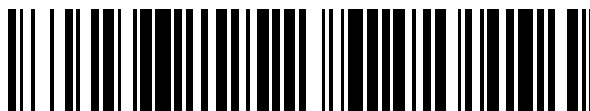


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 723 785**

51 Int. Cl.:

B64C 11/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.11.2012** **E 12191406 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.02.2019** **EP 2597033**

54 Título: **Larguero de hélice de material compuesto**

30 Prioridad:

23.11.2011 US 201113303269

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

02.09.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

MOSELAGE, III, JOHN HENRY

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 723 785 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 hélice de material compuesto

Información de antecedentes

Campo:

- 5 La presente divulgación se relaciona en general con vehículos y, en particular, con palas usadas en vehículos. Aún más particularmente, la presente divulgación se relaciona con palas de hélice de materiales compuestos.

Antecedentes:

- 10 Una hélice es una estructura mecánica que convierte el movimiento de rotación en empuje. Con una hélice, se puede producir una diferencia de presión entre las superficies delanteras y posteriores de una pala con forma aerodinámica. Como resultado, un fluido en el cual se encuentra la hélice puede acelerarse detrás de la pala. Este fluido puede ser aire o agua.

- 15 Con la aeronave, las hélices convierten el movimiento giratorio generado por los motores de la aeronave para proporcionar la fuerza necesaria para mover la aeronave. Las hélices pueden estar hechas de muchos tipos diferentes de materiales. Las hélices se han hecho de materiales, tales como madera y metal. Las hélices actuales pueden emplear materiales compuestos. Cuando las palas para una hélice están hechas de materiales compuestos, la hélice puede ser más liviana, más fuerte y más rígida que una hélice similar hecha de metal.

Las características de los materiales compuestos que proporcionan estructuras más ligeras, más fuertes y más rígidas, sin embargo, pueden incluir desafíos adicionales.

- 20 Por ejemplo, la conexión de una pala a un conjunto con forma de repartidor para una hélice con sujetadores puede proporcionar desafíos. En este sentido, la carga en los lugares en los cuales se usan los sujetadores puede proporcionar puntos en los cuales las vibraciones pueden generar inconsistencias. Como resultado, la vida útil de la hélice puede acortarse significativamente.

Una solución consiste en formar la pala completa y el mecanismo de retención en una única estructura. Este diseño, sin embargo, puede ser más complejo y costoso de lo deseado.

- 25 Por lo tanto, sería deseable tener un método y un aparato que tome en cuenta al menos algunas de las cuestiones discutidas anteriormente, así como posiblemente otras cuestiones. El documento US5129787 divulga una pala de material compuesto que comprende un larguero de material compuesto.

Resumen

- 30 De acuerdo con la invención, se describe una pala de material compuesto como se divulga en la reivindicación 1, un método para fabricar un larguero de material compuesto como se divulga en la reivindicación 10 y un método para fabricar una pala de material compuesto como se divulga en la reivindicación 11.

Las características y funciones pueden lograrse independientemente en diversas realizaciones de la presente divulgación o pueden combinarse en aún otras realizaciones en donde se pueden ver detalles adicionales con referencia a la siguiente descripción y dibujos.

- 35 Breve descripción de los dibujos

Las características novedosas que se creen características de las realizaciones se exponen en las reivindicaciones adjuntas. Sin embargo, las realizaciones, así como un modo de uso preferido y sus objetivos adicionales, se entenderán mejor haciendo referencia a la siguiente descripción detallada de una realización ilustrativa de la presente divulgación cuando se lee en conjunto con los dibujos adjuntos, en donde:

- 40 la Figura 1 es una ilustración de una aeronave con una hélice en la cual se puede implementar un larguero de material compuesto de acuerdo con una realización;

la Figura 2 es una ilustración de una pala de material compuesto de acuerdo con una realización;

la Figura 3 es otra ilustración de una pala de material compuesto de acuerdo con una realización;

- 45 la Figura 4 es una ilustración de una vista parcialmente expuesta de una pala de material compuesto con un primer revestimiento eliminado de acuerdo con una realización;

la Figura 5 es una ilustración de una sección de raíz de un larguero de material compuesto retenido en un collar de acuerdo con una realización;

la Figura 6 es una ilustración de una pala de material compuesto de acuerdo con una realización;

la Figura 7 es una ilustración de un larguero de material compuesto de acuerdo con una realización;

la Figura 8 es otra vista de un larguero de material compuesto de acuerdo con una realización;

las Figuras 9 a 14 son ilustraciones de vistas en sección transversal de un larguero de material compuesto de acuerdo con una realización;

5 la Figura 15 es una ilustración de un molde para fabricar un larguero de material compuesto de acuerdo con una realización;

la Figura 16 es una ilustración de capas de material compuesto colocadas en un molde para un larguero de material compuesto de acuerdo con una realización;

10 la Figura 17 es una ilustración de capas de material compuesto para un larguero de material compuesto en un molde de acuerdo con una realización;

la Figura 18 es otra ilustración de capas de material compuesto colocadas en un molde para un larguero de material compuesto de acuerdo con una realización;

la Figura 19 es una ilustración de capas en la forma de pliegues unidireccionales para un larguero de material compuesto de acuerdo con una realización;

15 la Figura 20 es una ilustración de una vista en despiece ordenado de capas de acuerdo con una realización;

la Figura 21 es una ilustración de grupos del segundo tipo de capas en una raíz del larguero de material compuesto de acuerdo con una realización;

las Figuras 22 a 24 son ilustraciones de formas para capas que pueden usarse con capas de pliegues unidireccionales de acuerdo con una realización;

20 la Figura 25 es una ilustración de un entorno de diseño de acuerdo con una realización;

la Figura 26 es una ilustración de un entorno de fabricación para la fabricación de palas de acuerdo con una realización;

la Figura 27 es una ilustración de un diagrama de flujo de un proceso para fabricar una estructura de material compuesto de acuerdo con una realización;

25 la Figura 28 es una ilustración de un diagrama de flujo de un proceso para fabricar una estructura de material compuesto de acuerdo con una realización;

la Figura 29 es una ilustración de un diagrama de flujo de un método para operar un vehículo de acuerdo con una realización;

la Figura 30 es una ilustración de un sistema de procesamiento de datos de acuerdo con una realización;

30 la Figura 31 es una ilustración de un método de fabricación y servicio de una aeronave de acuerdo con una realización; y

la Figura 32 es una ilustración de una aeronave en la cual se puede implementar una realización.

Descripción detallada

35 Las diferentes realizaciones reconocen y toman en cuenta que, dependiendo del diseño, cada vez que se perforan orificios en una estructura de material compuesto para agregar sujetadores, la tensión en esos puntos puede ser mayor que la deseada. Las diferentes realizaciones reconocen además y toman en cuenta que las cargas y vibraciones que pueden ocurrir en la pala en la ubicación de los orificios pueden aumentar la posibilidad de que se produzcan inconsistencias a lo largo del tiempo.

Las diferentes realizaciones reconocen y toman en cuenta que una solución puede ser unir la pala a una unidad de retención que sujeta la pala a un conjunto con forma de repartidor.

40 Las diferentes realizaciones también reconocen y toman en cuenta que la unidad de retención puede incluir una estructura que puede encajar dentro de la pala de una manera que reduce el número de sujetadores necesarios. Sin embargo, las diferentes formas de realización reconocen y toman en cuenta que incluso con la reducción del número de sujetadores, cualquier perforación de orificios en una pala de material compuesto puede ser indeseable.

45 Por lo tanto, las diferentes realizaciones proporcionan una pala para una hélice que impide el uso de sujetadores. En una realización, un larguero en la pala se forma de tal manera que el larguero tiene un extremo en la raíz de la pala que está configurado para la conexión a un sistema de retención u otra estructura para la hélice sin el uso de sujetadores.

- 5 En una realización, un larguero de material compuesto puede comprender una sección de raíz, una sección de transición y una sección principal. La sección de raíz está cerrada y tiene una forma configurada para conectarse a un sistema de retención de la pala. La sección principal para el larguero de material compuesto tiene un canal. En estos ejemplos ilustrativos, la sección de transición se encuentra entre la sección de raíz y la sección principal e incluye una transición de la sección cerrada a la sección abierta. El larguero de material compuesto está configurado para colocarse dentro de una pala, de modo que el larguero de material compuesto se extiende a partir de la raíz de la pala hasta la punta de la pala. La raíz no necesita agujeros para los sujetadores en los ejemplos ilustrativos.
- 10 De acuerdo con una realización, con referencia ahora a las figuras y, en particular, con referencia a la Figura 1, se representa una ilustración de una aeronave con una hélice en la cual se puede implementar un larguero de material compuesto. En este ejemplo ilustrativo, la aeronave 100 toma la forma de una aeronave 102. Como se ilustra, la aeronave 102 tiene una hélice 104. La hélice 104 comprende una pala 106 de material compuesto, una pala 108 de material compuesto, una pala 110 de material compuesto y un conjunto 112 con forma de repartidor. La pala 106 de material compuesto, la pala 108 de material compuesto, y la pala 110 de material compuesto están conectadas al conjunto 112 con forma de repartidor. El conjunto 112 con forma de repartidor es un ejemplo de un sistema de retención de la pala para la pala 106 de material compuesto, la pala 108 de material compuesto y la pala 110 de material compuesto en la hélice 104.
- 15 En estos ejemplos ilustrativos, la pala 106 de material compuesto, la pala 108 de material compuesto y la pala 110 de material compuesto pueden fabricarse de acuerdo con una realización. En particular, estas palas de material compuesto pueden incluir largueros de material compuesto, los cuales se pueden unir al conjunto 112 con forma de repartidor sin la necesidad de sujetadores.
- 20 Con referencia ahora a la Figura 2, se representa una ilustración de una pala de material compuesto de acuerdo con una realización. En este ejemplo ilustrativo, se muestra una vista más detallada de la pala 106 de material compuesto retirada de la hélice 104 en la Figura 1.
- 25 La pala 106 de material compuesto tiene una sección 200 de raíz y una punta 202. En este ejemplo, se representa el primer revestimiento 204 en el primer lado 206 de la pala 106 de material compuesto. Además, el larguero 208 compuesto se ve en fantasma en este ejemplo ilustrativo.
- Además, se muestra que el larguero 208 de material compuesto está asegurado al collar 210. El collar 210 es parte de un sistema de retención de la pala para retener la pala 106 de material compuesto.
- 30 En estos ejemplos ilustrativos, la sección 200 de raíz tiene una forma y está configurada para su retención completamente por la forma de la sección 200 de raíz y la forma correspondiente de un conjunto con forma de repartidor, como el conjunto 112 con forma de repartidor en la Figura 1. Más específicamente, la forma de la sección 200 de raíz es tal que la pala 106 de material compuesto es retenida por el collar 210. La retención de la pala 106 de material compuesto es completamente por la forma de la sección 200 de raíz y la forma correspondiente del collar 210 en el sistema de retención de la pala. En otras palabras, no es necesario que se formen orificios en la pala 106 de material compuesto para que los sujetadores retengan la pala 106 de material compuesto en el collar 210 durante la operación de la aeronave 100 en la Figura 1.
- 35 De regreso a la Figura 3, se representa otra ilustración de una pala de material compuesto de acuerdo con una realización. En esta vista, se muestra el segundo revestimiento 300 en el segundo lado 302 de la pala 106 de material compuesto. El larguero 208 de material compuesto también se ve en fantasma en esta vista de la pala 106 de material compuesto.
- 40 Con referencia ahora a la Figura 4, se representa una vista parcialmente expuesta de una pala de material compuesto con un primer revestimiento retirado de acuerdo con una realización. En esta vista expuesta, el primer revestimiento 204 se ha eliminado para representar mejor el larguero 208 de material compuesto. Como se puede ver en este ejemplo particular, el larguero 208 de material compuesto tiene la sección 200 de raíz y la sección 402 principal. La sección 200 de raíz hace transición a la sección 402 principal a través de la sección 404 de transición. En el ejemplo ilustrativo, el canal 406 se extiende a través de la sección 402 principal y la sección 404 de transición.
- 45 El canal 406 es un canal abierto. En otras palabras, una parte del canal 406 está expuesta a lo largo de la longitud del canal 406.
- 50 La sección 200 de raíz está cerrada y tiene una forma configurada para retenerse en el collar 210. En este ejemplo, la sección 200 de raíz es sólida. Más específicamente, la sección 200 de raíz puede ser una lamina sólida. En algunos ejemplos ilustrativos, el canal 406 puede extenderse a través de al menos una parte de la sección 200 de raíz con la otra parte siendo sólida. El canal 406 es un canal cerrado en la sección 200 de raíz. De esta manera, la sección 200 de raíz se cierra al ser sólida, con un canal cerrado dispuesto dentro o extendido a través, o ambos. Un canal cerrado puede ser un canal con paredes que encierran el canal, excepto en uno o más extremos del canal. Si hay un canal cerrado en la sección 200 de raíz, se puede colocar espuma u otro material en el canal cerrado para llenar una abertura al final del canal. Como resultado, la sección 200 de raíz puede sellarse para reducir la humedad que puede entrar en el interior de la pala 106 de material compuesto.
- 55

En este ejemplo ilustrativo, el collar 210 es una estructura de dos piezas que está configurada para contener al menos una parte de la sección 200 de raíz sin usar sujetadores. Como resultado, no es necesario perforar agujeros en la sección 200 de raíz.

5 De acuerdo ahora con la Figura 5, se muestra una ilustración más detallada de una sección de raíz de un larguero de material compuesto retenido en un collar de acuerdo con una realización. En esta vista más detallada de la sección 200 de raíz y el collar 210, la sección 200 de raíz tiene una forma que está configurada para mantenerse dentro del collar 210.

El collar 210 tiene una primera pieza 500 y una segunda pieza 502. Estas dos piezas están configuradas para colocarse alrededor de la sección 200 de raíz y se aseguran entre sí para retener la sección 200 de raíz.

10 La forma de la sección 200 de raíz permite que el larguero 208 de material compuesto se sujete por el collar 210 sin perforar orificios en la sección 200 de raíz del larguero 208 de material compuesto. La sección 200 de raíz del larguero 208 de material compuesto puede ser sujeta por el collar 210 sin utilizar sujetadores.

15 Como se muestra, el collar 210 tiene una forma que corresponde a la forma de la sección 200 de raíz. Por ejemplo, la superficie 504 en el canal 506 del collar 210 tiene una forma que corresponde a la forma de la superficie 508 de la sección 200 de raíz. La forma de la sección 200 de raíz y la forma correspondiente de collar 210 pueden seleccionarse para reducir las cargas no deseadas en la sección 200 de raíz y en otras partes de la pala 106 de material compuesto.

De acuerdo ahora con la Figura 6, se muestra una ilustración de una pala de material compuesto de acuerdo con una realización. En esta vista de la pala 106 de material compuesto, se ha retirado el collar 210 de la sección 200 de raíz del larguero 208 de material compuesto.

20 En la Figura 7, se representa una ilustración de un larguero de material compuesto de acuerdo con una realización. En esta vista del lado 700 del larguero 208 de material compuesto, el larguero 208 de material compuesto es un larguero en forma de refuerzo de sección en U profunda. El larguero 208 de material compuesto también se puede denominar un larguero en forma de omega.

25 Como se ve en este ejemplo ilustrativo, el larguero 208 de material compuesto tiene una tapa 701, primera banda 702, segunda banda 704, primera pestaña 706 y segunda pestaña 708. Estos componentes forman el canal 406, el cual se extiende a partir de la sección 404 de transición a través de la sección 402 principal. El canal 406 no se incluye en esta vista. El canal 406 está abierto hasta que el segundo revestimiento 300 en la Figura 3 se una al primer revestimiento 206 en la Figura 2. Por lo tanto, el canal 406 es un canal abierto en este ejemplo ilustrativo.

30 Además, el canal 406 disminuye de tamaño a través de la sección 404 de transición. El canal 406 está sustancialmente ausente en la sección 200 de raíz en este ejemplo particular.

Como se puede ver en este ejemplo ilustrativo, la sección 200 de raíz tiene forma 712 de cuña. La forma 712 de cuña es una forma que está configurada para ser retenida por un sistema de retención de las palas, como el conjunto 112 con forma de repartidor de la Figura 1.

35 De acuerdo ahora con la Figura 8, otra vista de un larguero de material compuesto a partir de un lado opuesto de la parte de material compuesto mostrado en la Figura 7 se representa de acuerdo con una realización. En esta vista ilustrativa, se representa el lado 800 del larguero 208 de material compuesto.

40 De acuerdo ahora con las Figuras 9 a 14, se representan las ilustraciones de las vistas en sección transversal de un larguero de material compuesto de acuerdo con una realización. Estas vistas en sección transversal se toman a lo largo de diferentes secciones del larguero 208 de material compuesto en la Figura 7. Las vistas en sección transversal ilustran capas de material compuesto a lo largo de diferentes secciones del larguero 208 de material compuesto.

De acuerdo con la Figura 9, se representa una vista en sección transversal de la sección 402 principal en el larguero 208 de material compuesto. En este ejemplo ilustrativo, la vista en sección transversal del larguero 208 de material compuesto se toma a lo largo de las líneas 9-9 en la Figura 7. Esta vista en sección transversal está ubicada en la sección 402 principal del larguero 208 de material compuesto.

45 A continuación, en la Figura 10, se ve una vista en sección transversal del larguero 208 de material compuesto tomada a lo largo de las líneas 10-10 en la Figura 7. Esta vista en sección transversal también se encuentra en la sección 404 de transición del larguero 208 de material compuesto.

50 En la Figura 11, se representa una vista en sección transversal de la sección 404 de transición en el larguero 208 de material compuesto de acuerdo con una realización. En este ejemplo ilustrativo, se muestra una vista en sección transversal del larguero 208 de material compuesto en la sección 404 de transición tomada a lo largo de las líneas 11-11 en la Figura 7.

Otra vista en sección transversal del larguero 208 de material compuesto en la sección 404 de transición se representa de acuerdo con una realización en la Figura 12. En esta vista, se muestra una vista en sección transversal del larguero 208 de material compuesto tomada a lo largo de las líneas 12-12 en la Figura 7.

A continuación, en la Figura 13, se representa una vista en sección transversal del larguero 208 de material compuesto en la sección 404 de transición de acuerdo con una realización. En esta figura, se ve una vista en sección transversal del larguero 208 de material compuesto tomada a lo largo de las líneas 13-13 en la Figura 7.

5 De acuerdo con una realización, en la Figura 14, se muestra una vista en sección transversal del larguero 208 de material compuesto en la sección 200 de raíz. En esta ilustración, el larguero 208 de material compuesto se ve en una vista en sección transversal tomada a lo largo de las líneas 14-14 en la sección 200 de raíz en la Figura 7. Como se puede ver en esta vista, las capas de material compuesto para la primera pestaña 706 y la segunda pestaña 708 están plegadas en la sección 200 de raíz. En este ejemplo particular, las capas de material compuesto pueden incluir capas que toman la forma de capas y pliegues unidireccionales que son capas de tejido. Los pliegues de tejido pueden estar, por ejemplo, sin limitación, aproximadamente 45 grados. Por ejemplo, las capas de material compuesto para la tapa 701, la primera pestaña 706 y la segunda pestaña 708 pueden incluir pliegues unidireccionales que se entrelazan con otros pliegues de tejido para formar la sección 1400 sólida para el larguero 208 de material compuesto.

10 De acuerdo con una realización, volviendo ahora a la Figura 15, se representa una ilustración de un molde para fabricar un larguero de material compuesto. En este ejemplo ilustrativo, el molde 1500 es un ejemplo de un molde en el cual se pueden colocar capas de material compuesto para formar un larguero de material compuesto, como el larguero 208 de material compuesto en la Figura 2.

De acuerdo con una realización, volviendo ahora a la Figura 16, se muestra una ilustración de capas de material compuesto colocadas en un molde para un larguero de material compuesto. En este ejemplo ilustrativo, las capas de material 1600 compuesto se colocan en el molde 1500.

20 Las capas del material 1600 compuesto se colocan en el molde 1500 para formar el larguero 208 de material compuesto en la Figura 2. Como puede verse, la sección 1602 de las capas del material 1600 compuesto es para una sección de raíz del larguero de material compuesto. La sección 1604 es para una sección de transición del larguero de material compuesto. La sección 1606 es para una sección principal del larguero de material compuesto.

25 Como puede verse en la sección 1608, los pliegues unidireccionales se acortan en la primera pestaña 1616 y en la segunda pestaña 1618. En contraste, los pliegues unidireccionales para la tapa 1610 se hacen más largos a medida que se agregan más capas de material 1600 compuesto al molde 1500.

En este ejemplo ilustrativo, las capas de material 1600 compuesto se colocan para formar la tapa 1610, la primera banda 1612, la segunda banda 1614, la primera pestaña 1616 y la segunda pestaña 1618 para un larguero de material compuesto.

30 Como se muestra, las capas de material 1600 compuesto incluyen la capa 1620, para la sección 1602. La capa 1620 es un pliegue de tejido que se puede usar para aumentar el espesor de la sección 1602. La capa 1620 todavía está abierta, en este ejemplo, y puede doblarse en la sección 1602.

35 De acuerdo con una realización, volviendo ahora a la Figura 17, se muestra una ilustración de capas de material compuesto para un larguero de material compuesto en un molde. En este ejemplo ilustrativo, se han doblado partes de capas de material 1600 compuesto en el molde 1500 en la sección 1602 para formar la sección 1700 cerrada. Por supuesto, se pueden agregar otras capas de material compuesto que no estén dobladas, dependiendo de los requisitos de espesor.

40 De acuerdo con una realización, volviendo ahora a la Figura 18, se muestra otra ilustración de capas de material compuesto colocadas en un molde para un larguero de material compuesto. En esta vista del molde 1500 y las capas de material 1600 compuesto, la sección 1700 cerrada se puede ver con más detalle.

45 En estos ejemplos ilustrativos, las capas de material 1600 compuesto comprenden pliegues de tejido y pliegues unidireccionales. Como se muestra, los pliegues de tejido se pueden intercalar entre grupos de pliegues unidireccionales. Los pliegues de tejido pueden estar orientados en un ángulo de más de 45 grados, cero grados, menos de 45 grados y/o algún otro ángulo adecuado con respecto a la longitud de la pala. La dirección cero puede ser una dirección paralela a la longitud de la pala. En estos ejemplos ilustrativos, los pliegues unidireccionales tienen una orientación en la dirección cero de la pala.

50 Los pliegues unidireccionales, en estos ejemplos ilustrativos, pueden estar compuestos únicamente por fibras alineadas en una sola dirección. Estas fibras pueden extender la longitud del pliegue. La longitud de los pliegues unidireccionales puede seleccionarse para tener un nivel deseado de rigidez, resistencia axiales o una combinación de las dos.

55 En estos ejemplos ilustrativos, los pliegues pueden colocarse a partir de la superficie 1802 del molde 1500 en la dirección de la flecha 1800. Al colocar los pliegues en capas de material 1600 compuesto, la primera mitad de los pliegues de tejido que se coloca en la dirección de la flecha 1800 es un primer número de pliegues de tejido. La segunda mitad de los pliegues de tejido que se colocan en la dirección de la flecha 1800 son un segundo número de pliegues de tejido que están encima del primer número de pliegues de tejido. El primer número de pliegues de tejido puede dejarse sin doblar. A la vez que la segunda mitad de los pliegues de tejido se colocan en la dirección de la

flecha 1800, el primer número de pliegues de tejido se puede plegar a medida que se coloca cada uno de los segundos pliegues de tejido. El primer número de pliegues de tejido se dobla en orden inverso a la forma en que se colocaron para formar una forma.

5 Por ejemplo, cuando se coloca un pliegue de tejido en el segundo número de pliegues de tejido, se dobla un pliegue de tejido en el primer número de pliegues de tejido. Alternativamente, dos o más pliegues de tejido en el primer número de pliegues de tejido pueden doblarse cuando se coloca uno o más del segundo número de pliegues de tejido. La forma es forma 1804 de cuña y tiene la sección 1700 cerrada como se muestra en este ejemplo ilustrativo.

10 De acuerdo con una realización, volviendo ahora a la Figura 19, se muestra una ilustración de pliegues unidireccionales para un larguero de material compuesto. En este ejemplo ilustrativo, los pliegues 1900 unidireccionales son capas de material compuesto que contribuyen para proporcionar las propiedades deseadas para un larguero de material compuesto. Por ejemplo, los pliegues 1900 unidireccionales pueden configurarse para proporcionar propiedades deseadas, tales como, por ejemplo, resistencia, rigidez y otras propiedades deseables.

15 Los pliegues 1900 unidireccionales pueden colocarse para un larguero de material compuesto. Como se muestra, los pliegues 1900 unidireccionales comprenden pliegues 1902 unidireccionales, pliegues 1904 unidireccionales y pliegues 1906 unidireccionales.

Los pliegues 1902 unidireccionales y los pliegues 1904 unidireccionales están para una primera pestaña y una segunda pestaña en el larguero de material compuesto. Los pliegues 1906 unidireccionales están para una tapa en el larguero de material compuesto.

20 En este ejemplo ilustrativo, los pliegues 1900 unidireccionales se colocan en la dirección de la flecha 1908. Como puede verse, a medida que se colocan más capas de material compuesto, los pliegues 1902 unidireccionales y los pliegues 1904 unidireccionales se acortan en la dirección de la flecha 1910 hacia la raíz 1912. En contraste, los pliegues 1906 unidireccionales para la tapa se hacen más largos en la dirección de la flecha 1914.

25 Los pliegues 1900 unidireccionales, en combinación con capas de material compuesto típicamente utilizadas para un larguero de material compuesto, tal como los pliegues de tejido, pueden proporcionar una rigidez deseada para el larguero de material compuesto. En otras palabras, como más pliegues 1900 unidireccionales están presentes, puede aumentar la rigidez.

30 Si se desea un cambio en el gradiente de rigidez a lo largo de la longitud de la pala, la longitud de los pliegues 1900 unidireccionales puede extenderse en la dirección de la flecha 1914 o acortarse en la dirección de la flecha 1910 para diferentes capas. Por ejemplo, los pliegues unidireccionales no pueden acortarse tanto en la dirección de la flecha 1910 más arriba en la pila de pliegues 1900 unidireccionales en la dirección de la flecha 1908. Las capas unidireccionales pueden extenderse en la dirección de la flecha 1914.

Con referencia ahora a la Figura 20, se representa una vista en despiece de las capas unidireccionales de la Figura 19 de acuerdo con una realización. En esta vista en despiece ordenado, los pliegues 1900 unidireccionales se muestran en grupos de pliegues 2000 unidireccionales.

35 En este ejemplo ilustrativo, los grupos de pliegues 2000 unidireccionales comprenden los grupos 2002, 2004, 2006, 2008, 2010, 2012 y 2014. Tal como se muestra, estos grupos se colocan en la dirección de la flecha 2015. Cada grupo puede tener algunos número de capas de material unidireccional. Por ejemplo, un grupo puede tener unos seis pliegues, unos siete pliegues, unos ocho pliegues u otro número de pliegues. Además, cada grupo puede tener diferentes números de capas en comparación con otros grupos.

40 Otras capas de material compuesto para el larguero de material compuesto se pueden colocar encima, debajo o entre los grupos 2008 de capas de material compuesto. Por ejemplo, los pliegues de tejido se pueden colocar en ubicaciones 2020, 2022, 2024, 2026, 2028, 2030, 2032 y 2034. En estos ejemplos ilustrativos, los pliegues de tejido colocados en la ubicación 2020 y la ubicación 2034 pueden formar los pliegues superior e inferior o el cierre de los revestimientos para el larguero de material compuesto.

45 Los pliegues de tejido colocados en estas diferentes ubicaciones pueden tener diferentes números de capas. Por ejemplo, las capas pueden ser una, tres, cinco, seis o algún otro número adecuado de capas, dependiendo de la implementación particular y los requisitos de espesor. Las formas de estas capas de tejido pueden variar, dependiendo de la ubicación y la acumulación de materiales compuestos.

50 En la Figura 21, se representa una ilustración de grupos del segundo tipo de capas en una raíz del larguero de material compuesto de acuerdo con una realización ventajosa. En este ejemplo ilustrativo, se representa una vista lateral de los grupos 2002, 2004, 2006, 2008, 2010, 2012 y 2014 de pliegues 1900 unidireccionales de acuerdo con una realización ventajosa. Como puede verse en esta vista lateral, los pliegues 1900 unidireccionales tienen la sección 2100 de raíz y la sección 2102 de transición.

55 Dentro de la sección 2100 de raíz, la forma 2104 de cuña está presente junto con el cuello 2106. La forma 2104 de cuña puede formarse por pliegues de tejido adicionales que se colocan en las ubicaciones 2020, 2022, 2024, 2026,

2028, 2030, 2032 y 2034. De esta manera, los grupos 2002, 2004, 2006, 2008, 2010, 2012 y 2014 de grupos de pliegues 2000 unidireccionales se abren para formar una forma 2104 de cuña. La forma 2104 de cuña es la parte del larguero que se puede retener en un sistema de retención de las palas. En particular, la forma 2104 de cuña puede retenerse en un collar que forma parte de un sistema de retención de la pala en estos ejemplos ilustrativos.

5 Con referencia ahora a las Figuras 22 a 24, se representan las ilustraciones de formas para capas de material compuesto de acuerdo con una realización. En estos ejemplos ilustrativos, las Figuras 22 a 24 ilustran formas de materiales compuestos para capas de tejido que pueden colocarse entre pliegues unidireccionales, como los que se ilustran en las Figuras 19 y 20. Las diferentes formas que se ilustran en las Figuras 22 a 24 pueden ser pliegues de tejido que tienen orientaciones, tales como más 45 grados, cero grados, menos 45 grados u otras orientaciones. Estos pliegues de tejido se pueden usar para aumentar el espesor de una sección de cuña y para cubrir los pliegues unidireccionales como se describió anteriormente.

10 En el ejemplo ilustrativo de la Figura 22, la forma 2200 es un ejemplo de una forma para un pliegue de tejido que puede usarse para aumentar el espesor de una sección de raíz de un larguero de material compuesto. En particular, la forma 2200 se puede usar para aumentar el espesor al formar una forma de cuña para la sección de raíz. Por ejemplo, la forma 2200 es un ejemplo de una forma para la capa 1620 en la Figura 16.

En este ejemplo ilustrativo, la forma 2200 es una forma utilizada para capas que pueden doblarse para formar la forma de cuña. En los ejemplos ilustrativos, el primer número de capas colocadas utilizando la forma 2200 y el segundo número de capas pueden colocarse encima del primer número de capas. El primer número de capas colocadas usando la forma 2200 ahora puede doblarse para formar la forma de cuña para el larguero.

20 La forma 2300 en la Figura 23 es un ejemplo de una forma para un pliegue de tejido que puede colocarse entre capas de pliegues unidireccionales. Por ejemplo, los pliegues de tejido que tienen forma 2300 se pueden usar en las ubicaciones 2020, 2022, 2024, 2026, 2028, 2030, 2032 y 2034 entre grupos de pliegues 2000 unidireccionales en la Figura 20.

25 En la Figura 24, la forma 2400 es un ejemplo de una forma para un pliegue de tejido que puede usarse para aumentar el espesor de una sección de transición en el larguero de material compuesto.

30 En estos ejemplos ilustrativos, las formas 2200, 2300 y 2400 son ejemplos de formas para pliegues de tejido que pueden colocarse sobre pliegues unidireccionales que se han colocado hacia abajo. La ilustración de los pliegues unidireccionales y los pliegues de tejido en las Figuras 19 a 24 no pretende implicar limitaciones físicas o arquitectónicas en la forma en la cual las diferentes capas pueden moldearse o colocarse hacia abajo. Por ejemplo, se pueden usar otras formas de pliegues de tejido distintas de las formas 2200, 2300 y 2400. Además, se pueden usar otros números de grupos de pliegues unidireccionales diferentes a los siete grupos que se ilustran en las Figuras 20 y 21. Por ejemplo, se pueden usar tres grupos, ocho grupos, o algún otro número de grupos de pliegues unidireccionales, dependiendo de la implementación en particular.

35 Con referencia ahora a la Figura 25, se representa una ilustración de un entorno de diseño de acuerdo con una realización. En este ejemplo ilustrativo, el entorno 2500 de diseño incluye el diseñador 2502. El diseñador 2502 puede implementarse para generar el diseño 2504 de larguero de material compuesto para el larguero 2506 de material compuesto.

40 El diseñador 2502 puede implementarse utilizando hardware, software o una combinación de los dos. En un ejemplo ilustrativo, el diseñador 2502 se implementa en el sistema 2508 informático. El sistema 2508 informático contiene uno o más ordenadores. Cuando hay más de un ordenador, los ordenadores dentro del sistema 2508 informático pueden estar en comunicación entre sí. Esta comunicación puede ocurrir usando un medio de comunicación, tal como una red de área local, enlaces de comunicación inalámbrica o algún otro medio adecuado.

45 Como se muestra, el diseñador 2502 puede recibir el diseño 2510 de pala de material compuesto, el diseño 2511 del sistema de retención de la pala, o ambos, para la pala 2512 de material compuesto como entrada para su uso en la generación del diseño 2504 de larguero de material compuesto para el larguero 2506 de material compuesto. En otros ejemplos, el diseño 2510 de pala de material compuesto, el diseño del sistema de retención de las palas 2511, o ambos, puede ser innecesario. Además, en algunos casos, el diseño 2510 de pala de material compuesto, el diseño 2511 del sistema de retención de la pala, o ambos, para la pala 2512 de material compuesto se pueden generar como parte de la generación del diseño 2504 de larguero de material compuesto para el larguero 2506 de material compuesto.

50 Cuando se recibe el diseño 2510 de pala de material compuesto, los parámetros 2514 en el diseño 2510 de pala de material compuesto se utilizan para generar el diseño 2504 de larguero de material compuesto. Los parámetros 2514 pueden incluir, por ejemplo, sin limitación, dimensiones 2516, materiales 2518 y/u otros parámetros adecuados para la pala 2512 de material compuesto.

55 El diseño 2504 de larguero de material compuesto también incluye los parámetros 2520. Los parámetros 2520 están presentes para las partes 2522 del larguero 2506 de material compuesto. Por ejemplo, los parámetros 2520 incluyen

la forma 2524 para el larguero 2506 de material compuesto. Como se ilustra, la forma 2524 para el larguero 2506 de material compuesto es una forma 2526 omega.

5 Las partes 2522 para el larguero 2506 de material compuesto incluyen la tapa 2528, la primera banda 2530, la segunda banda 2532, la primera pestaña 2534 y la segunda pestaña 2536. En este ejemplo, la tapa 2528, la primera banda 2530 y la segunda banda 2532 definen el canal 2538 abierto.

Estas partes pueden extenderse a través de la sección 2540 de raíz, la sección 2542 de transición y la sección 2544 principal en el larguero 2506 de material compuesto. En la sección 2540 de raíz, la forma 2200 de la Figura 22 puede doblarse para crear un espesor deseado para la sección 2540 de raíz.

10 El canal 2548 toma la forma de un canal 2538 abierto en la sección 2544 principal. En otras palabras, el canal 2548 no está cerrado a través de la sección 2544 principal.

Además, el canal 2548 también se extiende a través de la sección 2542 de transición, y el canal 2548 puede ser un canal 2538 abierto y puede tener un tamaño más pequeño.

15 La sección 2540 de raíz está cerrada. Como resultado, la sección 2540 de raíz puede ser una sección 2550 sólida o un canal 2546 cerrado, dependiendo de la implementación en particular. En estos ejemplos ilustrativos, la sección 2540 de raíz también tiene forma 2524. La forma 2524 está configurada para conectarse al sistema 2525 de retención de la pala en el diseño del sistema 2511 de retención de la pala. En estos ejemplos ilustrativos, la forma 2524 puede ser de forma 2552 de cuña. El sistema 2525 de retención de la pala en el diseño 2511 del sistema de retención de la pala tiene una forma 2553. La forma 2524 corresponde a la forma 2553 en los parámetros 2557 de una manera que permite que la pala 2512 de material compuesto se sostenga completamente por la sección 2540 de raíz. En otras palabras, los sujetadores u otro mecanismo que puede involucrar la formación de orificios en la pala 2512 de material compuesto se puede impedir cuando se une la pala 2512 de material compuesto al sistema 2525 de retención de la pala en el diseño 2511 del sistema de retención de la pala. En estos ejemplos ilustrativos, el componente en el sistema 2525 de retención de la pala en el diseño de sistema 2511 de retención de la pala que tiene la forma 2553 es el collar 2527.

25 Los parámetros 2520 para el larguero 2506 de material compuesto también pueden incluir la secuencia 2554 de colocación en las formas 2555 de capa. La secuencia 2554 de colocación es para la pluralidad de capas 2556 que están dispuestas para formar el larguero 2506 de material compuesto en el diseño 2504 de larguero de material compuesto. Las formas 2555 de capa son formas para la pluralidad de capas 2556. Por ejemplo, las formas 2555 de capa pueden ser formas, tales como la forma 2200 en la Figura 22, la forma 2300 en la Figura 23, la forma 2400 en la Figura 24 y otras formas adecuadas.

30 Los parámetros 2520 también pueden incluir tipos 2558 de capas. Los tipos 2558 de capas identifican los tipos de capas de material compuesto que se utilizan en la pluralidad de capas 2556. Por ejemplo, los tipos 2558 de capas pueden incluir el pliegue 2560 unidireccional, el pliegue 2562 de tejido y otros tipos de capas de material compuesto. Las formas 2555 de capa y los tipos de capa 2558 se pueden especificar para diferentes capas en la pluralidad de capas 2556 dentro de la secuencia 2554 de colocación.

35 Por ejemplo, puede emplearse un grupo del primer tipo de capas de material compuesto que utilizan el pliegue 2562 de tejido en las capas iniciales colocadas hacia abajo en la secuencia 2554 de colocación. A continuación, un grupo del segundo tipo de capas de material compuesto que utiliza el pliegue 2560 unidireccional puede colocarse hacia abajo. Después de eso, las capas que usan el pliegue 2562 de tejido se pueden colocar hacia abajo. Posteriormente, se puede usar otro grupo de capas que usan el pliegue 2560 unidireccional.

40 Esta secuencia se puede repetir hasta que se complete el apilamiento de la pluralidad de capas 2556. En otras palabras, las operaciones de colocar un grupo de primer tipo de capas de material compuesto para el larguero de material compuesto y colocar un grupo de segundo tipo de capas de material compuesto para el larguero de material compuesto hasta que una pluralidad de capas de material compuesto para el larguero de material compuesto estén completas.

En los ejemplos ilustrativos, el grupo del segundo tipo de capas tiene una serie de longitudes seleccionadas para proporcionar las propiedades deseadas para diferentes secciones a lo largo de una pala 2512 de material compuesto. El grupo del segundo tipo de capas puede ser más largo o más corto, o puede variar en número, dependiendo de las propiedades deseadas para diferentes secciones a lo largo de la longitud de la pala.

50 Cuando se han colocado todas de la pluralidad de capas 2556 en la secuencia 2554 de colocación, las capas para la tapa 2528 reducen el tamaño del canal 2538 abierto, y la sección 2540 de raíz se cierra. En este ejemplo, la sección 2540 de raíz es sólida.

55 Al menos algunas de las capas del pliegue de tejido en la pluralidad de capas 2556 que tienen formas, tales como la forma 2200 en la Figura 22, pueden doblarse sobre la sección 2540 de raíz en forma 2552 de cuña. En estos ejemplos ilustrativos, un primer número de capas de pliegue de tejido se despliegan. Una segunda cantidad de capas de pliegues de tejido colocadas después de la primera cantidad de capas de pliegues de tejido se dobla. La forma 2552 de cuña

es una característica de retención de la pala en estos ejemplos ilustrativos. En este punto, la sección 2540 de raíz puede ser la sección 2550 sólida o el canal 2546 cerrado, dependiendo de la implementación particular.

5 De esta manera, el larguero 2506 de material compuesto en el diseño 2504 del larguero de material compuesto se puede usar en el diseño 2510 de pala de material compuesto de la pala 2512 de material compuesto. En estos ejemplos ilustrativos, los componentes 2559 para la pala 2512 de material compuesto incluyen el primer revestimiento 2561 de material compuesto, el segundo revestimiento 2563 de material compuesto, el larguero 2564, y el núcleo 2566.

10 El larguero 2564 se puede implementar con el larguero 2506 de material compuesto en el diseño 2504 del larguero de material compuesto. En estos ejemplos ilustrativos, el primer lado 2568 del larguero 2506 de material compuesto está unido al primer revestimiento 2561 de material compuesto, y el segundo lado 2570 del larguero 2506 de material compuesto está unido al segundo revestimiento 2563 de material compuesto. En este ejemplo ilustrativo, el primer lado 2568 es el lado en el cual se ubican la primera pestaña 2534 y la segunda pestaña 2536. En estos ejemplos ilustrativos, la primera pestaña 2534 y la segunda pestaña 2536 pueden estar unidas a una primera superficie interior del primer revestimiento 2561 de material compuesto. El segundo lado 2570 es el lado en el cual está situada la tapa 2528. La tapa 2528 puede unirse a una segunda superficie interior del segundo revestimiento 2563 de material compuesto en estos ejemplos ilustrativos.

20 En estos ejemplos ilustrativos, las capas en la pluralidad de capas 2556 para la tapa 2528 en la sección 2540 de raíz llenan una primera sección de canal 2548 a la vez que las capas que forman la primera pestaña 2534 y la segunda pestaña 2536 se elevan al nivel de la tapa 2528. Como resultado, la pluralidad de capas 2556 para la tapa 2528, la primera pestaña 2534 y la segunda pestaña 2536 en el extremo de raíz de la sección 2542 de transición están en el mismo plano que la pluralidad de capas 2556 que entran en la sección 2100 de raíz como se muestra en la Figura 21 para formar la sección 2550 sólida o el canal 2546 cerrado. Como se muestra, la sección 2550 sólida en la sección 2540 de raíz está configurada para distribuir cargas en la pala 2512 de material compuesto a través de la sección 2540 de raíz.

25 Además, la forma 2561 para la sección 2540 de raíz y la forma 2553 para el sistema 2525 de retención de la pala se pueden realizar para reducir las cargas no deseadas en la sección 2540 de raíz, otras partes de la pala 2512 de material compuesto, el sistema 2525 de retención de la pala o alguna combinación de las mismas. Por ejemplo, la forma 2561 para la sección 2540 de raíz y la forma 2553 para el sistema 2525 de retención de la pala pueden seleccionarse para comprimir la pluralidad de capas 2556 en la sección 2540 de raíz durante el funcionamiento de una plataforma utilizando la pala 2512 de material compuesto.

30 En particular, la forma 2561 para la sección 2540 de raíz y la forma 2553 para el sistema 2525 de retención de la pala se pueden seleccionar para impedir o reducir el alejamiento de la pluralidad de capas 2556 entre sí, la separación de la pluralidad de capas 2556, o la formación o extensión de otras inconsistencias indeseables en la sección 2540 de raíz durante la operación de una plataforma que usa la pala 2512 de material compuesto.

35 En estos ejemplos ilustrativos, la forma 2561 para la sección 2540 de raíz es una forma 2552 de cuña y la forma 2553 para el sistema 2525 de retención de la pala es una forma que corresponde a la forma 2552 de cuña, de manera que la pala 2512 de material compuesto puede mantenerse en el sistema 2525 de retención de la pala por estas formas. En otras palabras, se puede impedir la formación de agujeros en la sección 2540 de raíz y el uso de sujetadores u otros dispositivos de retención que usan los agujeros.

40 Las formas y dimensiones particulares variarán dependiendo de factores, tales como los parámetros para la pala 2512 de material compuesto, los parámetros 2520 para el larguero 2506 de material compuesto, los parámetros para el sistema 2525 de retención de la pala, la plataforma en la cual se va a usar la pala 2512 de material compuesto, y otros factores adecuados.

45 De esta manera, la pala 2512 de material compuesto en el diseño 2510 de pala de material compuesto, el sistema 2525 de retención de la pala en el diseño del sistema 2511 de retención de la pala, y el larguero 2506 de material compuesto en el diseño 2404 del larguero de material compuesto forman un sistema 2567 de pala cuando estos componentes se fabrican a partir de los diseños. El sistema 2567 de pala puede implementarse para formar la hélice 104 en la Figura 1.

50 De acuerdo con una realización, volviendo ahora a la Figura 26, se representa una ilustración de un entorno de fabricación para la fabricación de palas. En este ejemplo ilustrativo, el entorno 2600 de fabricación se puede usar para fabricar palas de material compuesto, tal como la pala 106 de material compuesto en la Figura 1.

55 En este ejemplo ilustrativo, las capas de material 2602 compuesto pueden colocarse en el molde 2604 de larguero. La configuración de las capas de material 2602 compuesto y la colocación de estas capas se puede realizar utilizando el diseño 2504 del larguero de material compuesto en la Figura 25. El molde 2604 de larguero puede ser un molde, tal como, por ejemplo, el molde 1500 en la Figura 15.

Cuando las capas de material 2602 compuesto se colocan en un molde 2604 de larguero, las capas de material 2602 compuesto se pueden curar para formar el larguero 2606 de material compuesto. Este curado se puede realizar usando

calor, presión o alguna combinación de estos. En estos ejemplos ilustrativos, el lado de la bolsa de la raíz del larguero se maquina para coincidir con la geometría del lado del molde del larguero utilizando una máquina de control numérico por ordenador (CNC). En estos ejemplos, el lado de la bolsa de la raíz del larguero es la superficie sin molde.

5 Las capas 2608 de material compuesto se colocan sobre moldes 2610 de revestimiento. La colocación de estas capas se realiza utilizando el diseño 2510 de pala de material compuesto en la Figura 25 en estos ejemplos ilustrativos.

Como se muestra, los moldes 2610 de revestimiento incluyen el primer molde 2612 de revestimiento y el segundo molde 2614 de revestimiento. Cuando las capas de material 2608 compuesto se colocan sobre moldes 2610 de revestimiento, las capas de material 2608 compuesto pueden curarse para formar el primer revestimiento 2616 de material compuesto y el segundo revestimiento 2618 de material compuesto.

10 Después de que se hayan curado los diferentes componentes, los componentes se ensamblan en la herramienta 2619 de montaje. En este ejemplo ilustrativo, el primer revestimiento 2616 de material compuesto se puede colocar en la herramienta 2619 de montaje. A partir de entonces, el larguero 2606 de material compuesto es una posición sobre el primer revestimiento 2616 de material compuesto. El larguero 2606 de material compuesto está unido al primer revestimiento 2616 de material compuesto. El primer revestimiento 2616 de material compuesto puede tener capas adicionales agregadas para "cerrar" el canal abierto del larguero creando una caja de torsión.

15 El núcleo 2621 puede colocarse y unirse con un adhesivo de película de modo que el núcleo 2621 llene las cavidades en la pala 2620. El núcleo 2621 es un núcleo de espuma en estos ejemplos ilustrativos. El núcleo 2621 puede tener un nivel deseado de rigidez. El núcleo 2621 puede ser, por ejemplo, un material de panal de abejas compuesto por una meta-aramida.

20 En estos ejemplos ilustrativos, el material para el núcleo 2621 se puede unir al primer revestimiento 2616 de material compuesto y al segundo revestimiento 2618 de material compuesto. En otras palabras, el material puede estar en dos piezas antes de ensamblarse para formar el núcleo 2621. En estos ejemplos ilustrativos, el material para el núcleo 2621 en el primer revestimiento 2616 de material compuesto y el segundo revestimiento 2618 de material compuesto puede moldearse mediante el maquinado u otros procesos para permitir que el primer revestimiento 2616 de material compuesto y el segundo revestimiento 2618 de material compuesto se unan entre sí para formar la pala 2620.

25 El segundo revestimiento 2618 de material compuesto se puede unir al larguero 2606 de material compuesto y el primer revestimiento 2616 de material compuesto para formar la pala 2620. El adhesivo se puede usar para unir el segundo revestimiento 2618 de material compuesto al larguero 2606 de material compuesto y el primer revestimiento 2616 de material compuesto. Con estos componentes en su lugar, la pala 2620 puede curarse en el sistema 2623 de curado. El sistema 2623 de curado puede ser, por ejemplo, sin limitación, un horno que genera calor a una temperatura deseada para curar el adhesivo de una manera que una los componentes entre sí. Además, el sistema 2623 de curado puede incluir un componente de bolsa de vacío que puede aplicar presión a la pala 2620 durante el proceso de curado. La pala 2620 puede ser recortada, pintada y procesada de otra manera.

30 El larguero 2606 de material compuesto en la pala 2620 se puede conectar al sistema 2622 de retención de la pala para su uso en una hélice. En estos ejemplos ilustrativos, las capas de material 2602 compuesto pueden cortarse y colocarse en un molde 2604 de larguero con base en el diseño 2504 de larguero de material compuesto en la Figura 25. Las capas de material 2608 compuesto pueden cortarse y colocarse en moldes 2610 de revestimiento con base en el diseño 2510 de pala de material compuesto en la Figura 25.

35 La ilustración del entorno 2500 de diseño en la Figura 25 y el entorno 2600 de fabricación en la Figura 26 no pretende implicar limitaciones en la forma en la cual se pueden implementar diferentes entornos. Por ejemplo, el diseño 2504 de larguero de material compuesto puede ser parte del diseño 2510 de pala de material compuesto como un diseño único en algunos ejemplos ilustrativos. Como otro ejemplo ilustrativo, en algunos casos, el núcleo 2566 puede ser innecesario. Como otro ejemplo, el entorno 2500 de diseño también se puede usar para diseñar una pala 2512 de material compuesto, un sistema de retención de las palas y otros componentes adecuados.

40 En aún otro ejemplo ilustrativo, el entorno 2600 de fabricación también puede incluir otras herramientas para fabricar la pala 2620 que no se muestran en la Figura 26. Por ejemplo, otros componentes, tales como un autoclave, una fuente de calor u otras unidades de generación de calor adecuadas, pueden ser utilizados para curar las capas de material compuesto. Las herramientas para cortar capas de material 2602 compuesto y capas de material 2608 compuesto también pueden estar presentes en el entorno 2600 de fabricación para cortar las capas de material compuesto a las configuraciones deseadas.

45 En aún otro ejemplo ilustrativo, se puede usar un diseño para un larguero que no sea un larguero de material compuesto en lugar del diseño 2504 de larguero de material compuesto para el larguero 2506 de material compuesto. Además, la pala puede no ser una pala 2512 de material compuesto. Los diferentes ejemplos ilustrativos pueden emplear otros materiales para la pala y el larguero que no sean materiales compuestos. Por ejemplo, el larguero y otras partes de la pala pueden comprender al menos uno de un metal, una aleación de metal, aluminio, titanio, acero y otros materiales adecuados en su lugar o además del uso de materiales compuestos.

50

55

- 5 Con el uso de otros materiales, la forma 2561 de la sección 2540 de raíz aún tiene forma 2553 en el sistema 2525 de retención de la pala que corresponde a la forma 2561. Las formas corresponden de una manera que permite que la sección 2540 de raíz se retenga en el sistema 2525 de retención de la pala por la forma 2561 de la sección 2540 de raíz y la forma 2553 del sistema 2525 de retención de la pala durante el funcionamiento de una plataforma que utiliza la pala. De manera similar, estas formas pueden seleccionarse para reducir o impedir cargas no deseadas en la pala, la sección 2540 de raíz, el sistema 2525 de retención de la pala, o alguna combinación de las mismas.
- 10 De acuerdo con una realización, con referencia ahora a la Figura 27, se muestra una ilustración de un diagrama de flujo de un proceso para fabricar una estructura de material compuesto. En este ejemplo ilustrativo, el proceso en la Figura 27 se utiliza para fabricar una pala de material compuesto. Este proceso puede implementarse en el entorno 2600 de fabricación en la Figura 26.
- 15 El proceso comienza formando un larguero de material compuesto que tiene una sección de raíz que está cerrada y una sección principal que tiene un canal abierto (operación 2700). La sección de raíz tiene una forma configurada para conectarse a un sistema de retención de la pala sin orificios en la sección de raíz. El proceso forma entonces un primer revestimiento para la pala (operación 2702). El proceso también forma un segundo revestimiento para la pala (operación 2704).
- 20 Luego, el proceso une el larguero al primer revestimiento (operación 2706). La unión puede realizarse utilizando un adhesivo. La espuma para un núcleo de la pala está adherida en las cavidades del primer revestimiento y del larguero (operación 2708). El adhesivo se cura para unir el larguero al primer revestimiento (operación 2710). La espuma se conforma para permitir que el primer revestimiento y el segundo revestimiento se junten (operación 2712). El segundo revestimiento se une al larguero y al primer revestimiento (operación 2714). Se retira un exceso de material de la pala (operación 2716). La sección de raíz del larguero de material compuesto está ubicada en la raíz de la pala, con la sección principal extendida hacia la punta de la pala. El proceso luego conecta la sección de raíz del larguero en la pala a un sistema de retención de la pala para una hélice (operación 2718). El proceso termina a partir de entonces.
- 25 De acuerdo con una realización, volviendo a la Figura 28, se muestra una ilustración de un diagrama de flujo de un proceso para fabricar un larguero de material compuesto. El proceso que se ilustra en la Figura 28 puede implementarse en el entorno 2600 de fabricación en la Figura 26 utilizando el diseño 2504 del larguero de material compuesto en la Figura 25.
- 30 El proceso comienza cortando capas de material compuesto (operación 2800). Las capas de material compuesto son pliegues, en estos ejemplos, y se cortan en una máquina cortadora de pliegues. Las capas se cortan con base en el diseño 2504 de larguero de material compuesto en la Figura 25. Estas capas tienen una configuración para formar un larguero de material compuesto de acuerdo con una realización.
- 35 Un grupo del primer tipo de capas de material compuesto se coloca para el larguero (operación 2802). La colocación se puede realizar utilizando una máquina de proyección láser superior. Un "grupo", como se usa en este documento con referencia a artículos, significa uno o más artículos. Por ejemplo, un "grupo del primer tipo de capas de material compuesto" es una o más capas de material compuesto. En este ejemplo ilustrativo, el grupo del primer tipo de capas de material compuesto son pliegues de tejido. Cada grupo puede tener una o más capas de pliegues de tejido en este ejemplo.
- 40 Se determina si se ha colocado un número del primer tipo de capas de material compuesto (operación 2804). Este número del primer tipo de capas de material compuesto es lo que se deja abierto o desplegado en estos ejemplos ilustrativos. El número del primer tipo de capas de material compuesto colocadas a partir del primer grupo del primer tipo de capas de material compuesto puede variar, dependiendo de la implementación en particular. En un ejemplo ilustrativo, el número del primer tipo de capas de material compuesto es la mitad del número total de capas de material compuesto que se colocan a partir de la colocación de los grupos del primer tipo de capas de material compuesto.
- 45 Si se ha colocado el número del primer tipo de capas de material compuesto, el proceso dobla el grupo del primer tipo de capas de material compuesto (operación 2806). El proceso luego coloca un grupo del segundo tipo de capas de material compuesto para el larguero (operación 2808).
- 50 En la operación 2808, el grupo del segundo tipo de capas de material compuesto son pliegues unidireccionales. En estos ejemplos ilustrativos, los pliegues unidireccionales en cada grupo pueden incluir pliegue para la tapa, una primera pestaña y una segunda pestaña en el larguero de material compuesto.
- 55 Se determina si un grupo adicional del segundo tipo de capas es necesario para el larguero de material compuesto (operación 2810). Si se necesita un grupo adicional del segundo tipo de capas de material compuesto, el proceso regresa a la operación 2802 para continuar colocando diferentes grupos de capas de material compuesto.
- Con este proceso, los grupos posteriores del segundo tipo de capas de material compuesto pueden tener longitudes más cortas para la primera pestaña y la segunda pestaña y longitudes más largas para la tapa. En esta operación, el grupo del segundo tipo de capas puede tener longitudes más cortas que las capas de material compuesto en el grupo del primer tipo de capas. La longitud puede ser progresivamente más corta a medida que se agregan más capas en el grupo del segundo tipo de capas de material compuesto.

- Con referencia nuevamente a la operación 2810, si no se necesita un grupo adicional del segundo tipo de capas de material compuesto, el proceso coloca un grupo del primer tipo de capas de material compuesto para completar el larguero (operación 2812). El grupo del segundo tipo de capas de material compuesto está configurado para llenar una segunda parte del canal en la sección de raíz que estaría presente sin las capas adicionales del grupo del segundo tipo de capas de material compuesto. El proceso cura entonces las capas de material compuesto para formar el larguero de material compuesto (operación 2814), y el proceso termina a partir de entonces.
- Con referencia de nuevo a la operación 2804, si el número del primer tipo de capas de material compuesto no se ha colocado, el proceso pasa a la operación 2808. En este caso, capas adicionales en el grupo del primer tipo de capas del material compuesto debe colocarse sin doblarse.
- A continuación, en la Figura 29, se muestra una ilustración de un diagrama de flujo de un método para operar un vehículo de acuerdo con una realización. El proceso en la Figura 29 se puede implementar en un vehículo que utilice palas de material compuesto, como la pala 106 de material compuesto, la pala 108 de material compuesto y la pala 110 de material compuesto en la Figura 1. El vehículo puede ser, por ejemplo, la aeronave 100 en la Figura 1.
- Se hace girar una hélice con palas de material compuesto (operación 2900). La sección de raíz de un larguero de material compuesto en una pala de material compuesto en las palas de material compuesto se retiene en un sistema de retención de la pala sin sujetadores (operación 2902), y el proceso regresa a la operación 2900. Estas operaciones pueden repetirse a la vez que el vehículo está operando. El larguero de material compuesto tiene una sección de raíz que está cerrada y una sección principal que tiene un canal abierto, en donde la sección de raíz tiene una forma configurada para conectarse al sistema de retención de la pala.
- Los diagramas de flujo y los diagramas de bloques en las diferentes realizaciones representadas ilustran la arquitectura, la funcionalidad y el funcionamiento de algunas implementaciones posibles de aparatos y métodos en una realización.
- En este sentido, cada bloque en los diagramas de flujo o diagramas de bloques puede representar un módulo, segmento, función y/o una parte de una operación o etapa. Por ejemplo, uno o más de los bloques pueden implementarse como código de programa, en hardware, o una combinación del código de programa y hardware. Cuando se implementa en hardware, el hardware puede, por ejemplo, tomar la forma de circuitos integrados que se fabrican o configuran para realizar una o más operaciones en los diagramas de flujo o diagramas de bloques.
- En algunas implementaciones alternativas de una realización, la función o funciones anotadas en los bloques pueden ocurrir fuera del orden indicado en las figuras. Por ejemplo, en algunos casos, dos bloques que se muestran en sucesión pueden ejecutarse de manera sustancialmente concurrente, o los bloques a veces se pueden realizar en el orden inverso, dependiendo de la funcionalidad involucrada. Además, se pueden agregar otros bloques además de los bloques que se ilustran en un diagrama de flujo o diagrama de bloques.
- Por ejemplo, la operación 2708 puede omitirse en algunos casos si no se desea un núcleo en la pala. En aún otro ejemplo ilustrativo, los diferentes componentes pueden colocarse y curarse entre sí en lugar de formarse por separado y unirse entre sí.
- Volviendo ahora a la Figura 30, se representa una ilustración de un sistema de procesamiento de datos de acuerdo con una realización. El sistema 3000 de procesamiento de datos se puede usar para implementar uno o más ordenadores en el sistema 2508 informático en la Figura 25. En este ejemplo ilustrativo, el sistema 3000 de procesamiento de datos incluye el marco 3002 de comunicaciones, el cual proporciona comunicaciones entre la unidad 3004 del procesador, la memoria 3006, el almacenamiento 3008 persistente, la unidad 3010 de comunicaciones, la unidad 3012 de entrada/salida (I/O) y pantalla 3014. En este ejemplo, el marco 3002 de comunicaciones puede tomar la forma de un sistema de bus.
- La unidad 3004 del procesador sirve para ejecutar instrucciones para el software que puede cargarse en la memoria 3006. La unidad 3004 del procesador puede ser un número de procesadores, un núcleo multiprocesador o algún otro tipo de procesador, dependiendo de la implementación particular.
- La memoria 3006 y el almacenamiento 3008 persistente son ejemplos de dispositivos 3016 de almacenamiento. Un dispositivo de almacenamiento es cualquier pieza de hardware capaz de almacenar información, como, por ejemplo, sin limitación, datos, código de programa en forma funcional y/u otra información adecuada, ya sea de forma temporal y/o permanente. Los dispositivos 3016 de almacenamiento también pueden denominarse dispositivos de almacenamiento legibles por ordenador en estos ejemplos ilustrativos. La memoria 3006, en estos ejemplos, puede ser, por ejemplo, una memoria de acceso aleatorio o cualquier otro dispositivo de almacenamiento volátil o no volátil adecuado. El almacenamiento 3008 persistente puede tomar diversas formas, dependiendo de la implementación en particular.
- Por ejemplo, el almacenamiento 3008 persistente puede contener uno o más componentes o dispositivos. Por ejemplo, el almacenamiento 3008 persistente puede ser un disco duro, una memoria flash, un disco óptico regrabable, una cinta magnética regrabable o alguna combinación de los anteriores. Los medios utilizados por el almacenamiento 3008

persistente también pueden ser desmontables. Por ejemplo, se puede usar un disco duro desmontable para el almacenamiento 3008 persistente.

5 La unidad 3010 de comunicaciones, en estos ejemplos ilustrativos, proporciona comunicaciones con otros sistemas o dispositivos de procesamiento de datos. En estos ejemplos ilustrativos, la unidad 3010 de comunicaciones es una tarjeta de interfaz de red.

10 La unidad 3012 de entrada/salida permite la entrada y salida de datos con otros dispositivos que pueden estar conectados al sistema 3000 de procesamiento de datos. Por ejemplo, la unidad 3012 de entrada/salida puede proporcionar una conexión para la entrada del usuario a través de un teclado, un ratón, y/o algún otro dispositivo de entrada adecuado. Además, la unidad 3012 de entrada/salida puede enviar la salida a una impresora. La pantalla 3014 proporciona un mecanismo para mostrar información a un usuario.

15 Las instrucciones para el sistema operativo, las aplicaciones y/o los programas pueden ubicarse en los dispositivos 3016 de almacenamiento, los cuales están en comunicación con la unidad 3004 del procesador a través del marco 3002 de comunicaciones. Los procesos de las diferentes realizaciones pueden realizarse mediante la unidad 3004 del procesador utilizando Instrucciones implementadas en ordenador, las cuales pueden estar ubicadas en una memoria, tal como la memoria 3006.

Estas instrucciones se conocen como código de programa, código de programa utilizable por ordenador o código de programa legible por ordenador que puede ser leído y ejecutado por un procesador en la unidad 3004 del procesador. El código de programa en las diferentes realizaciones puede incorporarse en diferentes medios de almacenamiento legibles por ordenador, tal como la memoria 3006 o el almacenamiento 3008 persistente.

20 El código 3018 de programa se encuentra en una forma funcional en medios 3020 legibles por ordenador que se pueden eliminar de manera selectiva y se pueden cargar o transferir al sistema 3000 de procesamiento de datos para su ejecución por la unidad 3004 del procesador. El código 3018 de programa y los medios 3020 legibles por ordenador forman un producto del programa 3022 informático en estos ejemplos ilustrativos. En un ejemplo, los medios 3020 legibles por ordenador pueden ser medios 3024 de almacenamiento legibles por ordenador o medios 3026 de señal legibles por ordenador.

25 En estos ejemplos ilustrativos, los medios 3024 de almacenamiento legibles por ordenador son un dispositivo de almacenamiento físico o tangible utilizado para almacenar el código 3018 de programa en lugar de un medio que propaga o transmite el código 3018 de programa.

30 Alternativamente, el código 3018 de programa puede transferirse al sistema 3000 de procesamiento de datos usando medios 3026 de señal legibles por ordenador. Los medios 3026 de señal legibles por ordenador pueden ser, por ejemplo, una señal de datos propagados que contiene el código 3018 de programa. Por ejemplo, los medios 3026 de señal legibles por ordenador pueden ser una señal electromagnética, una señal óptica y/o cualquier otro tipo adecuado de señal. Estas señales pueden transmitirse a través de enlaces de comunicaciones, tales como enlaces de comunicaciones inalámbricas, cable de fibra óptica, cable coaxial, un cable y/o cualquier otro tipo de enlace de comunicaciones adecuado.

35 Los diferentes componentes que se ilustran para el sistema 3000 de procesamiento de datos no pretenden proporcionar limitaciones arquitectónicas a la manera en la cual se pueden implementar diferentes realizaciones. Las diferentes realizaciones ventajosas pueden implementarse en un sistema de procesamiento de datos que incluye componentes además de y/o en lugar de los que se ilustran para el sistema 3000 de procesamiento de datos. Otros componentes que se muestran en la Figura 30 pueden variar de los ejemplos ilustrativos que se muestran. Las diferentes realizaciones pueden implementarse utilizando cualquier dispositivo de hardware o sistema capaz de ejecutar el código 3018 de programa.

45 Las realizaciones de la divulgación se pueden describir en el contexto de la fabricación de aeronaves y el método 3100 de servicio como se muestra en la Figura 31 y la aeronave 3200 como se muestra en la Figura 32. Pasando primero a la Figura 31, se muestra una ilustración de un método de fabricación y servicio de la aeronave representado de acuerdo con una realización. Durante la preproducción, el método 3100 de fabricación y servicio de la aeronave puede incluir la especificación y el diseño 3102 de la aeronave 3200 en la Figura 32 y la adquisición 3104 de material.

50 Durante la producción, tiene lugar la fabricación 3106 de componentes y subconjuntos y la integración 3108 del sistema de la aeronave 3200. A partir de entonces, la aeronave 3200 puede pasar por la certificación y la entrega 3110 para ser puesta en servicio 3112. A la vez que un cliente está en servicio 3112, la aeronave 3200 está programada para el mantenimiento de rutina y el servicio 3114, el cual puede incluir modificación, reconfiguración, reacondicionamiento y otros mantenimiento o servicio.

55 Cada uno de los procesos de fabricación de aeronaves y el método 3100 de servicio pueden realizarse o llevarse a cabo por un integrador de sistemas, un tercero y/o un operador. En estos ejemplos, el operador puede ser un cliente. Para los propósitos de esta descripción, un integrador de sistemas puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir, sin limitación, cualquier

número de proveedores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede ser una aerolínea, una compañía de arrendamiento, una entidad militar, una organización de servicios, etc.

5 Con referencia ahora a la Figura 32, se representa una ilustración de una aeronave en la cual se puede implementar una realización. En este ejemplo, la aeronave 3200 se produce mediante la fabricación de aeronaves y el método 3100 de servicio en la Figura 31 y puede incluir la estructura 3202 de la aeronave con una pluralidad de sistemas 3204 e interior 3206. Los ejemplos de los sistemas 3204 incluyen uno o más del sistema 3208 de propulsión, sistema 3210 eléctrico, sistema 3212 hidráulico y sistema 3214 ambiental. Se puede incluir cualquier número de otros sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, se pueden aplicar diferentes realizaciones a otras industrias, como la industria automotriz.

10 Los aparatos y métodos incorporados en este documento pueden emplearse durante al menos una de las etapas de fabricación de aeronaves y el método 3100 de servicio en la Figura 31.

15 En un ejemplo ilustrativo, los componentes o subconjuntos producidos en la fabricación de componentes y subconjuntos 3106 en la Figura 31 se pueden fabricar o manufacturar de manera similar a los componentes o subconjuntos producidos a la vez que la aeronave 3200 está en servicio 3112 en la Figura 31. Estos componentes o subconjuntos puede ser, por ejemplo, una pieza de material compuesto, una pala de material compuesto, una hélice de material compuesto o alguna combinación de las mismas.

20 Como aún otro ejemplo, se pueden utilizar una o más realizaciones de aparatos, realizaciones de métodos, o una combinación de las mismas, durante diferentes etapas. Por ejemplo, las palas de material compuesto con largueros de material compuesto pueden fabricarse durante la fabricación 3106 de componentes y subconjuntos de acuerdo con una realización. Se pueden utilizar una o más realizaciones de aparatos, realizaciones de métodos o una combinación de los mismos a la vez que la aeronave 3200 está en servicio 3112 y/o durante el mantenimiento y servicio 3114 en la Figura 31. Por ejemplo, se pueden agregar palas de material compuesto con largueros de material compuesto a la aeronave 3200 a la vez que están en servicio 3112 y/o durante el mantenimiento y servicio 3114.

25 Por lo tanto, una o más realizaciones pueden proporcionar un rendimiento mejorado en palas de material compuesto utilizadas en vehículos. Estas palas se pueden usar como parte de los conjuntos para hélices, conjuntos de palas del rotor y otros sistemas adecuados que usan palas de material compuesto.

30 Con un larguero de material compuesto en una pala de material compuesto configurada de acuerdo con una realización, el cierre de la sección de raíz del larguero de material compuesto puede reducir la humedad que entra en la pala de material compuesto. De esta manera, los cambios de temperatura, tales como las temperaturas de congelación y descongelación, que pueden surgir del vuelo pueden reducir la formación y expansión de inconsistencias no deseadas.

35 Además, con la forma de la sección de raíz en el larguero de material compuesto, la retención del larguero de material compuesto en una hélice u otro conjunto se puede hacer sin usar sujetadores. En otras palabras, con la forma del larguero que proporciona una característica de retención para un sistema de retención de la pala, se pueden impedir perforar orificios en el larguero de material compuesto u otras partes de la pala de material compuesto de acuerdo con una realización ventajosa. El uso de sujetadores también se puede impedir con la forma de la sección de raíz.

40 De acuerdo con las figuras y el texto anterior, se divulga un método para fabricar una estructura de material compuesto que incluye formar un larguero 2506 de material compuesto que tiene una sección 2540 de raíz que está cerrada y una sección 2544 principal que tiene un canal 2538 abierto, en donde la sección 2540 de raíz tiene una forma configurada para conectarse a un sistema 2622 de retención de la pala, en donde el grupo del segundo tipo de capas 2556 de material compuesto está configurado para formar una sección 2550 sólida en la sección 2540 de raíz del larguero 2506 de material compuesto y la sección 2550 sólida de la sección 2540 de raíz está configurada para distribuir cargas en la estructura de material compuesto a lo largo de la sección 2540 de raíz.

45 Además, el método puede incluir que el grupo del segundo tipo de capas 2556 de material compuesto tenga una serie de longitudes seleccionadas para proporcionar las propiedades deseadas para una sección a lo largo de una longitud de la estructura de material compuesto.

50 Como se ilustra en las figuras y el texto anterior, se divulga un método para operar un vehículo que incluye girar una hélice con palas y retener una pala 2620 en las palas a través de una sección 2540 de raíz de un larguero en la pala 2620 en las palas estando retenido en un sistema 2622 de retención de las palas. En una variante, la sección 2540 de raíz está conformada y configurada para retenerse dentro de una forma correspondiente para el sistema 2622 de retención de las palas completamente por la forma 2524 de la sección 2540 de raíz y la forma correspondiente del sistema 2522 de retención de las palas.

55 Además, se divulga un sistema de palas que incluye una pala 2620 que tiene una sección 2540 de raíz con forma y configurada para retenerse dentro de un sistema 2522 de retención de las palas con una forma correspondiente completamente por una forma 2524 de la sección 2540 de raíz y una forma correspondiente del sistema 2522 de retención de la pala. En una variante, la sección 2540 de raíz es parte del larguero en la pala 2620. En otra variante,

el larguero se compone de un material seleccionado a partir de uno de un material compuesto, un metal, una aleación de metal, aluminio, titanio y acero.

- 5 En otra variante, la forma 2524 de la sección 2540 de raíz se selecciona para reducir las cargas no deseadas en la sección 2540 de raíz durante el funcionamiento de una plataforma que usa el sistema de retención 2622 de las palas. En aún otra variante, la forma 2524 de la sección 2540 de raíz es una forma 2552 de cuña. En aún otra variante, la forma 2524 de la sección 2540 de raíz está configurada para ser retenida por la forma correspondiente en un collar 210 en el sistema 2622 de retención de la pala sin sujetadores.
- 10 Como se ilustra en las figuras y el texto anterior, se divulga un aparato que incluye una sección 2540 de raíz para un larguero 2506 de material compuesto, en donde la sección 2540 de raíz está cerrada y tiene una forma configurada para conectarse a un sistema 2622 de retención de la pala y una sección 2544 principal para el larguero 2506 de material compuesto, en donde la sección 2544 principal tiene un canal 2538 abierto, en donde el larguero 2506 de material compuesto está configurado para colocarse dentro de una pala 2620. En una variante, una sección transversal del larguero 2506 de material compuesto tiene una forma 2526 omega.
- 15 La descripción de las diferentes realizaciones se ha presentado con fines de ilustración y descripción y no pretende ser exhaustiva o limitada a las realizaciones en la forma divulgada. Diversas modificaciones y variaciones serán evidentes para los expertos en la técnica. Por ejemplo, aunque el ejemplo ilustrativo se describe con el vehículo como una aeronave, las diferentes formas de realización se pueden aplicar a otros tipos de vehículos y plataformas en donde se utilizan palas. Por ejemplo, las diferentes formas de realización pueden usarse con un helicóptero, un submarino, una nave de superficie, un molino de viento y otras plataformas adecuadas.
- 20 La realización o realizaciones seleccionadas se eligen y describen con el fin de explicar mejor los principios de las realizaciones, la aplicación práctica, y para permitir que otros expertos en la técnica entiendan la divulgación de diversas realizaciones con diversas modificaciones de acuerdo como convenga para el uso particular contemplado.

REIVINDICACIONES

1. Una pala (106) de material compuesto que comprende un larguero (208) de material compuesto, comprendiendo el larguero de material compuesto:
- 5 una sección (200, 2540) de raíz, en donde la sección (200, 2540) de raíz está cerrada y tiene una forma configurada para conectarse al sistema (2622) de retención de la pala; y
- una sección (402, 2544) principal, en donde la sección (402, 2544) principal tiene un canal (406, 2538) abierto, en donde el larguero (208, 2506) de material compuesto se coloca dentro de la pala (106, 2620),
- 10 en donde una parte del canal (406) abierto del larguero (208) de material compuesto se expone a lo largo de la longitud del canal (406) en ausencia de otros componentes de la pala de material compuesto, caracterizada porque una sección transversal del larguero (208, 2506) de material compuesto tiene una forma (2526) omega.
2. La pala de material compuesto de la reivindicación 1, en donde la sección (200, 2540) de raíz es sustancialmente sólida.
3. La pala (106) de material compuesto de cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, que comprende además:
- 15 una sección (404, 2542) de transición que cambia de ser sustancialmente sólida en la sección (200, 2540) de raíz a tener el canal (406, 2538) abierto en la sección (402, 2544) principal.
4. La pala (106) de material compuesto de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la forma (2524) está configurada para conectarse al sistema (2622) de retención de la pala sin perforar orificios en la sección (200, 2540) de raíz.
- 20 5. La pala (106) de material compuesto de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el larguero (208, 2506) de material compuesto comprende:
- una tapa (701, 2528);
- una primera banda (702, 2530);
- una segunda banda (704, 2532);
- una primera pestaña (706, 2534); y
- 25 una segunda pestaña (708, 2536), en donde la tapa (701, 2528), la primera banda (702, 2530) y la segunda banda (704, 2532) forman paredes que definen un canal (406, 2548) en la sección (402, 2544) principal del larguero (208, 2506) de material compuesto y en donde las capas de pliegues unidireccionales y capas (2556) de pliegues de tejido forman la tapa (701, 2528), la primera banda (702, 2530), la segunda banda (704, 2532), la primera pestaña (706, 2534), y la segunda pestaña (708, 2536) con una sección sólida en la sección (200, 2540) de raíz del larguero (208, 2506) de material compuesto.
- 30 6. La pala (106) de material compuesto de la reivindicación 5, que comprende además:
- un primer revestimiento (206, 2561) de material compuesto; y un segundo revestimiento (300, 2563) de material compuesto, en donde el primer revestimiento (206, 2561) de material compuesto y el segundo revestimiento (300, 2563) de material compuesto están unidos al larguero (208, 2506) de material compuesto para formar la pala (106, 2620), en donde la primera pestaña (706, 2534) y la segunda pestaña (708, 2536) del larguero (208, 2506) de material compuesto están unidas a una primera superficie interior del primer revestimiento (206, 2561) de material compuesto de la pala (106, 2620) y la tapa (701, 2528) está unida a una segunda superficie interior del segundo revestimiento (300, 2563) de material compuesto.
- 35 7. La pala (106) de material compuesto de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, comprende además:
- 40 un núcleo (2566) que llena cavidades en un interior de la pala (106, 2620).
8. La pala (106) de material compuesto de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el larguero (208, 2506) de material compuesto comprende una pluralidad de capas (2556) de pliegues unidireccionales y una pluralidad de pliegues de tejido colocadas en una secuencia de colocación para formar la sección (200, 2540) de raíz, una sección (404, 2542) de transición y la sección (402, 2544) principal que tiene la forma (2524) configurada para conectarse al sistema (2622) de retención de la pala.
- 45 9. La pala (106) de material compuesto de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la forma (2524) es una forma (2522) de cuña y comprende además:
- un collar (210) que tiene una primera pieza (500) y una segunda pieza (502), en donde el collar (210) está configurado para retener al menos una parte de una sección (2550) sólida con la forma (2552) de cuña.

10. Un método para fabricar un larguero (208) de material compuesto, comprendiendo el método:

5 formar un larguero (208, 2506) de material compuesto que tiene una sección (200, 2540) de raíz que está cerrada y una sección (402, 2544) principal que tiene una canal (406, 2538) abierto, en donde la sección (200, 2540) de raíz tiene una forma configurada para conectarse a un sistema (2622) de retención de la pala, en donde una parte del canal (406) abierto está expuesta a lo largo de la longitud del canal (406), caracterizado porque una sección transversal del larguero (208, 2506) de material compuesto tiene una forma (2526) omega.

11. Un método para fabricar una pala (106) de material compuesto, comprendiendo el método:

10 fabricar un larguero (208) de material compuesto de acuerdo con el método de la reivindicación 10;
 unir el larguero (208, 2506) de material compuesto a un primer revestimiento (204) para una pala (106, 2620) de material compuesto; y
 unir un segundo revestimiento (300) para la pala (106, 2620) de material compuesto al larguero (208, 2506) de material compuesto y al primer revestimiento (204),

en donde la sección (402, 2544) principal del larguero (208) de material compuesto se extiende a partir de la sección (200, 2540) de raíz del larguero de material compuesto hacia una punta de la pala (106, 2620) de material compuesto.

15 12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 10 y 11, en donde la etapa de formación comprende:

colocar un grupo de primer tipo de capas (2556) de material compuesto para el larguero (208, 2506) de material compuesto, en donde un canal (406, 2548) está presente a lo largo de una longitud del larguero (208, 2506) de material compuesto;

20 colocando un grupo del segundo tipo de capas (2556) de material compuesto para el larguero (208, 2506) de material compuesto, en donde diversos grupos del segundo tipo de capas (2556) de material compuesto aumentan el espesor de una tapa (701, 2528), una primera pestaña (706, 2534) y una segunda pestaña (708, 2536) para el larguero (208, 2506) de material compuesto en la sección (200, 2540) de raíz; y

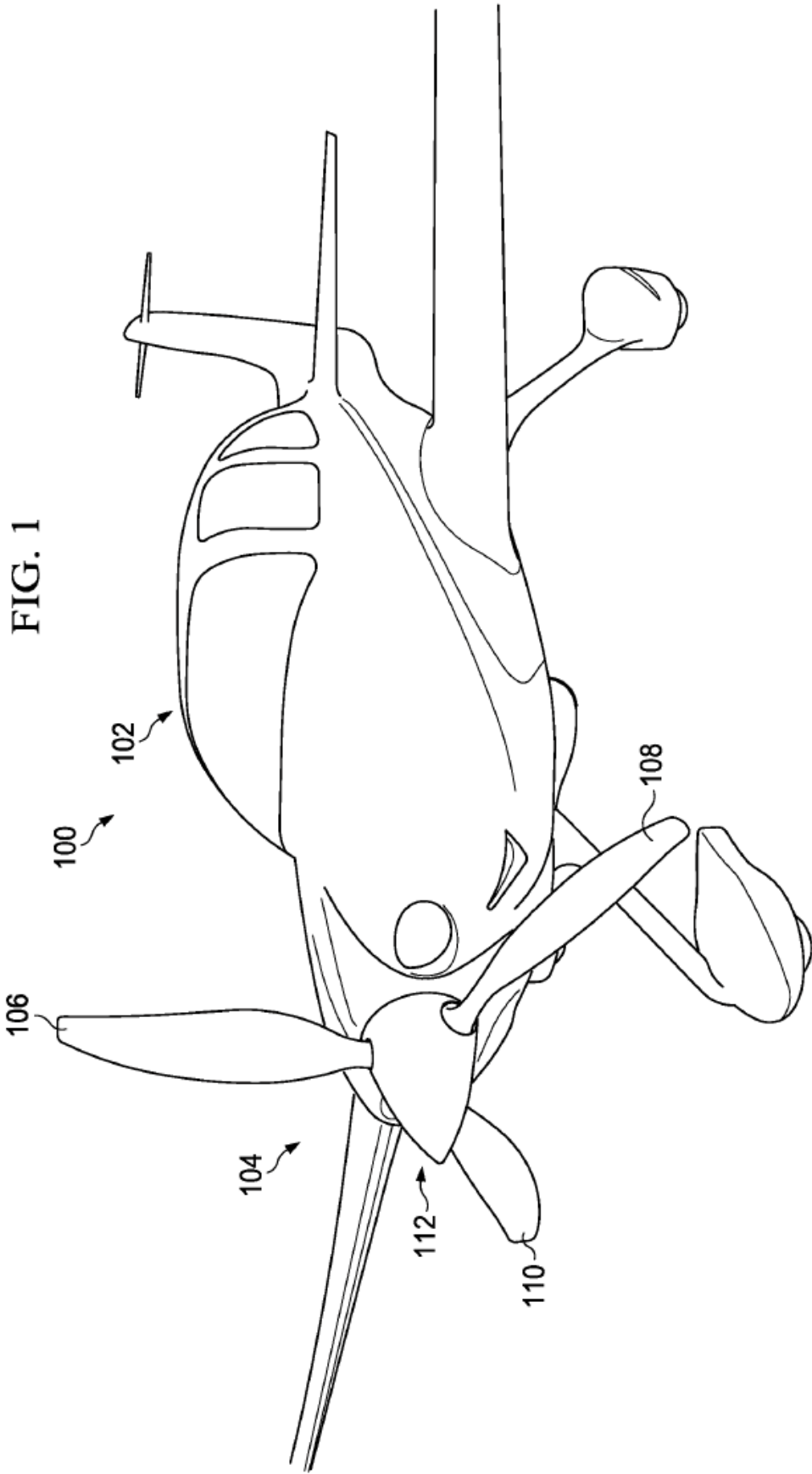
25 repetir las etapas de colocar el primer tipo de capas (2556) de material compuesto para el larguero (208, 2506) de material compuesto y colocar el grupo del segundo tipo de capas (2556) de material compuesto para el larguero (208) de material compuesto hasta que se completa una pluralidad de capas (2256) de material compuesto para el larguero (208, 2506) de material compuesto.

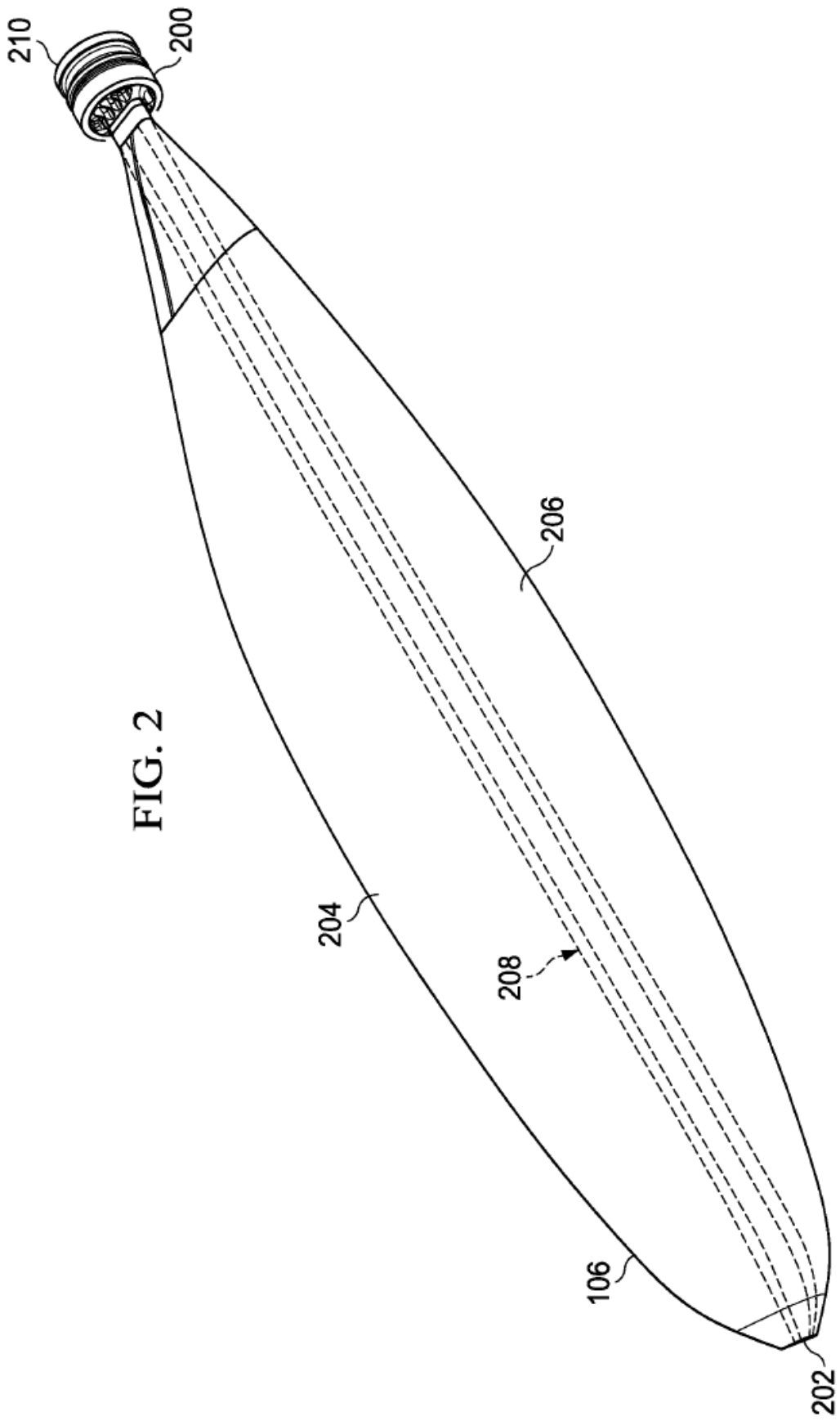
13. El método de la reivindicación 12, que comprende además:

30 colocar un primer número de pliegues de tejido en la sección (200, 2540) de raíz;
 colocar de un segundo número de pliegues de tejido en el primer número de pliegues de tejido colocados en la sección (200, 2540) de raíz; y

35 doblar el primer número de pliegues de tejido como el segundo número de pliegues de tejido se colocan para formar la forma (2524), en donde el primer número de pliegues de tejido se dobla en un orden inverso al de cómo se colocó el primer número de pliegues de tejido, en donde el grupo del segundo tipo de capas (2556) de material compuesto está configurado para llenar el canal (406, 2548) para formar la sección (200, 2540) de raíz y mantener el canal (406, 2548) en la sección (402, 2544) principal.

14. El método de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 11, en donde la sección (200, 2540) de raíz tiene la forma (2524) configurada para ser retenida por un sistema (2622) de retención de las palas con base completamente en la forma de la sección (200, 2540) de raíz y una forma correspondiente del sistema (2622) de retención de la pala sin formar agujeros para los sujetadores en la sección (200, 2540) de raíz.





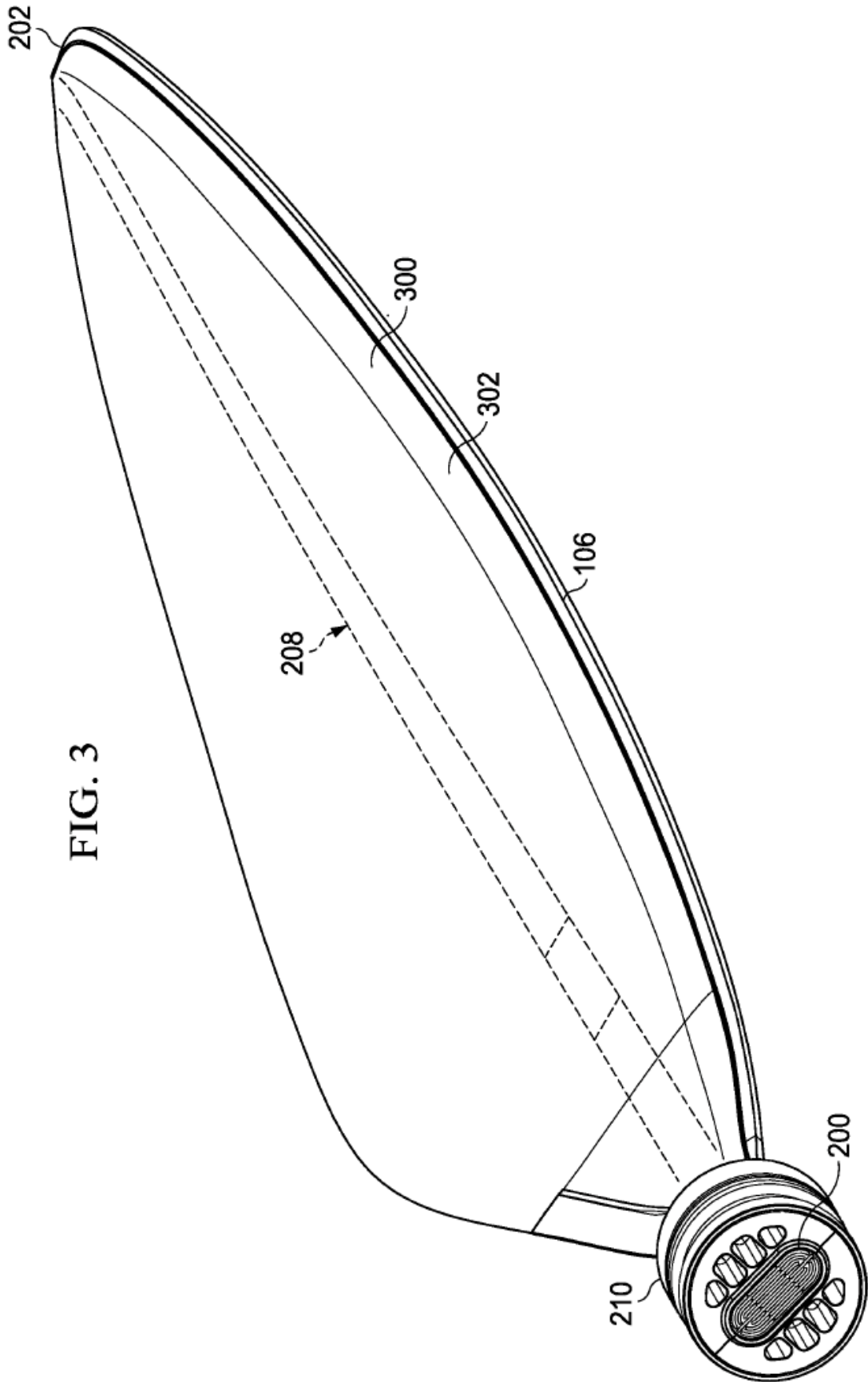
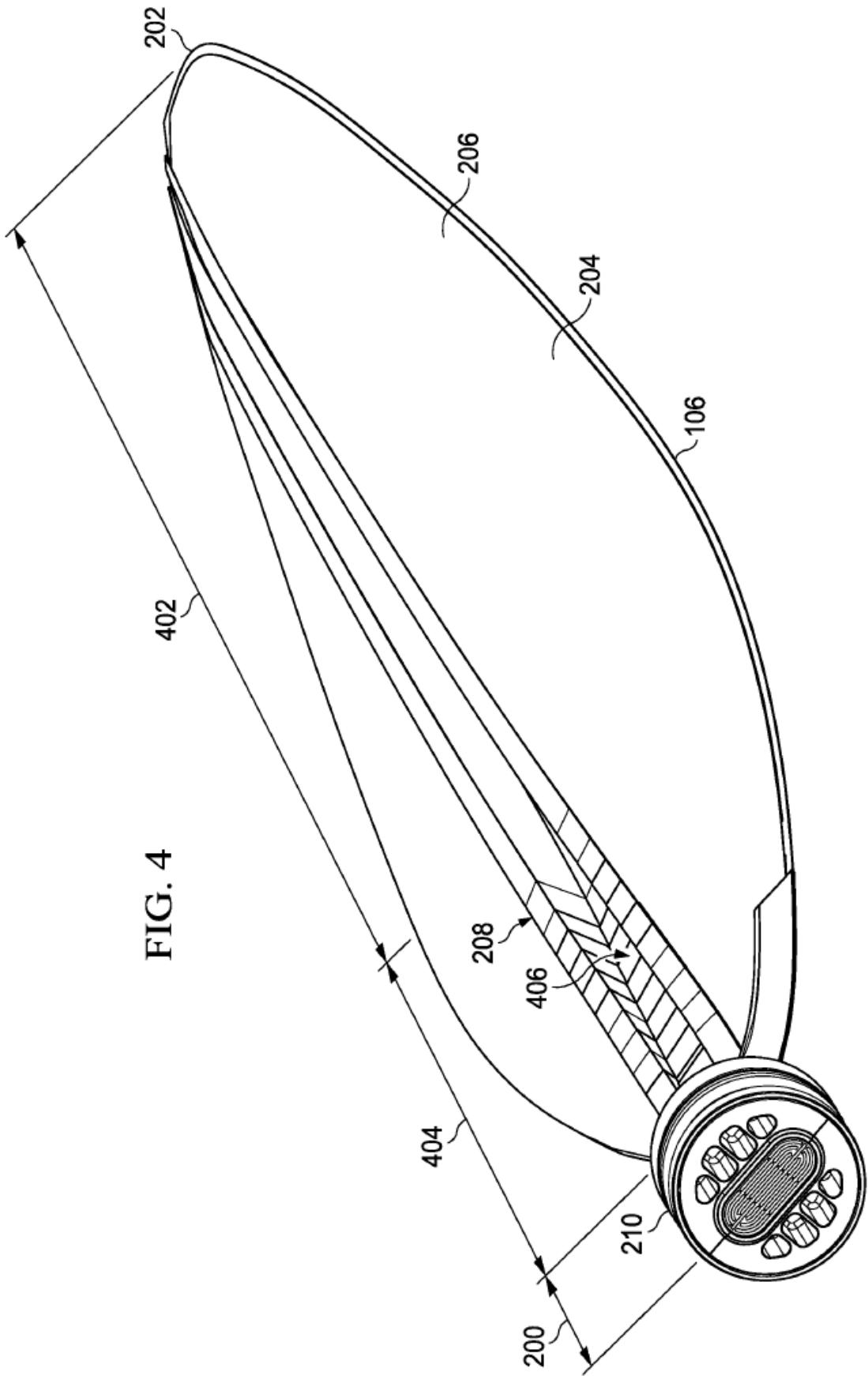


FIG. 3



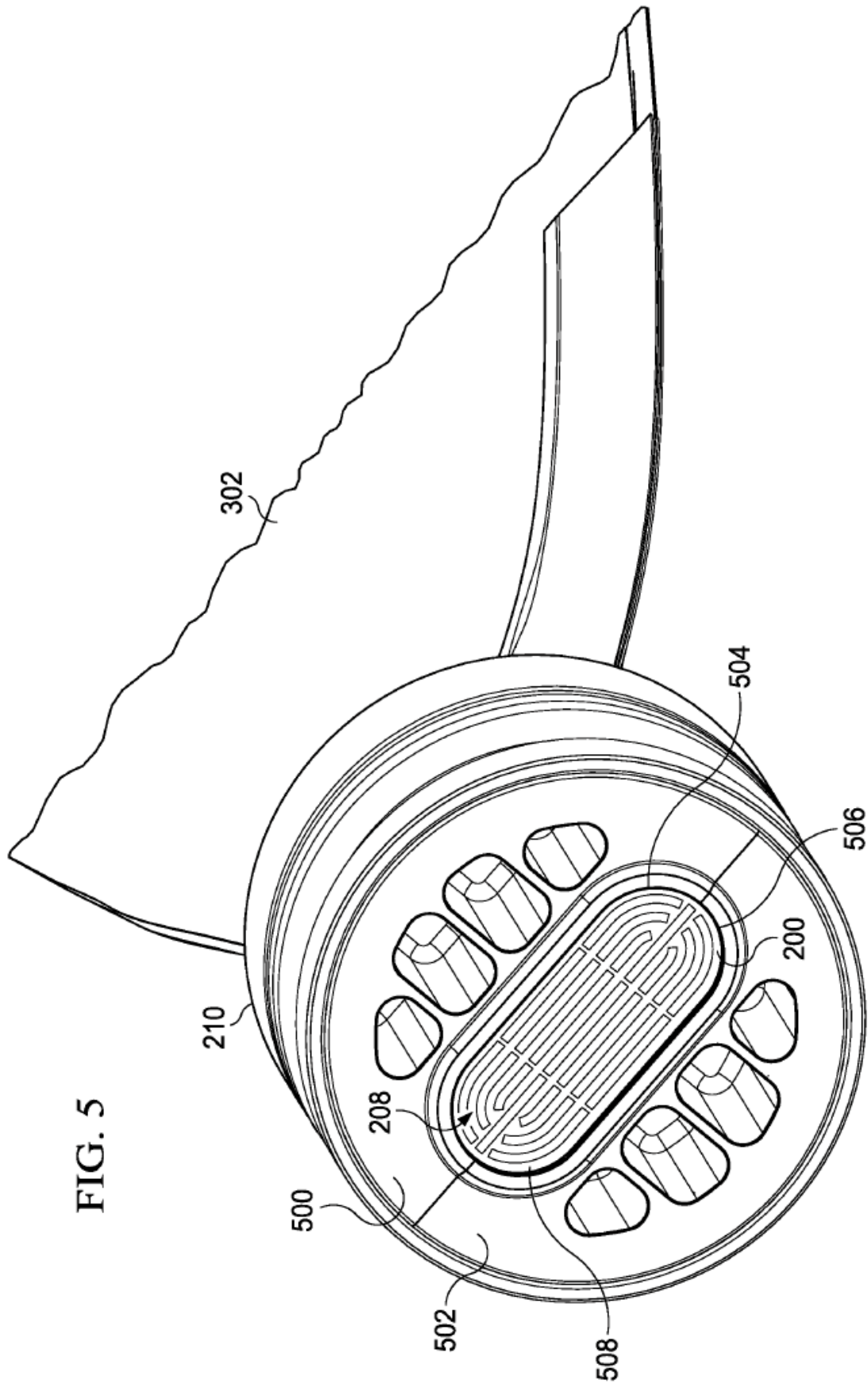
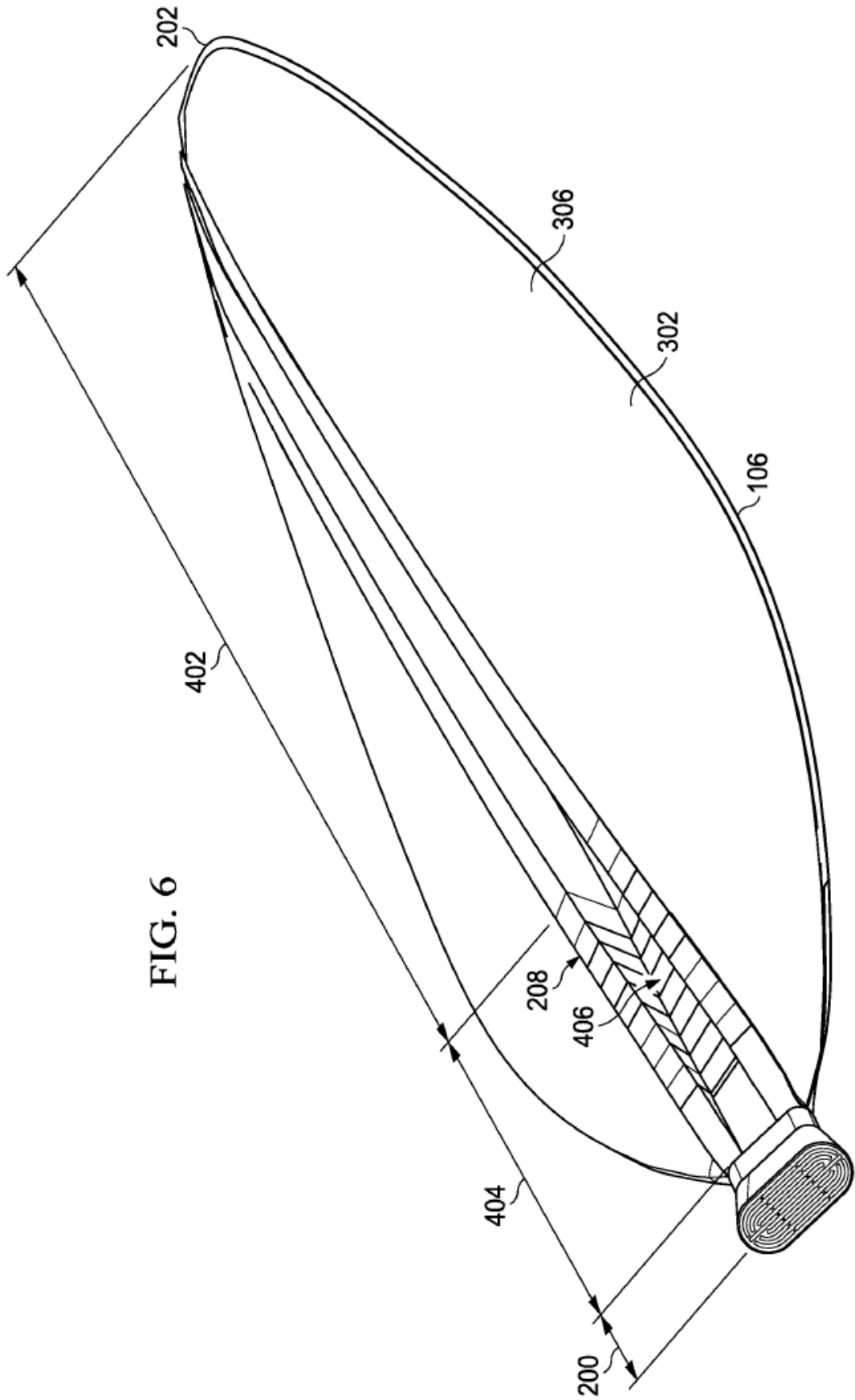
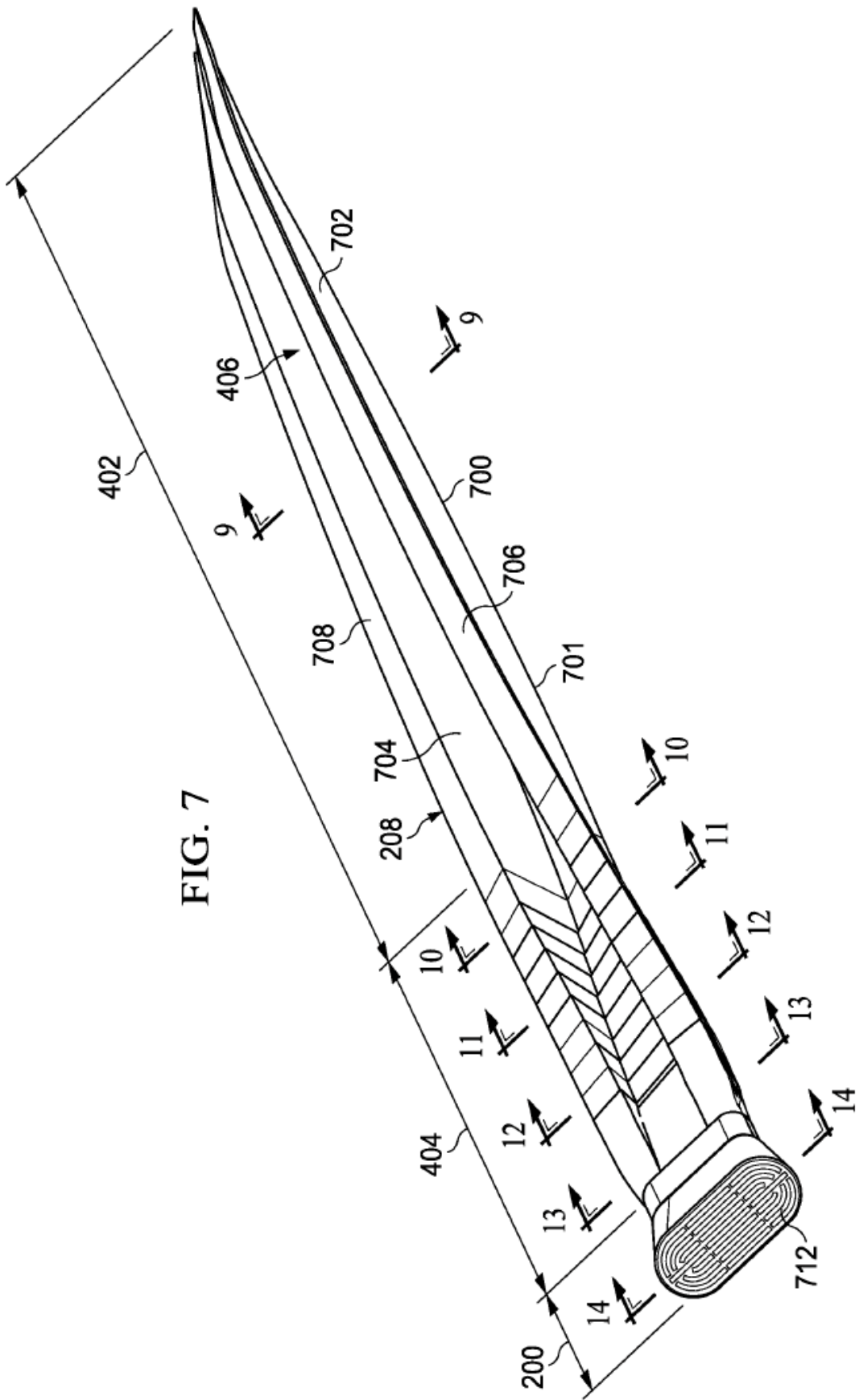


FIG. 5





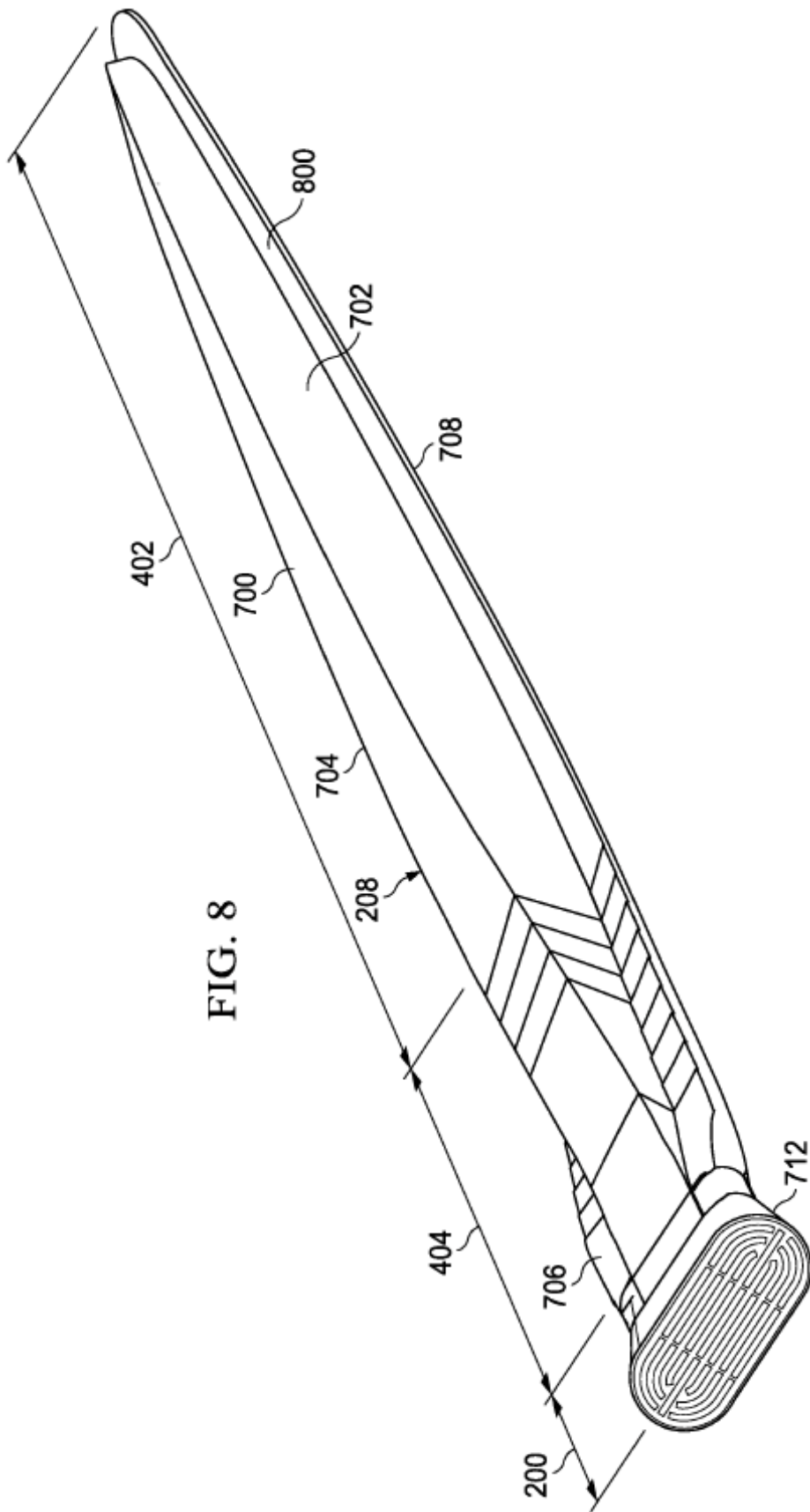
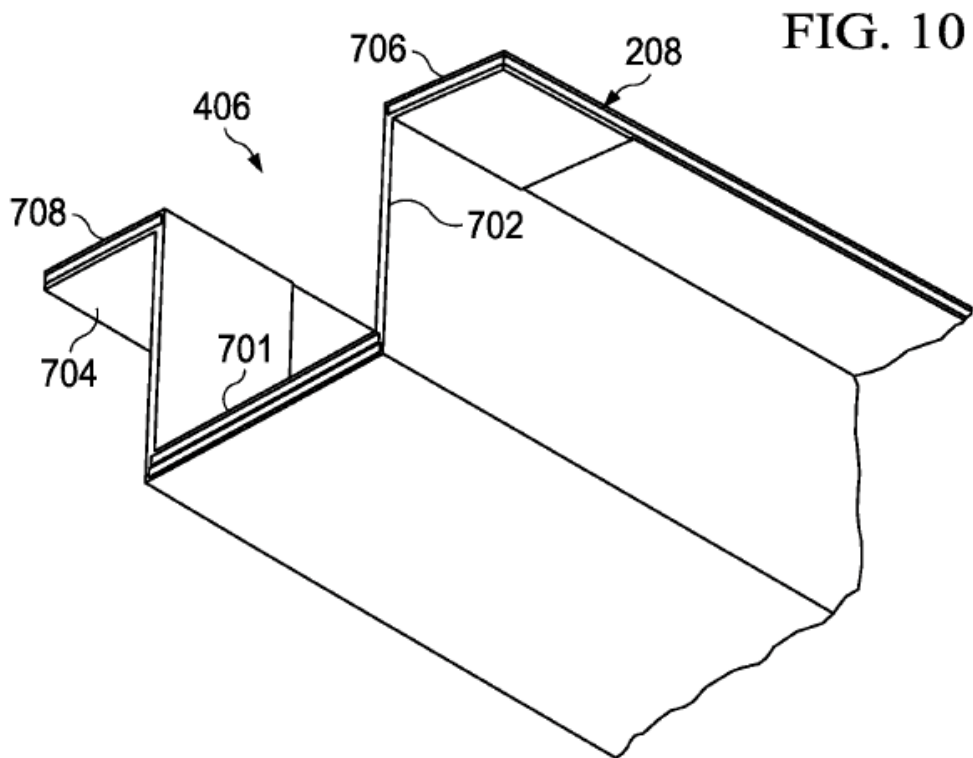
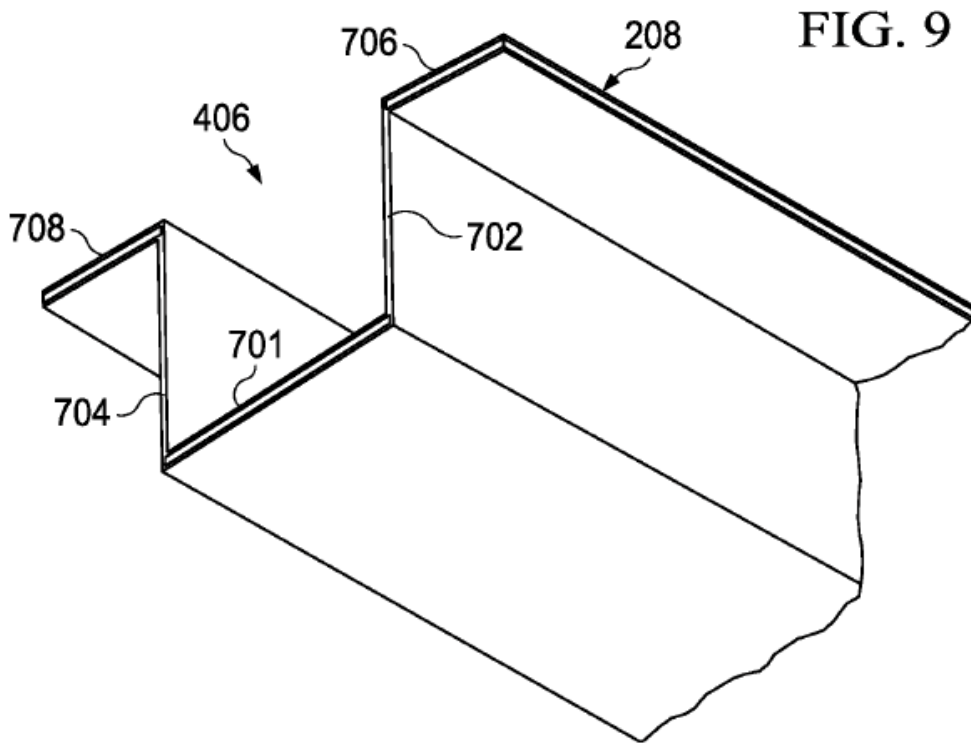
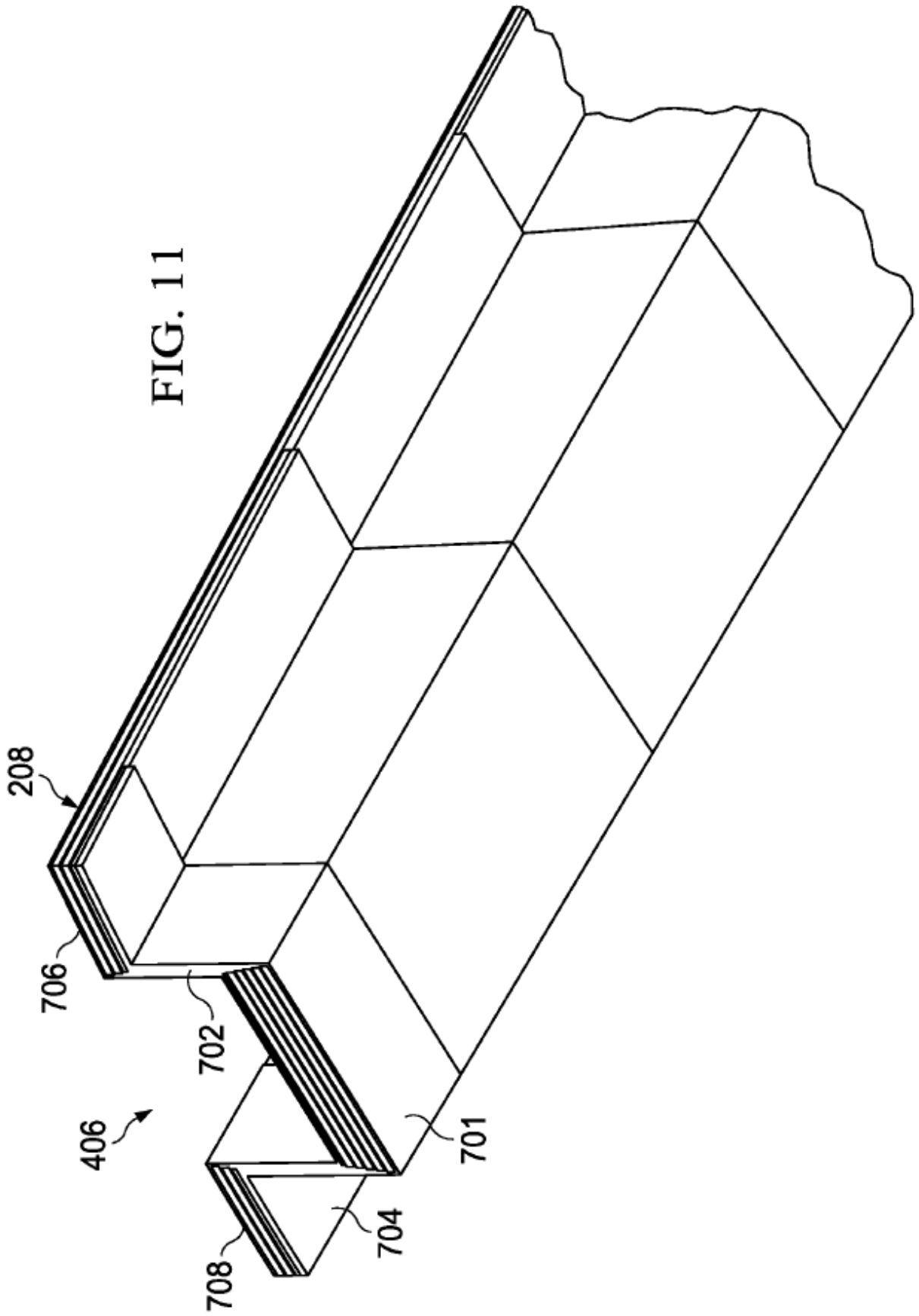


FIG. 8





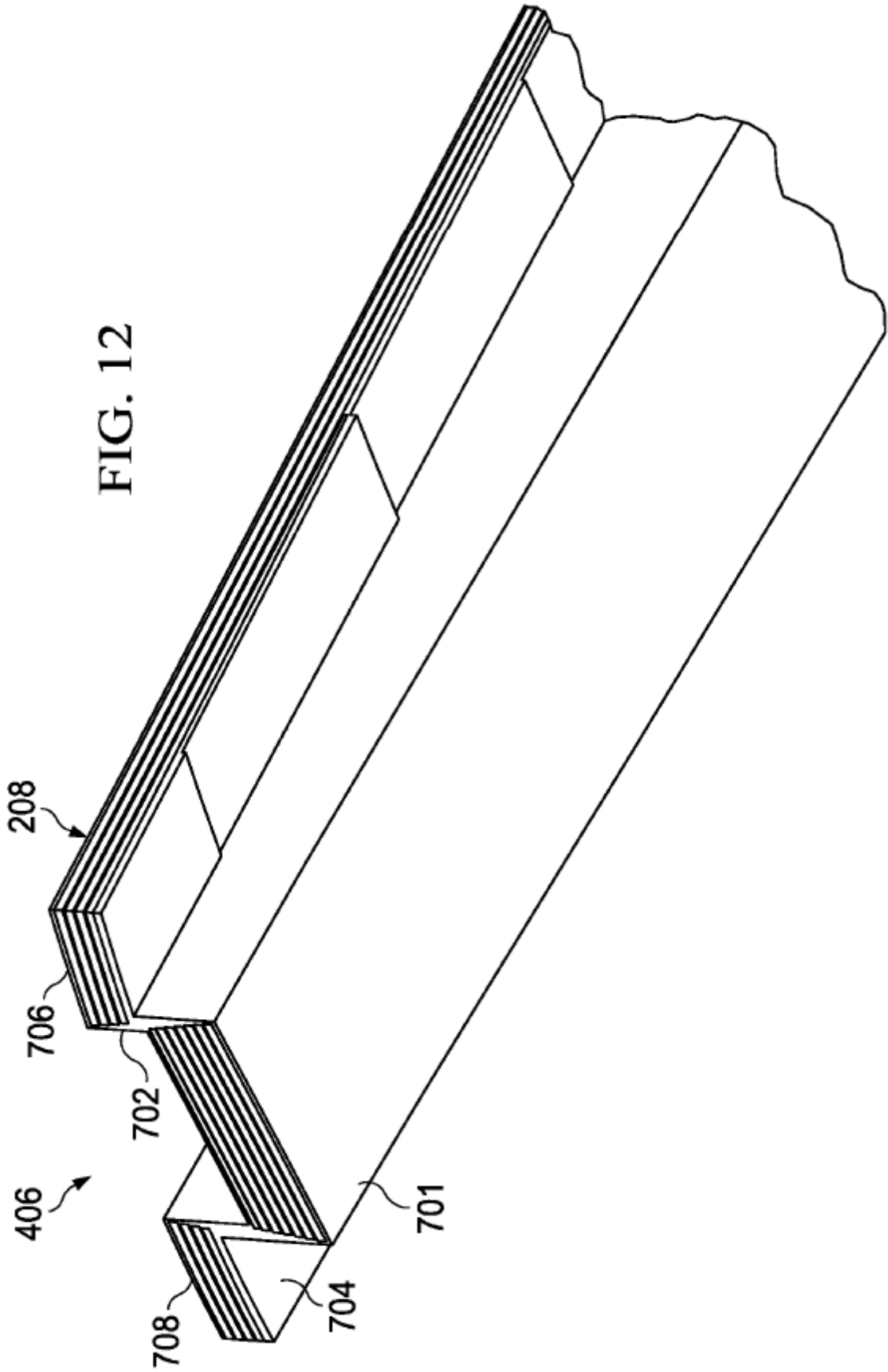
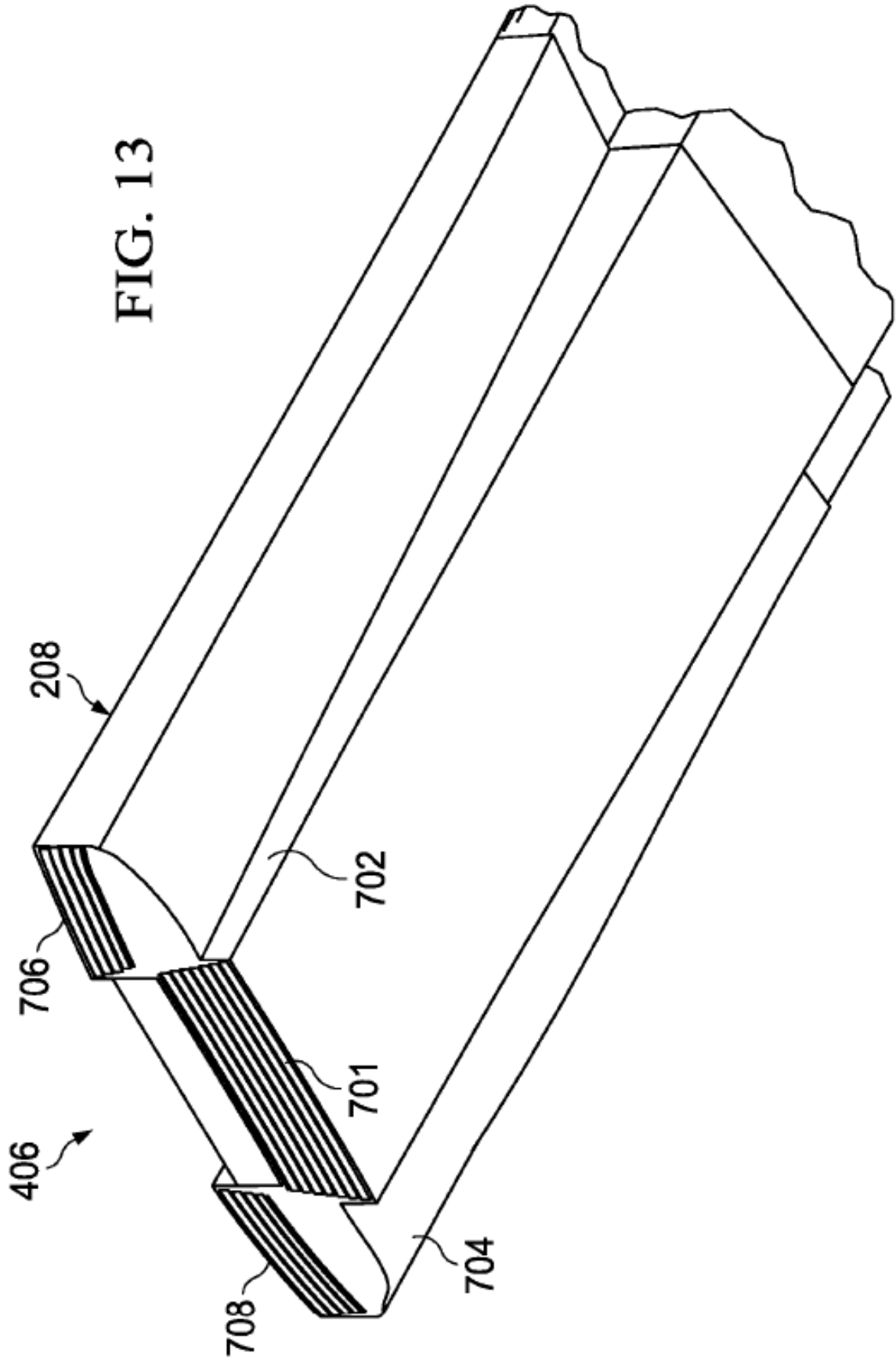


FIG. 13



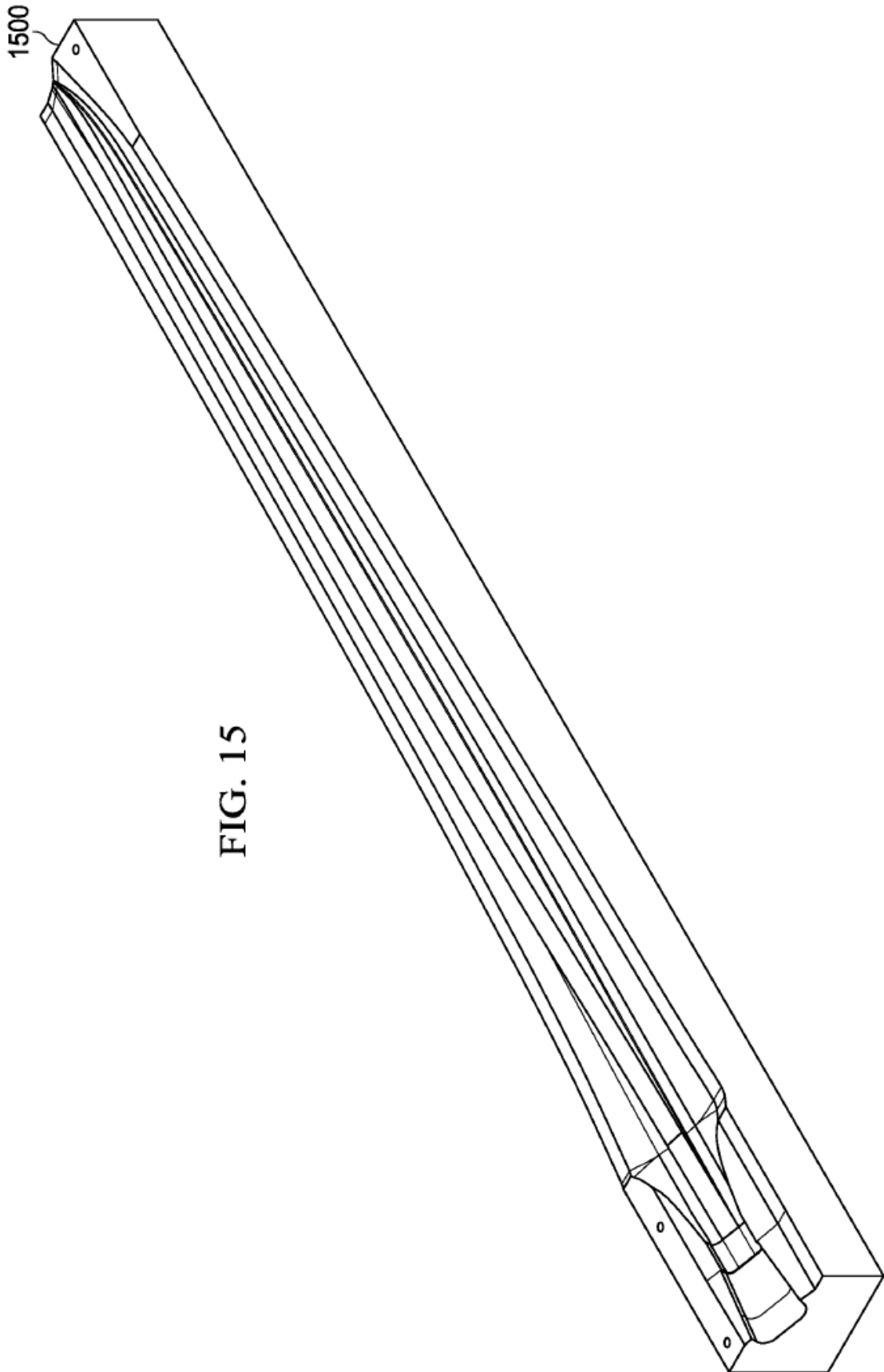


FIG. 15

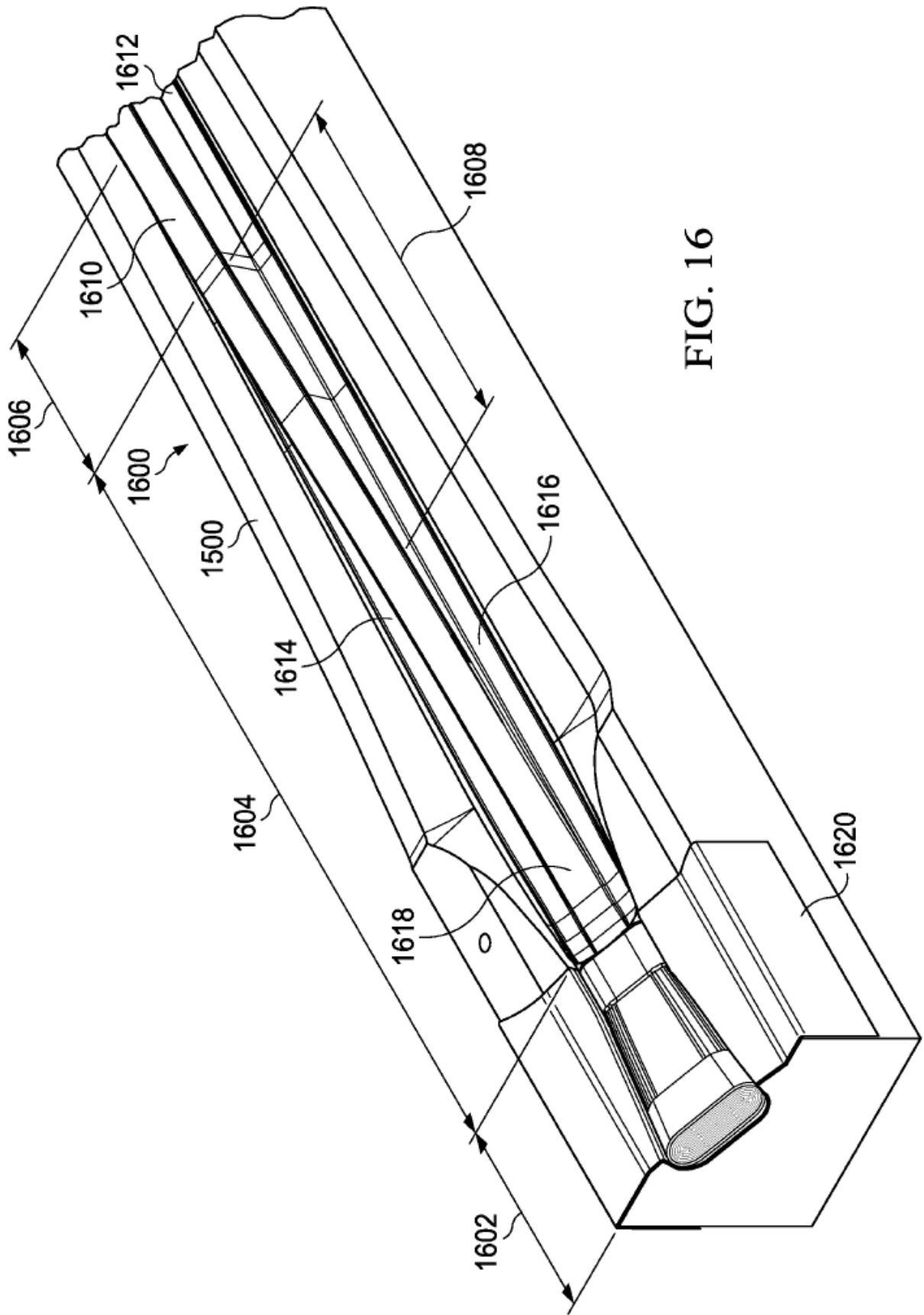


FIG. 16

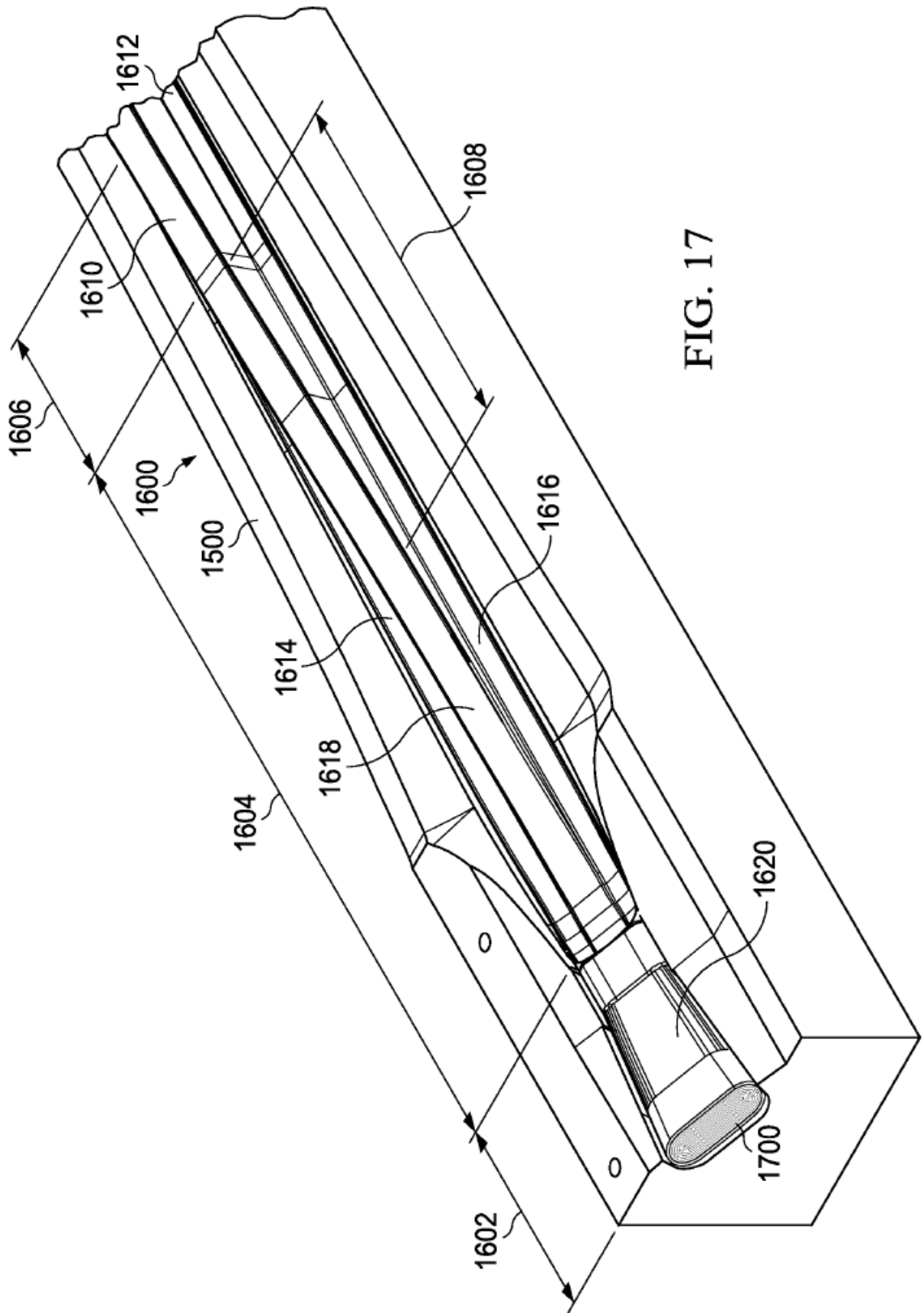
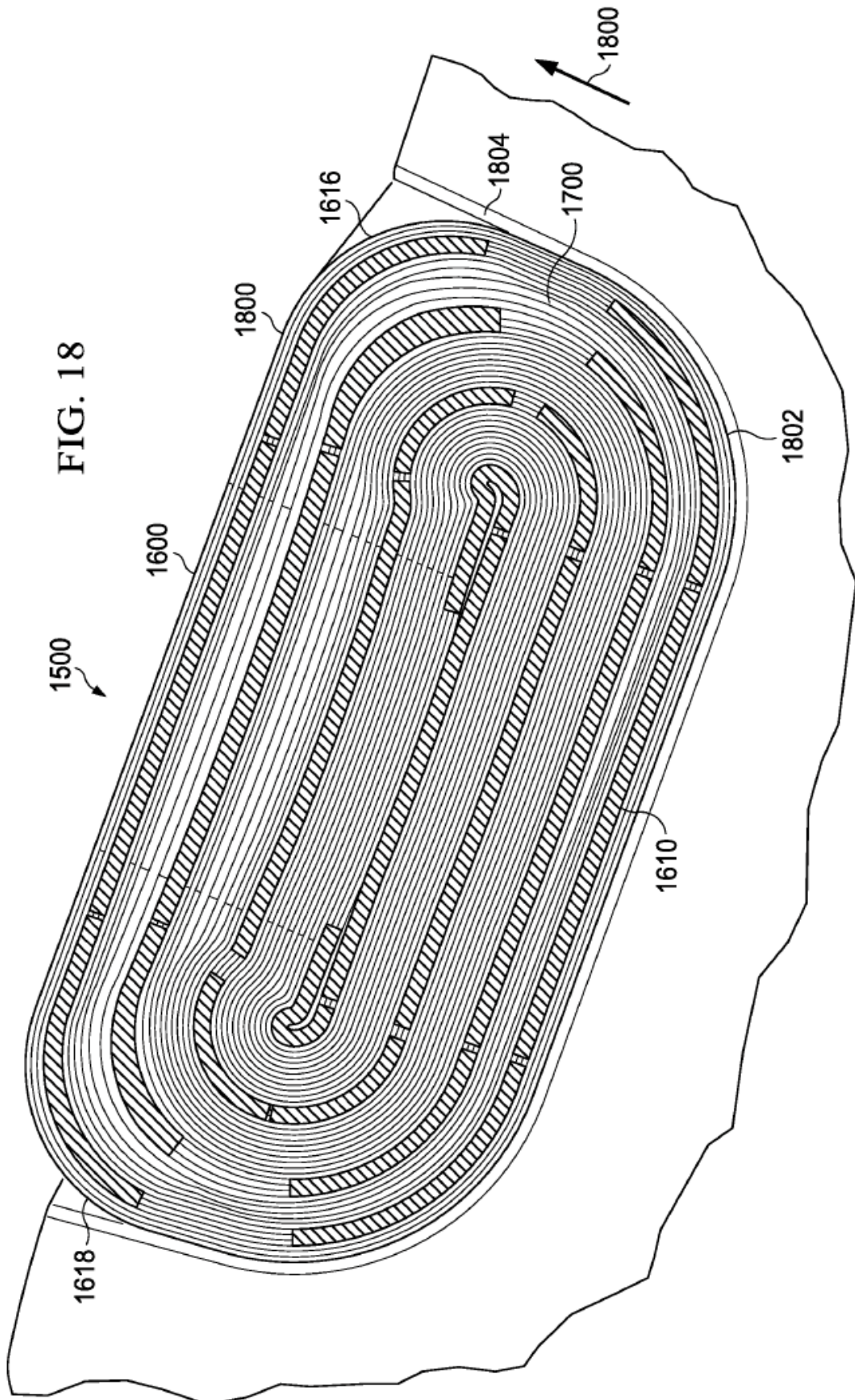
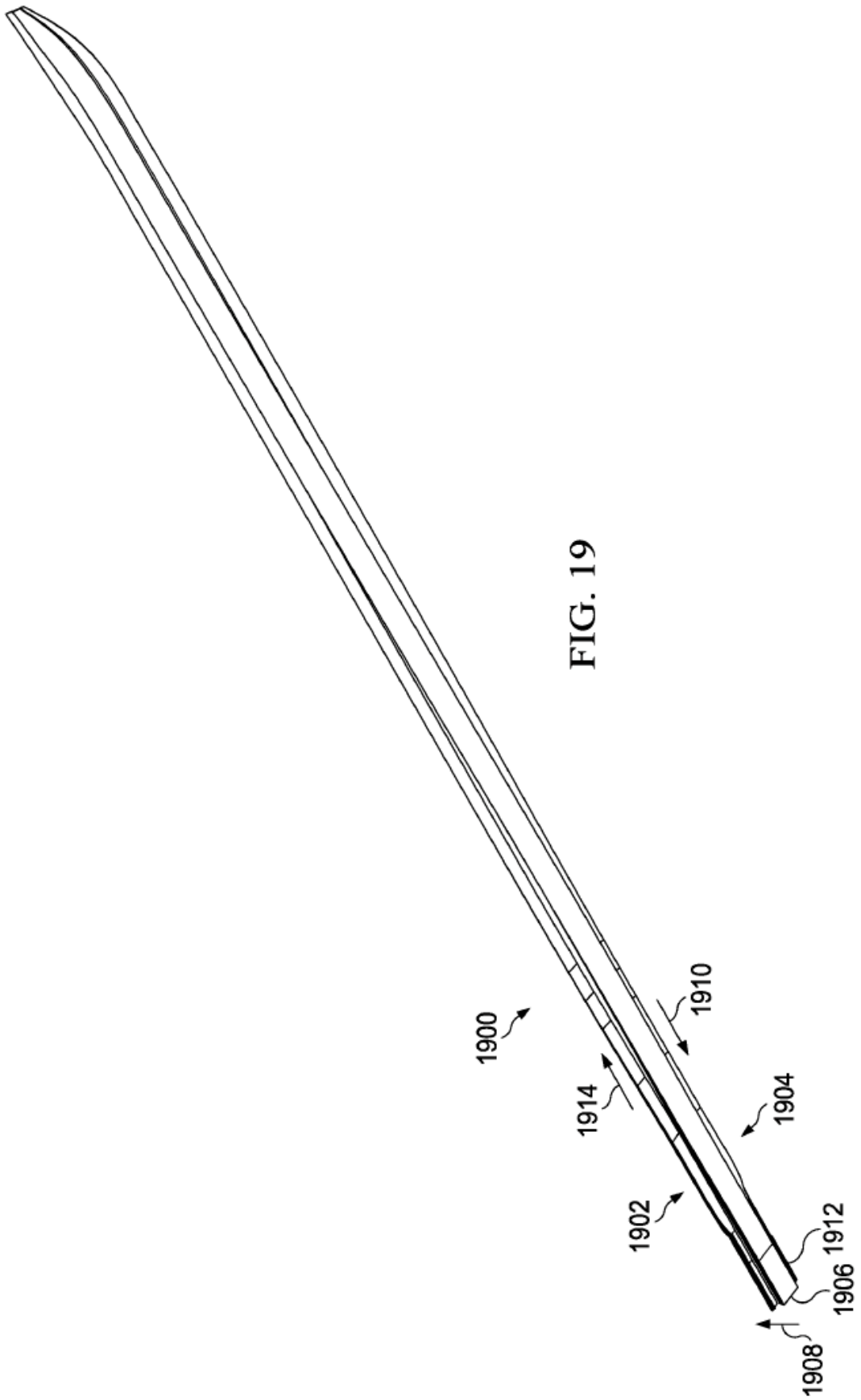
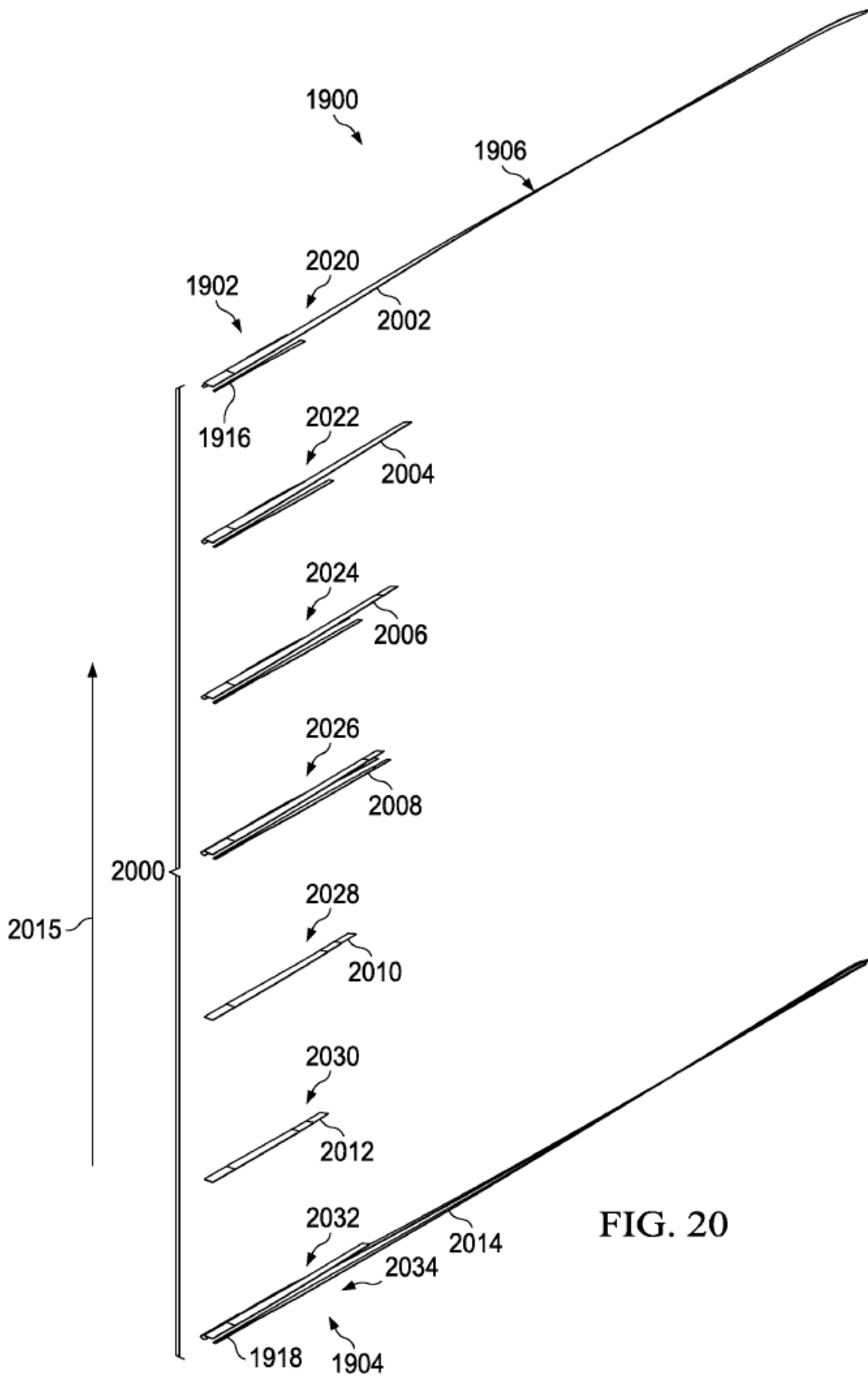
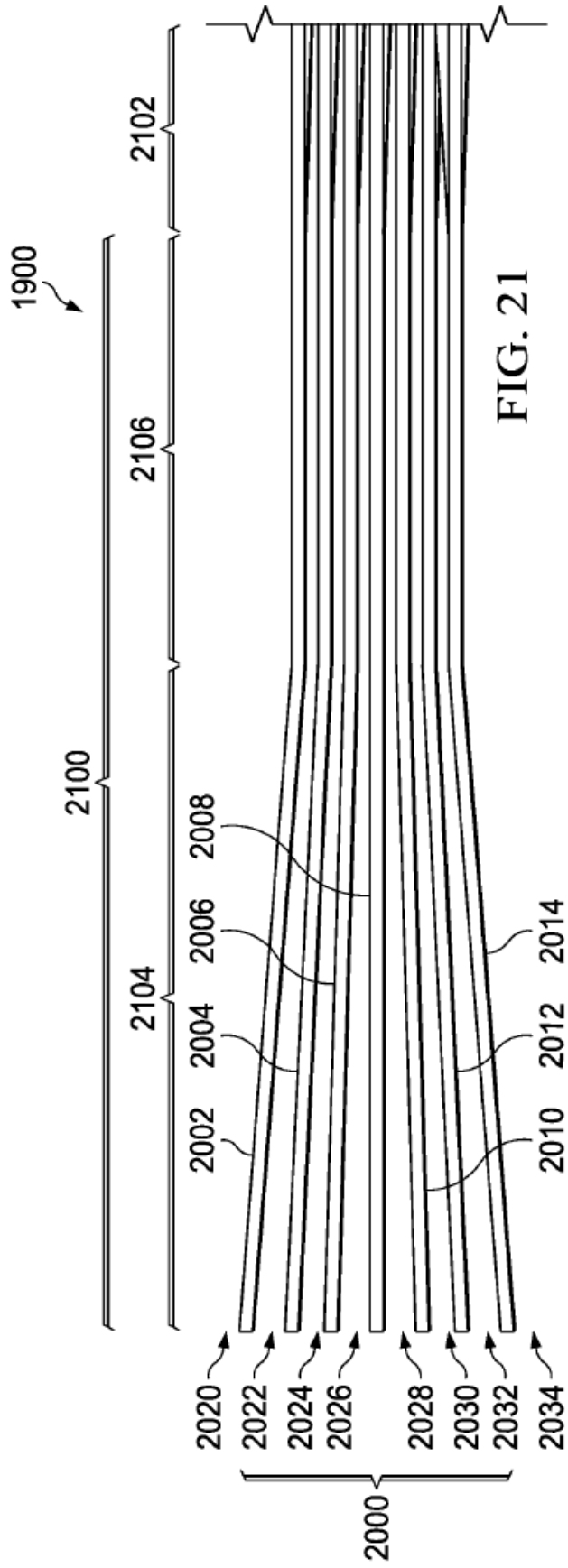


FIG. 17









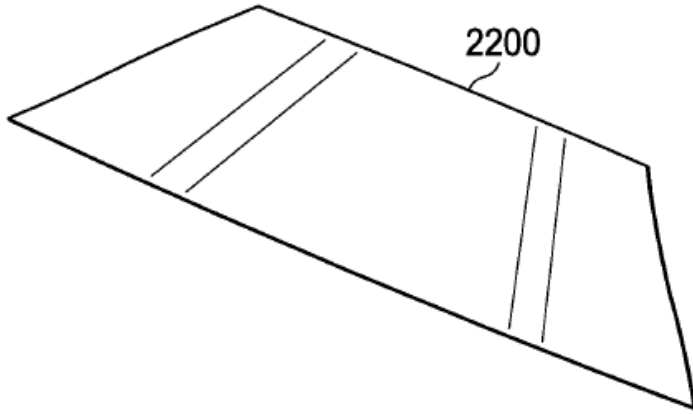


FIG. 22

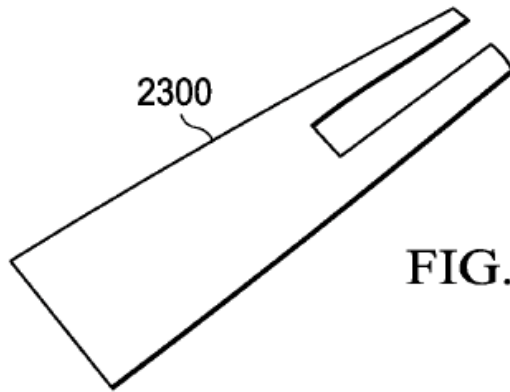


FIG. 23

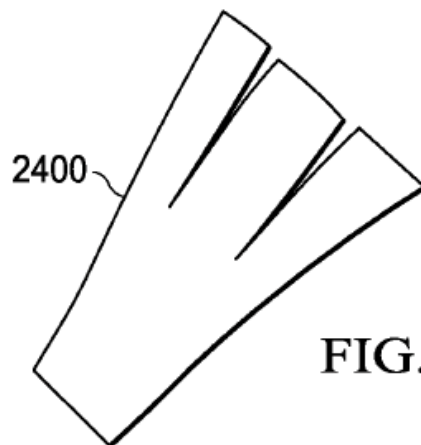


FIG. 24

FIG. 25

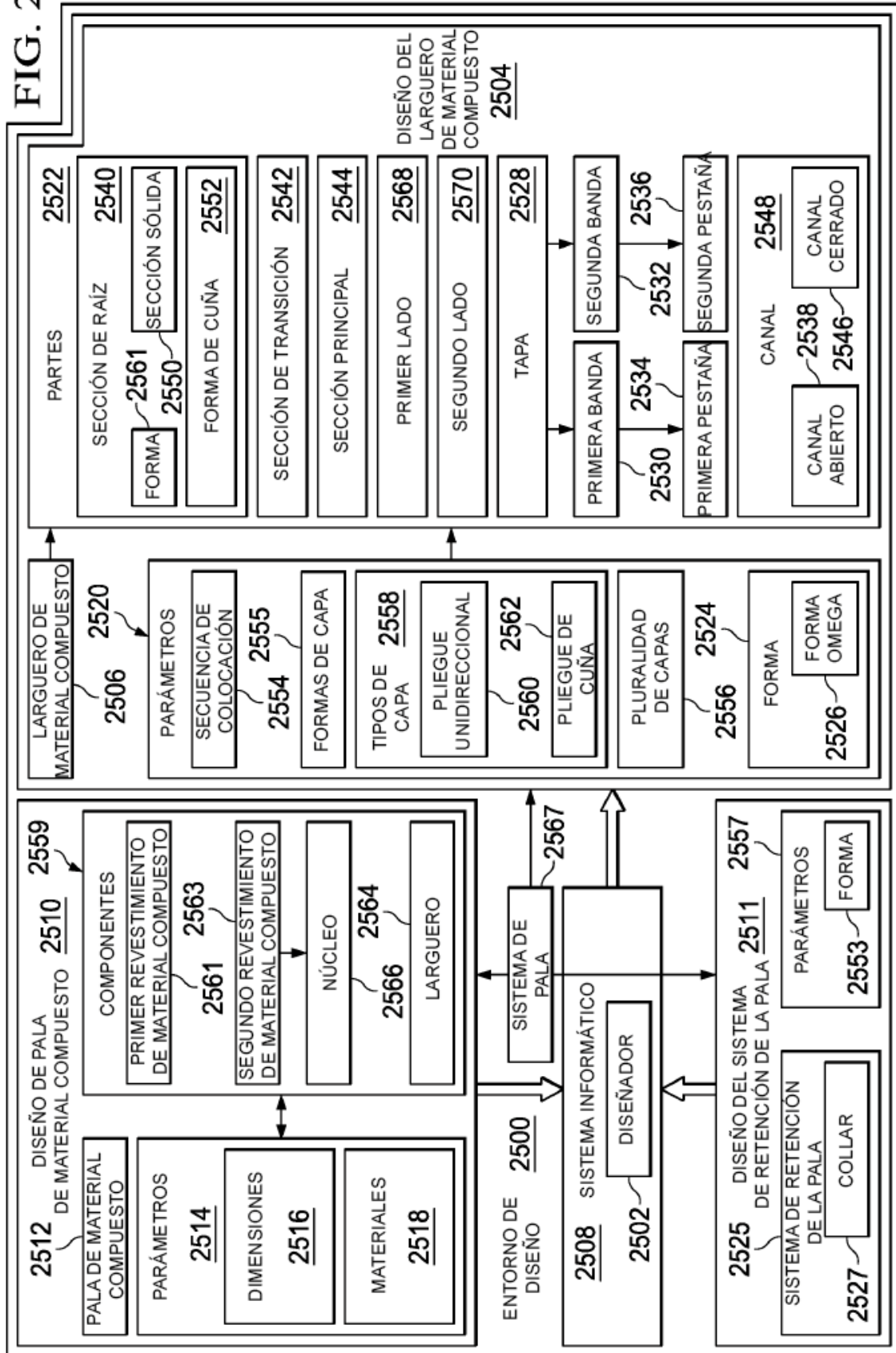


FIG. 26

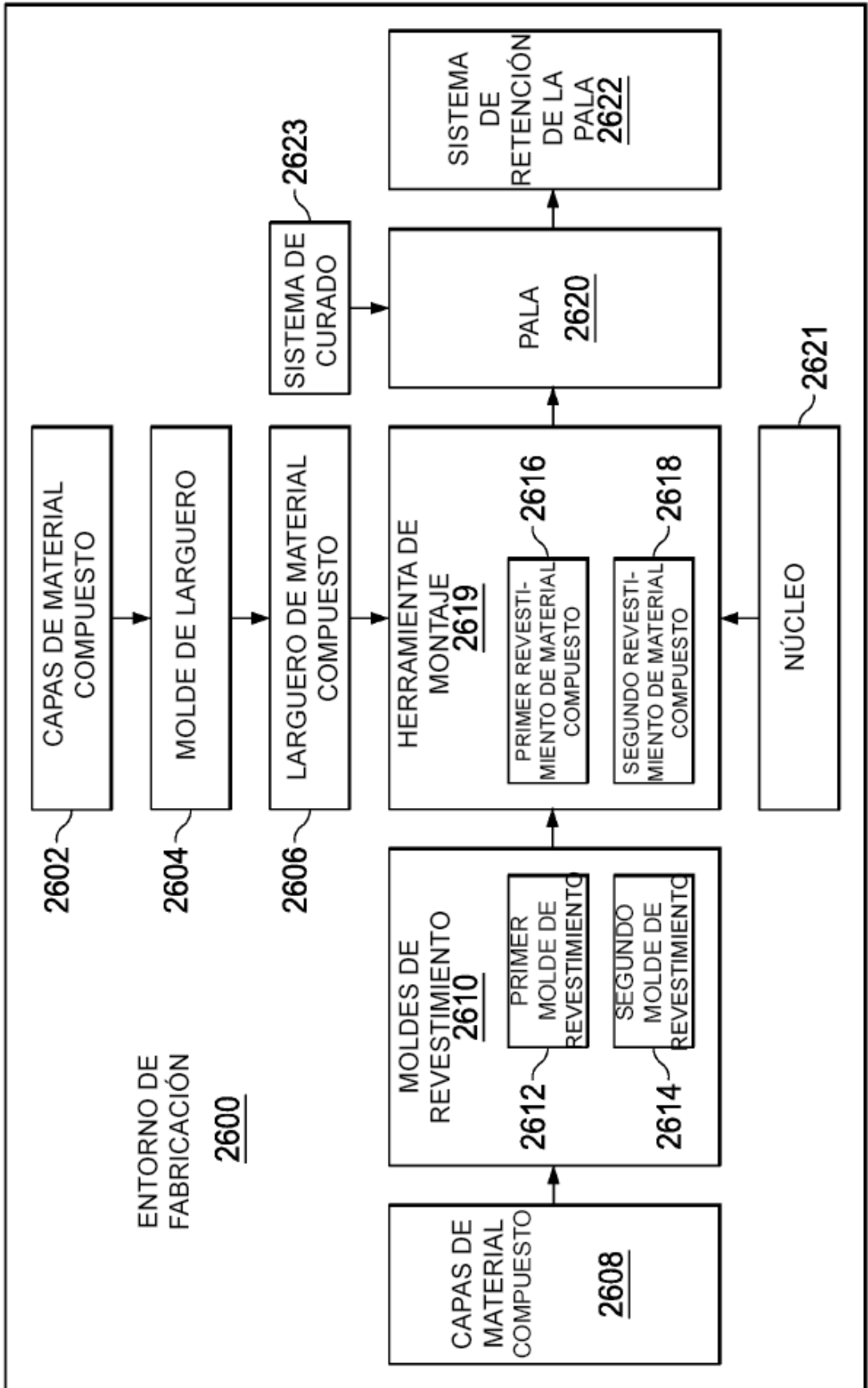




FIG. 27

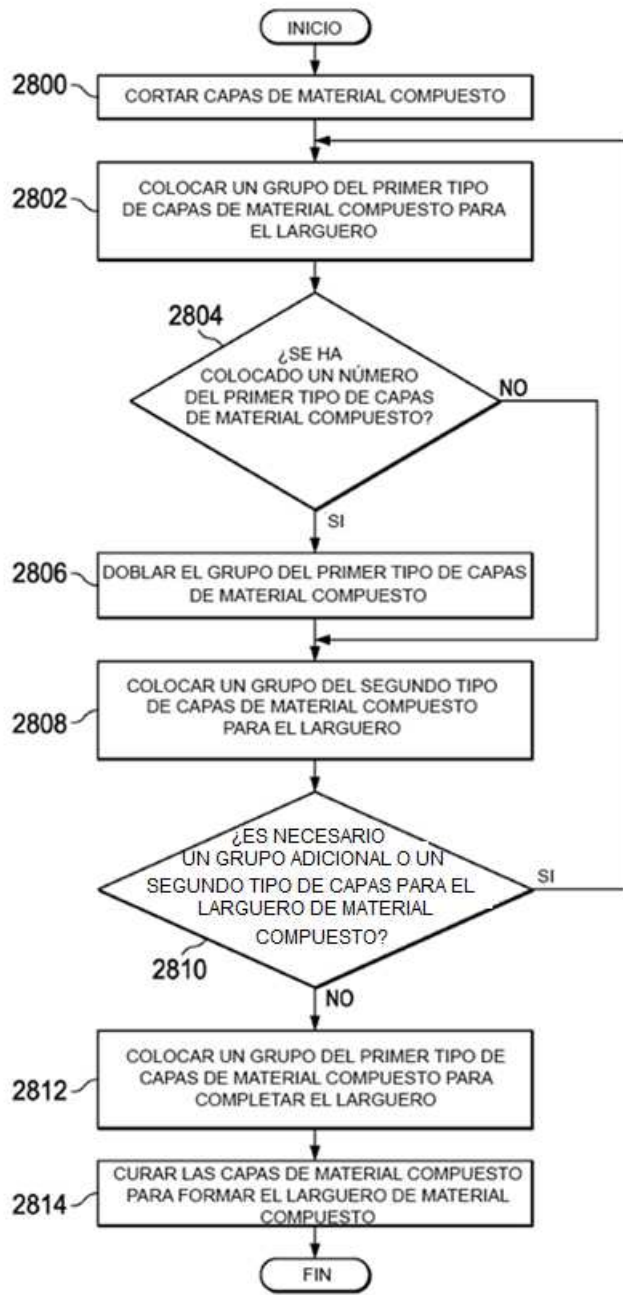


FIG. 28

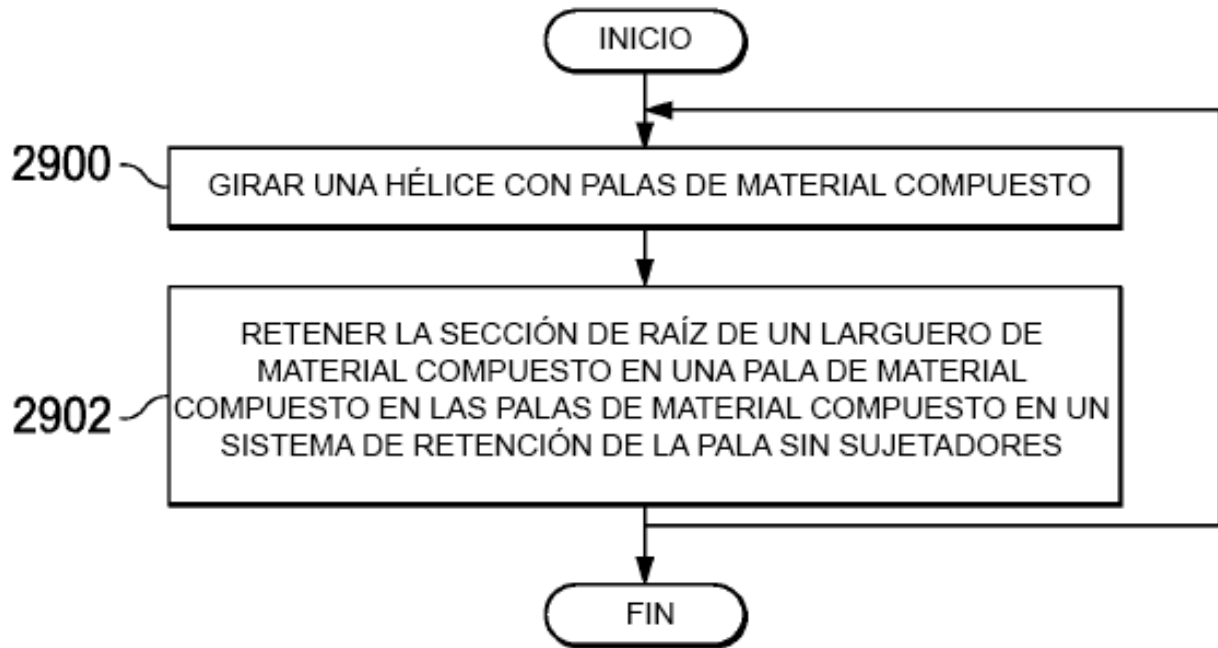


FIG. 29

FIG. 30

