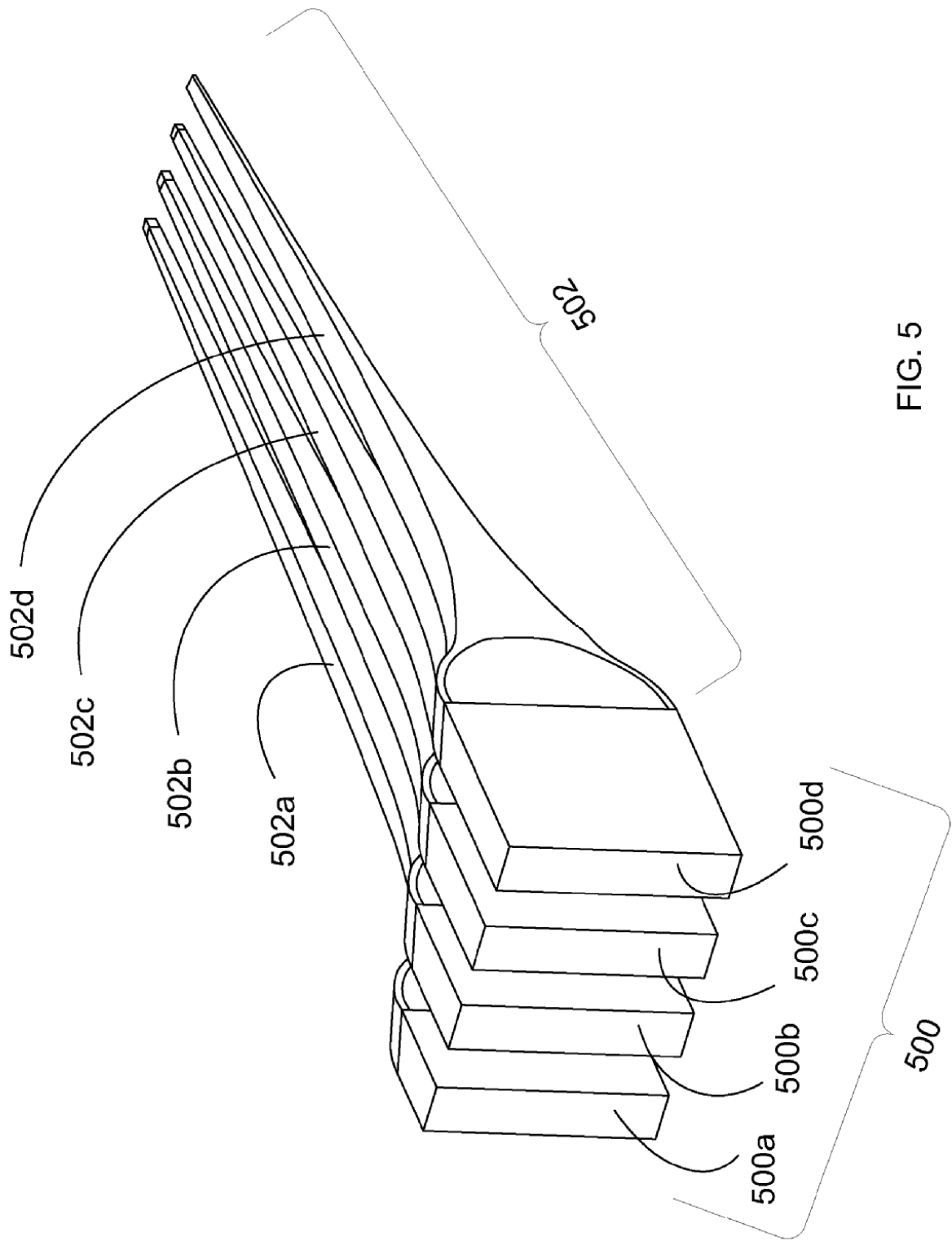


FIG. 5

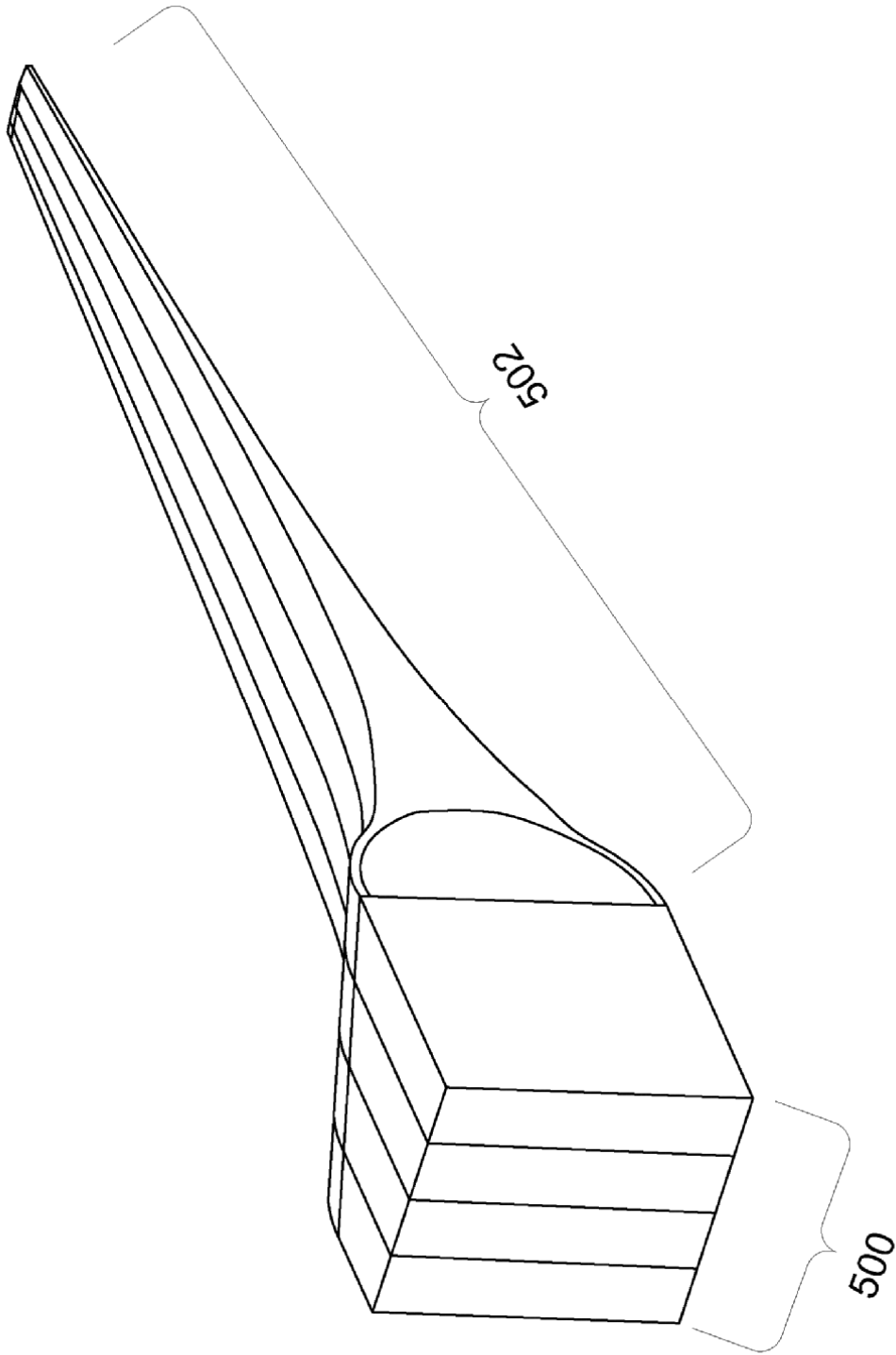


FIG. 6

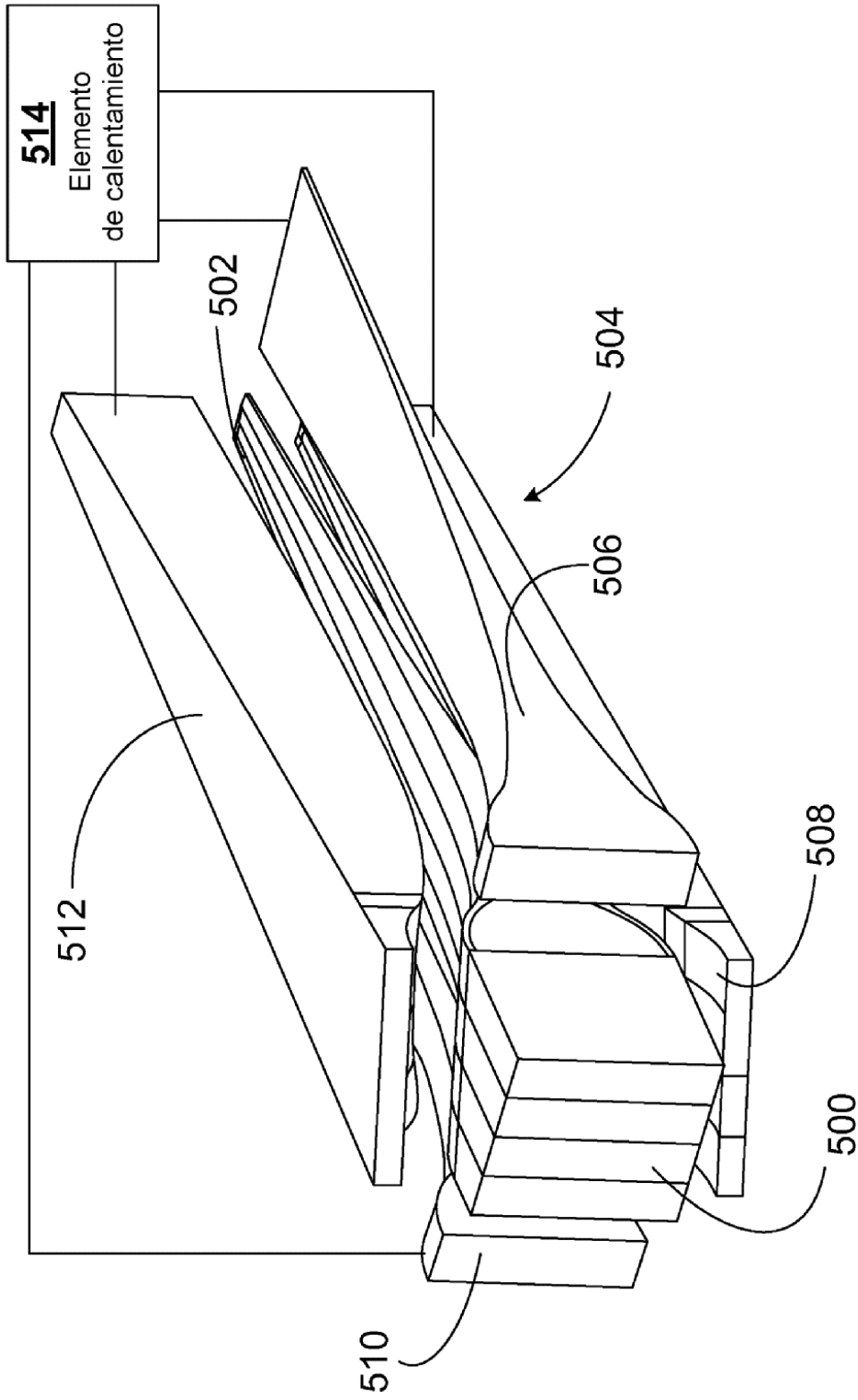


FIG. 7



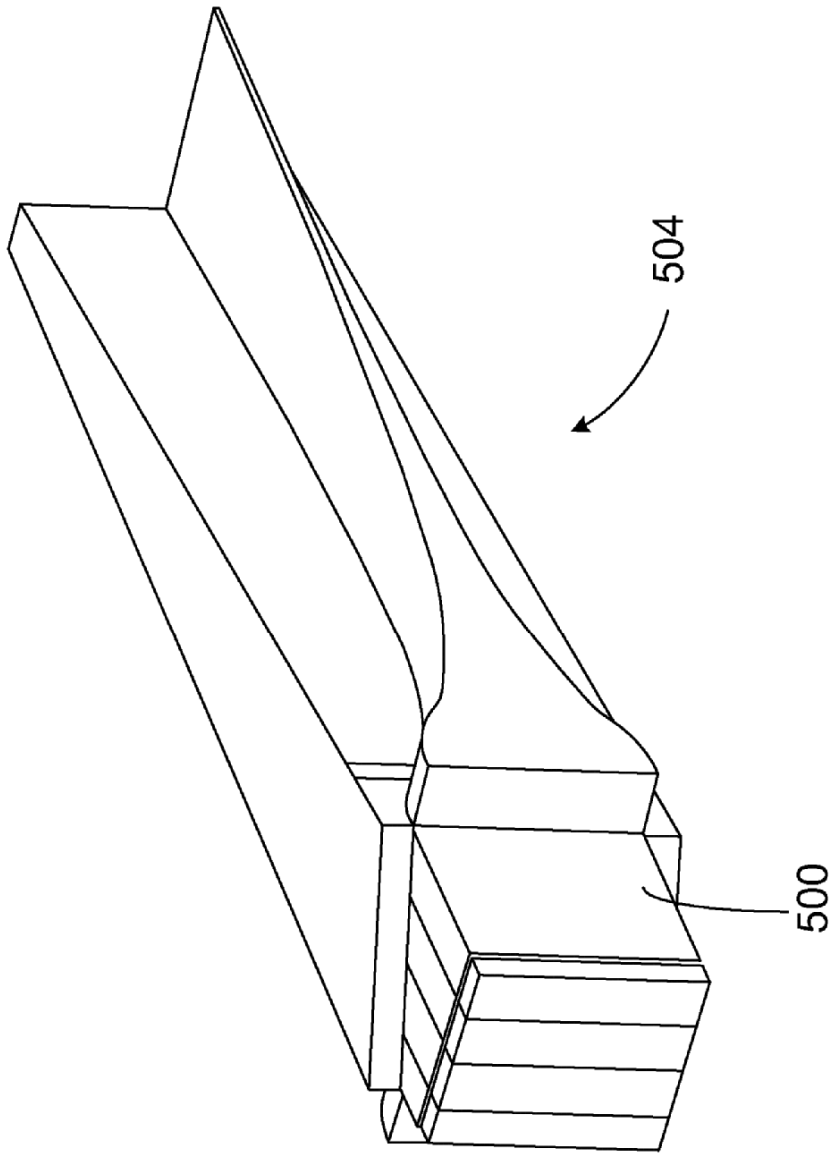


FIG. 8

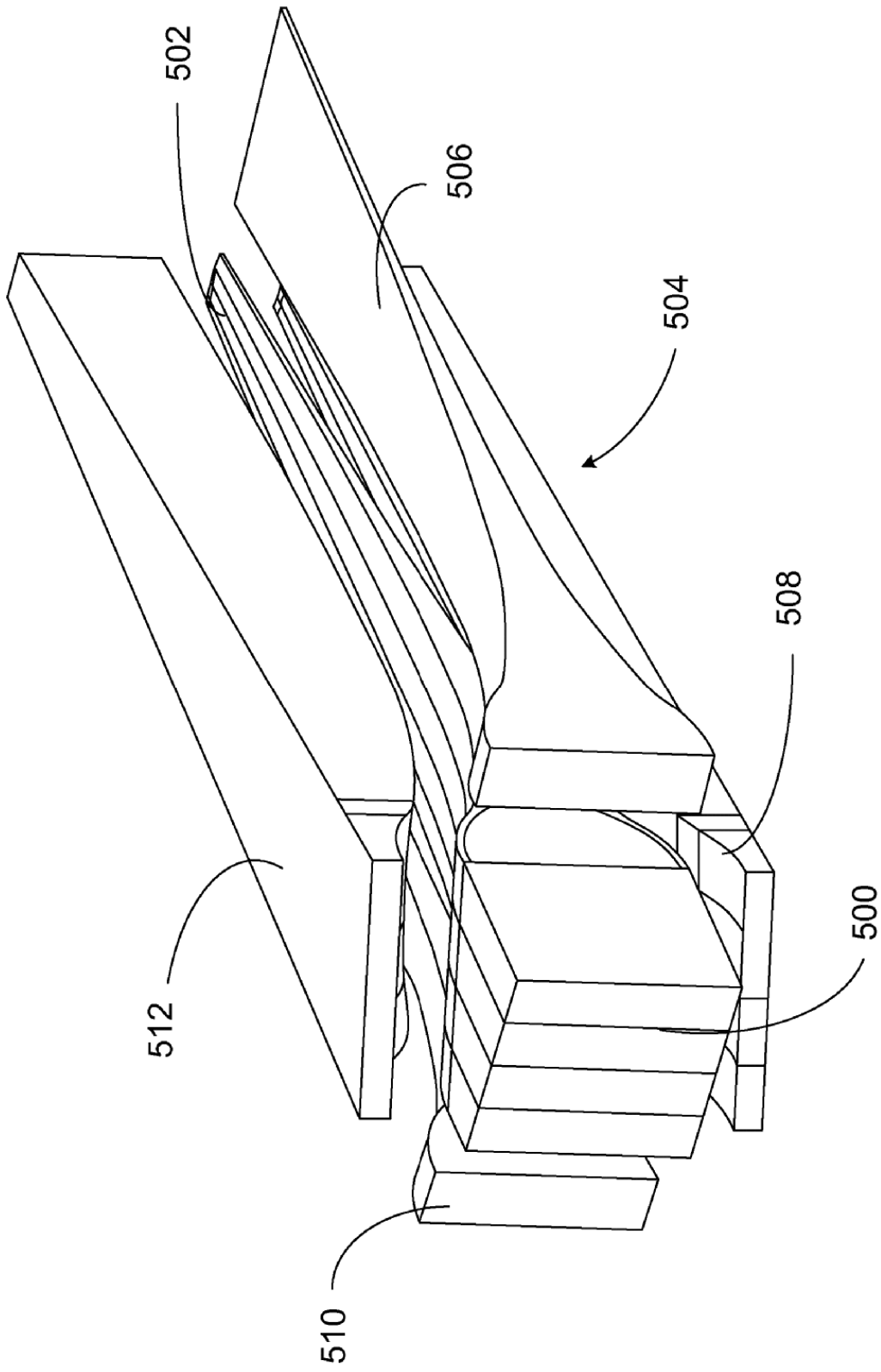


FIG. 9

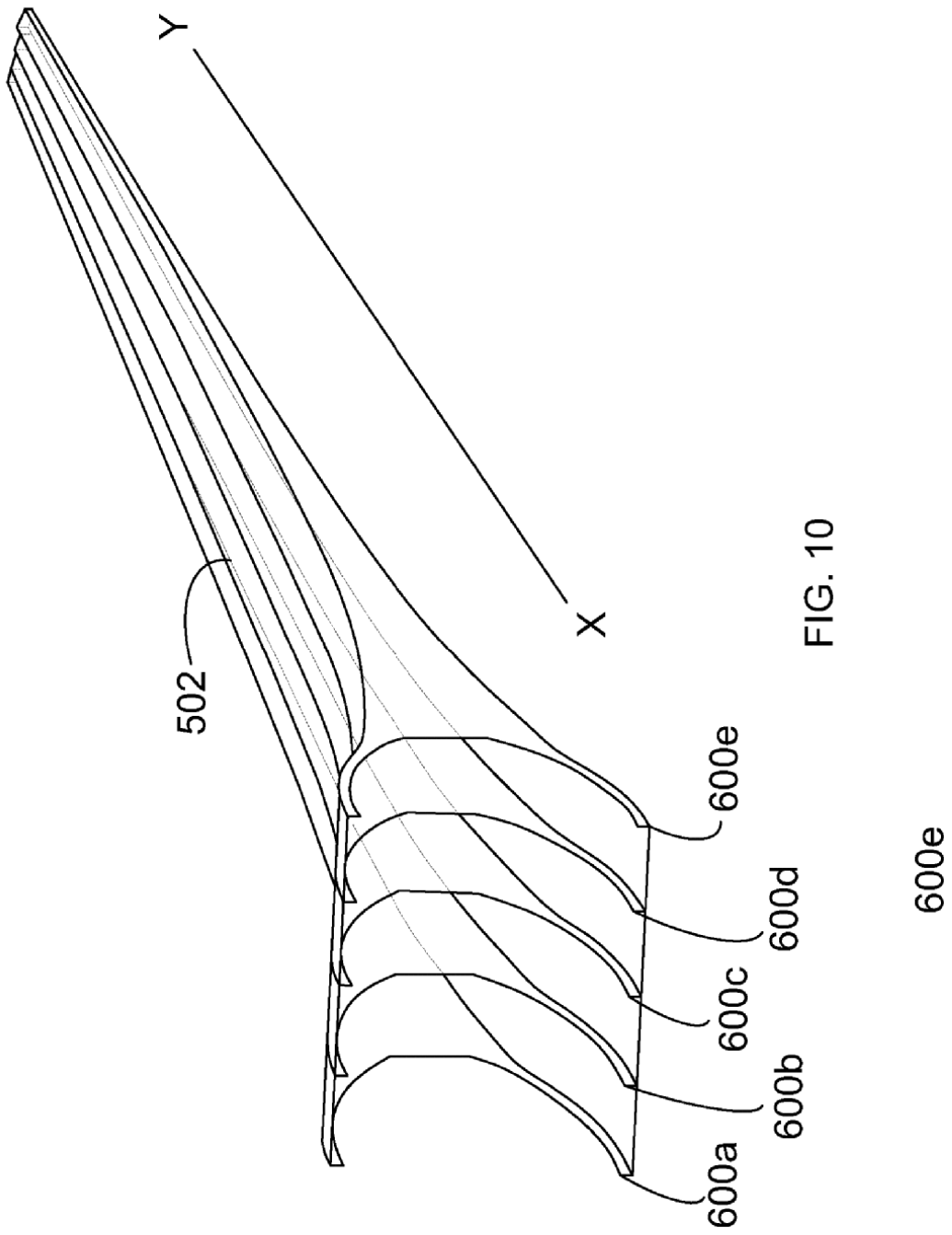


FIG. 10

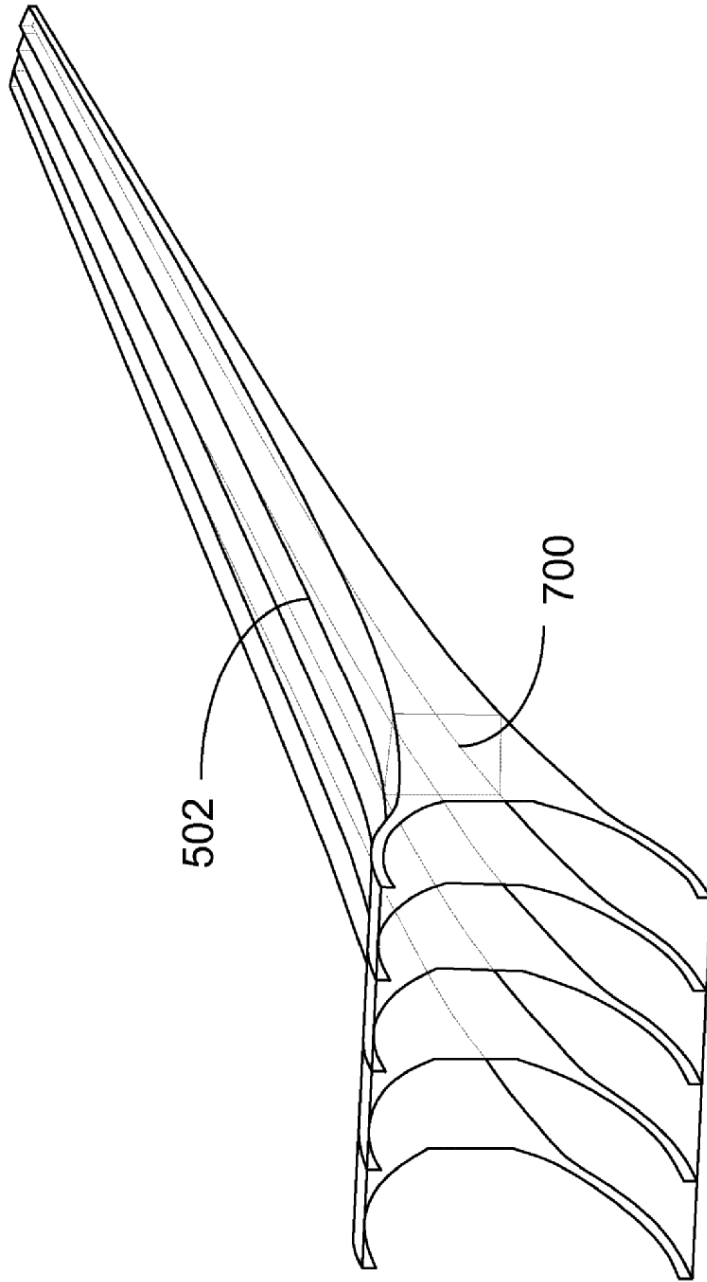


FIG. 11

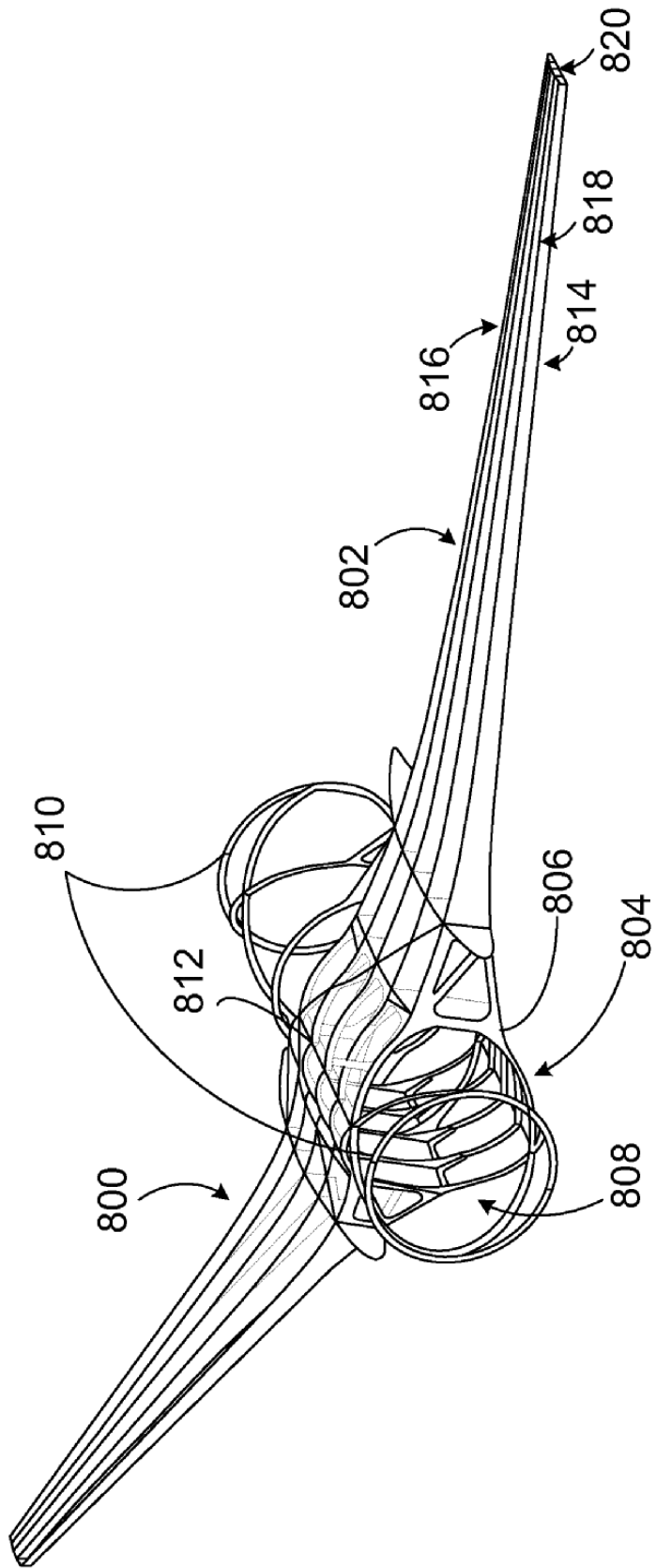


FIG. 12

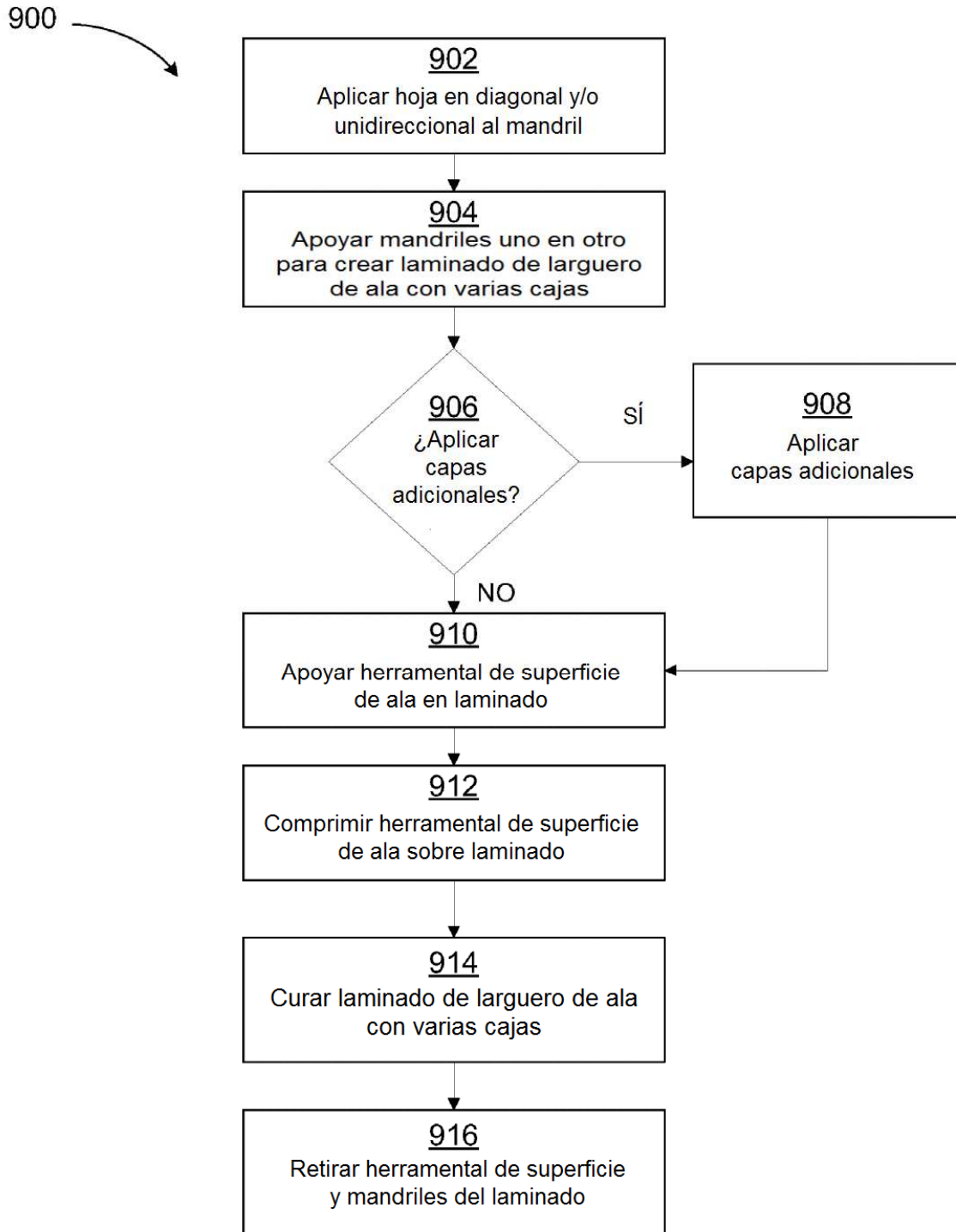


FIG. 13