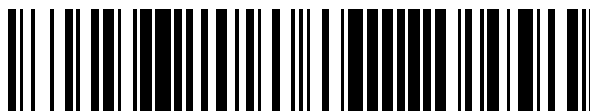


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 638 337**

51 Int. Cl.:

B29C 33/00 (2006.01)

B64F 5/00 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.12.2012** **E 12196759 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.05.2017** **EP 2604405**

54 Título: **Método y aparato para fabricar perfiles aerodinámicos integrados a gran escala**

30 Prioridad:

13.12.2011 US 201113324254

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

19.10.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

HANSEN, MARTIN W.

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 638 337 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y aparato para fabricar perfiles aerodinámicos integrados a gran escala

Información de antecedentes

1. Campo

- 5 La presente divulgación se refiere en general a técnicas y equipos para fabricar perfiles aerodinámicos tales como alas y estabilizadores, y trata más en particular con un método y un aparato para fabricar perfiles aerodinámicos integrados a gran escala formados a partir de materiales compuestos.

2. Antecedentes

- 10 Las estructuras de perfil aerodinámico a gran escala de material compuesto, tales como cajas de ala pueden ser construidas usando elementos de fijación para ensamblar mecánicamente múltiples componentes de material compuesto. El uso de elementos de fijación tiene una serie de desventajas, incluyendo, pero sin limitarse al aumento del recuento de piezas, mayores costes laborales para la perforación y el ensamblaje de los elementos de fijación, el peso añadido a la estructura y la susceptibilidad de los elementos de fijación a las descargas eléctricas.

- 15 Algunas de las desventajas del montaje mecánico usando elementos de fijación pueden superarse integrando componentes de material compuestos para reducir el conteo de piezas, sin embargo la integración a gran escala de estructuras de material compuesto puede presentar varios desafíos. Por ejemplo, aunque la integración a gran escala puede reducir el recuento de piezas, algunas piezas pueden requerir almacenamiento, manipulación y seguimiento especial antes de la operación de la unión final. Estos requisitos pueden, a su vez, aumentar el trabajo en proceso (WIP), los cambios de herramientas y el espacio de almacenamiento del congelador. Además, las herramientas necesarias para la integración a gran escala pueden ser relativamente complicadas, pesadas y costosas. Por ejemplo,
- 20 puede ser difícil conseguir el control dimensional deseado de estructuras integradas a gran escala sin el uso de herramientas de troquel combinado complicadas y costosas. Adicionalmente, las herramientas de unión final pueden requerir estructuras de refuerzo adicionales pesadas y costosas para soportar las fuerzas impuestas por el procesamiento en autoclave.

- 25 Las estructuras integradas a gran escala pueden requerir un área de embolsado al vacío proporcionalmente mayor, que puede requerir mucha mano de obra para instalar y se pueden presentar filtraciones en las bolsas que pueden ser difíciles de detectar y reparar antes del curado. Otro desafío que plantea la integración a gran escala implica el hecho de que ciertas operaciones de NDI (inspección no destructiva pueden llevarse a cabo solo después de un curado final. La NDI realizado después del paso de curado final puede no permitir la detección temprana de partes
- 30 que se deben rehacer y puede dar lugar a costosas reparaciones o desguaces de alguna parte o de un conjunto relativamente grande debido a una disconformidad en una parte relativamente pequeña.

- El documento WO 2008/020158 A2 muestra un conjunto de herramientas que comprende una herramienta de moldeo que comprende una superficie de moldeo y un rebajo de mandril en la superficie de moldeo; un primer mandril configurado para encajar en el rebajo del mandril y formar un primer componente; y un segundo mandril configurado
- 35 para encajar en el rebajo del mandril y formar un segundo componente que tiene una forma o tamaño diferente al primer componente. Un método de fabricación de una pieza, comprendiendo el método: disponer un conjunto de componentes sobre una o más herramientas de la línea de moldeo interior; formando una capa alrededor de las herramientas; adecuar un par de herramientas de línea de moldeo externas en lados opuestos de las herramientas de línea de moldeo interno; moldear la pieza comprimiendo la capa y los componentes entre las herramientas de línea interna y externa de moldeo y retirar las herramientas de línea de moldeo interna de la pieza.
- 40

- Por consiguiente, hay la necesidad de un método y un aparato para fabricar estructuras compuestas integradas a gran escala tales como perfiles aerodinámicos que disminuyan la necesidad de herramientas grandes, caras y/o complicadas para mantener el control dimensional sobre las piezas ensambladas, mientras que se reduce la cantidad de embolsado al vacío que es requerido durante las operaciones de curado final. También hay la necesidad de un
- 45 método y un aparato como se ha mencionado anteriormente que puedan permitir la detección temprana de piezas que requieran rehacerse antes de que estén integradas en una estructura final y que puedan evitar la necesidad de someter grandes piezas ensambladas a presiones en autoclave.

Resumen

- 50 La invención se refiere a un método para fabricar un perfil aerodinámico de acuerdo con la reivindicación 1 y un aparato para fabricar un perfil aerodinámico de acuerdo con la reivindicación 11.

- Las realizaciones divulgadas proporcionan un método y un aparato para fabricar estructuras compuestas integradas a gran escala tales como perfiles aerodinámicos que emplean unión de componentes con el fin de reducir o eliminar elementos de fijación y lograr una estabilidad dimensional deseada con herramientas relativamente pequeñas y livianas. En una realización, las cajas de perfil aerodinámico se fabrican usando recubrimientos precurados y redes
- 55 de larguero que se ensamblan con cordones de larguero no curados usando herramientas relativamente simples y

baratas. Los recubrimientos precurados y los largueros se combinan con herramientas simples internas de una manera integrada que les permite funcionar como la herramienta de unión final entre ellos mismos. El curado final puede requerir que las fuerzas del autoclave se apliquen solamente al área de los cordones del larguero, y se reduce o se elimina la necesidad de que todo el conjunto reaccione a estas grandes fuerzas del autoclave. En algunas aplicaciones, dependiendo de los sistemas del material que se utilice, el curado final puede llevarse a cabo en un horno a presión atmosférica o cercana a ella. Las herramientas de curado final no requieren definición de OML (línea externa de moldeo) ni soporte extensivo de estructuras grandes. Durante el curado en autoclave, los cordones de larguero sin curar están libres de moverse en respuesta a la presión en autoclave, lo que hace que los cordones de larguero sin curar se adapten y se amolden a la IML (línea interna de moldeo) del recubrimiento, proporcionando así un buen ajuste entre los largueros y el recubrimiento. El uso de recubrimientos precurados y redes de larguero, junto con herramientas integradas y técnicas especiales de embolsado, simplifican el procesamiento final de curado a gran escala, reduciendo en gran medida la cantidad de embolsado al vacío y las herramientas complejas asociadas. Además, las herramientas integradas permiten el manejo y la indexación de piezas delgadas, tales como los cordones de larguero con un riesgo reducido de daño, y proporciona un soporte continuo de grandes detalles sueltos y no curados (por ejemplo, cordones de larguero) con una mínima necesidad de equipo auxiliar. El método y el aparato divulgados permiten NDI de componentes compuestos antes de las operaciones finales de unión y pueden reducir significativamente la necesidad de repasar.

Otra ventaja de las realizaciones divulgadas reside en el hecho de que los recubrimientos y los largueros precurados pueden ser recortados en malla antes de las operaciones finales de unión. Estructuras integradas a gran escala izquierda y derecha pueden ser construidas sobre el mismo accesorio de unión final. El embolsado al vacío se simplifica y puede llevarse a cabo usando conceptos de embolsado reutilizables. Los ciclos de curado final pueden reducirse significativamente en comparación con las estructuras integradas de CFRP (fibra de carbono reforzada), debido a la reducción de peso de las herramientas de unión final.

Breve descripción de los dibujos

Las características novedosas de las realizaciones ventajosas se exponen en las reivindicaciones adjuntas. Sin embargo, las realizaciones ventajosas, así como un modo de uso preferido, otros objetivos y ventajas del mismo, se entenderán mejor haciendo referencia a la siguiente descripción detallada de una realización ventajosa de la presente divulgación cuando se lea conjuntamente con los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 es una ilustración de una aeronave que tiene perfiles aerodinámicos fabricados de acuerdo con las realizaciones descritas.

La figura 2 es una ilustración de una vista en sección tomada a lo largo de la línea 2-2 de la figura 1.

La figura 3 es una ilustración global de un diagrama de bloques funcional de un aparato para fabricar perfiles aerodinámicos de acuerdo con las realizaciones divulgadas.

La figura 4 es una ilustración de un diagrama de flujo de un método para fabricar un perfil aerodinámico.

La figura 5 es una ilustración de una vista de un extremo de la configuración de curado y un par de herramientas internas, sin mostrar los recubrimientos y los largueros para mayor claridad.

La figura 6 es una ilustración de una vista lateral tomada en la dirección mostrada como "6" en la figura 5.

Las figuras 7A-7D son ilustraciones que muestran pasos secuenciales para fabricar los cordones de red.

Las figuras 8A a 8C son ilustraciones que muestran pasos secuenciales para fabricar los rellenos.

Las figuras 9 a 12 son ilustraciones de vistas en sección transversal de un conjunto de herramienta de compactación, mostrando los pasos secuenciales para ensamblar y compactar los componentes del larguero.

La figura 13 es una ilustración de una vista de extremo de un dispositivo de premontaje de larguero durante la carga de una parte inferior de una herramienta interna.

La figura 14 es una ilustración similar a la figura 13, pero mostrando la parte inferior de la herramienta cargada completamente y representando un larguero ensamblado en el proceso de ser cargado sobre la parte inferior de la herramienta.

La figura 15 es una ilustración similar a la figura 14, pero que muestra la parte superior de la herramienta interna en el proceso de ser cargado sobre el dispositivo de premontaje.

La figura 16 es una ilustración similar a la figura 15, pero mostrando la parte de herramienta superior que ha sido cargada y que representa la instalación de un collar de manga de sujeción.

La figura 17 es una ilustración similar a la figura 16, pero mostrando la manga de sujeción completamente instalada, y el larguero sujeto dentro de la herramienta interna.

La figura 18 es una ilustración similar a la figura 17, pero mostrando el ensamble de la herramienta interna y el larguero sujetado que se separan del dispositivo de premontaje.

La figura 19 es una ilustración de una vista de extremo que muestra la herramienta interna y un larguero sujetado que se carga sobre el accesorio de curado.

- 5 La figura 20 es una ilustración similar a la figura 19 pero que muestra una segunda herramienta interna y un larguero sujeto en el proceso de ser cargado sobre el accesorio de curado.

La figura 21 es una ilustración de una vista lateral similar a la de la figura 6, pero que muestra dos largueros sostenidos respectivamente en las herramientas internas mostradas en la figura 20 e indexado a lo largo de la longitud del accesorio de curado.

- 10 La figura 22 es una ilustración de una vista en sección transversal que muestra la colocación de agujeros de indexación en los recubrimientos y dos de las redes de larguero.

La figura 23 es una ilustración de una vista de extremo del accesorio de curado que muestra los recubrimientos en el proceso de montaje sobre las herramientas internas.

- 15 La figura 24 es una ilustración similar a la figura 23 pero mostrando los recubrimientos colocados contra las herramientas internas y los pasadores del sujetador que se están preparando para la instalación.

La figura 24A es una ilustración del área designada como la figura 24A en la figura 23, e ilustrando un espacio entre los cordones del larguero y el recubrimiento.

La figura 25 es una ilustración similar a la figura 24, pero mostrando que se ha instalado el refuerzo en el accesorio de curado.

- 20 La figura 26 es una ilustración de una vista lateral tomada en la dirección mostrada como "26" en la figura 25.

La figura 27 es una ilustración de una vista de extremo que muestra la caja de perfil aerodinámico que se retira del accesorio de curado después del curado final.

La figura 28 es una ilustración de una vista lateral que muestra la caja de perfil aerodinámico que se levanta del accesorio de curado después del curado final.

- 25 La figura 29 es una ilustración de una vista en sección transversal de la caja de perfil aerodinámico, que muestra una herramienta de desmontaje insertada en las herramientas internas.

La figura 30 es una ilustración similar a la figura 29 que muestra que la herramienta de desmontaje ha sido retirada y las mangas de sujeción han sido liberadas de las herramientas internas.

- 30 La figura 31 es una ilustración de una vista en planta de la caja de perfil aerodinámico a medida que las herramientas internas se están retirando de la misma.

La figura 32 es una ilustración de una vista en perspectiva que muestra una herramienta de compactación de cordones para ayudar a comprimir el cordón del larguero.

- 35 Las figuras 33-36 son ilustraciones similares a las figuras 9-12, mostrando pasos secuenciales para montar y compactar los componentes de largueros usando la herramienta de compactación de cordones mostrada en la figura 32.

La figura 37 es una ilustración de una sección transversal de una forma alternativa de la parte inferior de una herramienta interna adaptada para ser utilizada con la herramienta de compactación de cordón mostrada en la figura 32.

- 40 La figura 38 es una ilustración similar a la figura 37 pero mostrando el larguero ensamblado de la figura 36 que se carga sobre la parte inferior de la herramienta interna mostrada en la figura 37.

La figura 39 es una ilustración similar a la figura 38 pero que muestra la parte superior de la herramienta interna cargada sobre el larguero.

La figura 40 es una ilustración similar a la figura 39 pero mostrando la herramienta interna completamente montada sobre el larguero.

- 45 La figura 41 es una ilustración de una vista en sección transversal de una forma alternativa de los cordones de larguero que tienen extremos recortados.

La figura 42 es una ilustración de un extremo de una red de larguero cónica a lo largo de un lado.

La figura 43 es una ilustración similar a la figura 41 pero con extremos de cordón sin recortar y mostrando el uso de la red de larguero de la figura 42.

La figura 44 es una ilustración similar a la figura 43, pero que muestra el uso de un cordón de larguero que tiene una brida con una conicidad interna que coincide con la conicidad de la red de larguero mostrada en la figura 42.

- 5 La figura 45 es una ilustración similar a la figura 44 pero que muestra una red de larguero con un extremo ahusado simétricamente y cordones de larguero internamente ahusados para adaptarse a la conicidad de la red de larguero.

La figura 46 es una ilustración de los componentes mostrados en la figura 45, en forma expandida.

La figura 47 es una ilustración del área designada como la figura 47 en la figura 45.

La figura 48 es una ilustración de otra realización de un cordón del larguero que tiene bridas ahusadas externamente.

- 10 La figura 49 es una ilustración de un diagrama de flujo que muestra detalles adicionales del método de fabricación del perfil aerodinámico.

La figura 50 es una ilustración de un diagrama de flujo de la producción de aeronaves y la metodología de servicio.

La figura 51 es una ilustración de un diagrama de bloques de una aeronave.

Descripción detallada

- 15 Haciendo referencia en primer lugar a la figura 1, una aeronave 100 incluye un fuselaje 102 que tiene uno o más perfiles aerodinámicos, que en el ejemplo ilustrado comprende alas 104, estabilizadores 106 horizontales y estabilizador 108 vertical. La figura 2 ilustra una caja 110 de perfil aerodinámico típica que puede formar una parte de, por ejemplo y sin limitación, cada una de las alas 104 de la aeronave 100 mostrada en la figura 1. La caja 110 de perfil aerodinámico se extiende en la dirección 105 de envergadura mostrada en la Fig. 1 (en el papel de la figura 2) de un ala 104, y ampliamente incluye uno o más largueros 112 intercalados entre un par de recubrimientos 114 exteriores. Los largueros 112 así como los recubrimientos 114 exteriores pueden comprender cada uno un material compuesto laminado reforzado con fibra, tal como, sin limitación, epoxi de fibra de carbono.

- 25 Los largueros 112 pueden estar separados en la dirección 128 de cuerda a una distancia adecuada para satisfacer los requisitos de diseño. Cada uno de los largueros 112 incluye una red 116 de larguero situada en un plano que se extiende en dirección a los recubrimientos 114 de ala. Cada uno de los largueros 112 incluye además un par de cordones 118 de larguero en extremos opuestos de la red 116 de larguero. Cada uno de los cordones 118 de larguero es generalmente en forma de L en sección transversal e incluye bridas 120, 122. Como se discutirá más adelante con más detalle, cada una de las bridas 122 está unida a la red 116 de larguero y cada una de las bridas 120 está unida a la IML 115 (línea interna del moldeo) de uno de los recubrimientos 114. Cada una de las redes 116 de larguero incluye un agujero 126 de indexación en un área mediana del mismo para propósitos que se discutirán a continuación. Un relleno 124 de radio formado de material compuesto o un adhesivo adecuado llena un espacio entre el extremo de una red 116 de larguero, los cordones 118 de larguero y el recubrimiento 114 con el fin de reforzar la unión entre los largueros 112 y los recubrimientos 114. La figura 2 y las figuras subsecuentes ilustran una caja 110 de perfil aerodinámico sustancialmente plana, sin embargo la caja 110 de perfil aerodinámico, incluyendo las redes 116 de larguero y/o los recubrimientos 114, normalmente estarán contorneadas en una o más direcciones, incluyendo curvas a lo largo de la dirección 105 en sentido transversal (figura 1) y a lo largo de la dirección 128 de cuerda ilustrada en la figura 2.

- 40 La atención se dirige ahora a la figura 3 que ilustra ampliamente el aparato 135 para fabricar un perfil aerodinámico de material compuesto tal como la caja 110 de perfil aerodinámico mostrada en la Fig. 2. El aparato 135 comprende ampliamente una o más herramientas 138 internas y un accesorio 140 de curado. Un larguero 112 que comprende una red 116 de larguero y cordones 118 de larguero "verdes" que se sujetan a una herramienta 138 interna. Los recubrimientos 114 se aseguran entonces temporalmente a la herramienta 138 interna, en relación indexada con el larguero 112 a lo largo de la dirección 105 de envergadura (figura 1) de la caja 110 de perfil aerodinámico. El conjunto del larguero 112 y los recubrimientos 114 se carga sobre un accesorio 140 de curado y toda la estructura ensamblada se puede colocar en un autoclave para el curado final. Como se discutirá más adelante con más detalle, la red 116 de larguero así como los recubrimientos 114 son precurados y los cordones 118 de larguero se curan cuando toda la estructura ensamblada se coloca en el autoclave para el curado final. Alternativamente, dependiendo de los sistemas de material que se utilicen en una aplicación particular, el curado final puede llevarse a cabo en un horno a presión atmosférica o cerca de ésta (por ejemplo, 15 psi).

- 50 La figura 4 ilustra ampliamente los pasos de un método de fabricación de un perfil aerodinámico compuesto, tal como la caja 110 de perfil aerodinámico mostrada en la Fig. 2. Comenzando en 130, los recubrimientos 114 compuestos se hacen y se curan previamente. De forma similar, en 131 se hacen y precuran una o más redes de larguero de material compuesto. Los recubrimientos 114 y las redes 116 de larguero pueden ser fabricadas usando técnicas de fabricación de laminado de compuesto de fabricación convencional, incluyendo la colocación automática o manual de capas. A continuación, en 132, se forma al menos un larguero 112 mediante la unión de acordones 118 de larguero no curados

y rellenos 124 en la red 116 de larguero previamente curada. En el paso 134, se ensamblan los recubrimientos 114 precurados y un larguero 112. Los cordones 118 del larguero son compactados contra los recubrimientos 114. Finalmente, en el paso 136, los cordones 118 de larguero se curan, uniéndolos de este modo tanto a la red 116 de larguero precurado como a los recubrimientos 114 precurados.

La atención se dirige ahora a las figuras 5 y 6 que ilustran detalles adicionales de las herramientas 138 internas y el accesorio 140 de curado. En este ejemplo, se muestran un par de herramientas 138 internas, sin embargo, en otras realizaciones, puede emplearse más o menos una herramienta 138 interna, dependiendo del número de largueros 112 utilizados en la caja 110 de perfil aerodinámico (Figura 2). Cada una de las herramientas 138 internas comprende una primera y una segunda mitades o partes 138a y 138b, que por conveniencia se denominarán aquí como una parte 138a de herramienta superior y una parte 138b de herramienta inferior. Las partes 138a, 138b de herramienta superior e inferior están acopladas entre sí por medio de una manga 144 de sujeción extraíble que incluye un collar 146 de manga de sujeción.

El accesorio 140 de curado incluye una pluralidad de varillas 154 de indexación separadas soportadas sobre una base 150. Las varillas 154 de indexación soportan e indexan las herramientas 138 internas a lo largo de toda la longitud del accesorio 140 de curado en múltiples ubicaciones. Las herramientas 138 internas se extienden a lo largo del tramo completo de la caja 110 de perfil aerodinámico. Como se discutirá más adelante, las herramientas 138 internas no pueden someterse a fuerzas de autoclave durante el proceso de curado final. Las herramientas 138 internas tienen superficies 226 exteriores que son curvadas, como se requiere para coincidir sustancialmente con la curvatura de los recubrimientos 114. El accesorio 140 de curado puede incluir además refuerzo 152 para soportar las varillas 154 de indexación y las herramientas 138 internas, según se requiera. Debe observarse aquí que en el ejemplo ilustrado, las herramientas 138 internas y la herramienta 140 de accesorio de curado no requieren ninguna estructura que defina la OML (línea de molde exterior) de la caja 110 de ala, puesto que dicho OML está definido por los recubrimientos 114 precurados.

Como se verá más adelante, las varillas 154 de indexación, la base 150 y el refuerzo 152 proporcionan esencialmente un accesorio de sujeción relativamente simple para sujetar las herramientas 138 internas en una posición indexada a lo largo de la dirección 105 de envergadura (Figura 1) de la caja 110 de ala durante el curado final. Cada una de las partes 138a, 138b de herramienta superior e inferior incluye un rebajo 142 generalmente en forma de L para propósitos que se harán más evidentes a continuación. Los topes 148 de indexación asegurados a las varillas 154 de indexación determinan la posición vertical de cada una de las herramientas 138 internas sobre el accesorio 140 de curado.

Con referencia ahora a la figura 7A, cada uno de los cordones 118 de larguero mostrados en la figura 2 pueden fabricarse montando una colocación plana, compuesta de varias capas, utilizando por ejemplo procesos automatizados controlados numéricamente, tal como una máquina automática de colocación de fibras. Otras técnicas de colocación son posibles. Haciendo referencia a la figura 7B, el laminado 158 plano puede ser forrado en caliente sobre un bloque 160 de conformación adecuado, para formar el laminado 158 plano hasta la forma deseada del cordón 118e de larguero. Pueden ser posibles otras técnicas de conformación. A continuación, como se muestra en la figura 7C, se puede aplicar una capa de adhesivo 161 sobre el cordón 118 de larguero formado, después de lo cual, tal como se muestra en la figura 7D, el cordón 118 del larguero puede ser retirado del bloque 160 de conformación y recortado según se desee en su estado verde o no curado. Alternativamente, la capa de adhesivo 161 puede aplicarse a la red 116 de larguero cuando los componentes del larguero 112 se ensamblan, como se discute a continuación en relación con la figura 9.

Las figuras 8A-8C ilustran un método para formar los rellenos 124. Como se muestra en la figura 8A, una longitud de un material de relleno 124 que puede comprender un adhesivo o laminados colocados en la cavidad 166 matriz de un molde 164 matriz. Entonces, como se muestra en la figura 8B, se utiliza una herramienta 168 adecuada para presionar el material de relleno 124 en la cavidad 166 matriz, formando de este modo el material de relleno 124 con la forma de sección transversal deseada. Haciendo referencia a la figura 8C, el relleno 124 preformado puede ser retirado del molde 164 de matriz y recortado según se desee en su estado verde o no curado.

Las figuras 9-12 ilustran secuencialmente una técnica adecuada para el premontaje de los componentes del larguero 112 usando un conjunto 165 de herramienta de compactación y precompactar los cordones 118 de larguero contra la red 116 de larguero. El conjunto 165 de herramienta de compactación comprende moldes 170, 172 de formación superior e inferior y moldes 176, 178 de formación lateral. El conjunto 165 de herramienta de compactación incluye además una pluralidad de pasadores 180 de alineación central separados entre sí, asegurados en el bloque 172 inferior que están alineados con y recibidos dentro de agujeros 174 correspondientes en el molde 170 superior. La separación y el tamaño de la sección transversal y la forma de los pasadores 180 de alineación se corresponden sustancialmente con la de las varillas 154 de indexación mostradas en las figuras 5 y 6.

La red 116 de larguero puede comprender un laminado de material compuesto curado plano que tiene una pluralidad de aberturas 126 centrales separadas en su interior que reciben respectivamente los pasadores 180 de alineación para alinear la red 116 de larguero curada en el conjunto 165 de herramienta de compactación. La red 116 de larguero curada, los rellenos 124 no curados y los cordones 118 de larguero no curados se ensamblan como se muestra en la Fig. 9, después de lo cual, tal como se muestra en la Fig. 10, los moldes 170, 172, 176, 178 de formación se utilizan para precompactar los componentes del larguero 112. Los moldes 170, 172, 176 de formación pueden compactarse

usando bolsas de vacío convencionales (no mostradas) o dispositivos de prensa (no mostrados). El adhesivo 161 (figuras 7C, 7D) ayuda a sujetar los cordones 118 de larguero no curados sobre la red 116 de larguero curada cuando los cordones 118 de larguero están siendo comprimidos contra la red 116 de larguero y el relleno 124. Después de la compactación, el molde 170 de formación superior se eleva como se muestra en la figura 11, permitiendo que el larguero 112 ensamblado sea retirado del bloque 172 de formación inferior y los pasadores 180 de alineación, como se muestra en la figura 12. Como se discutirá más adelante con más detalle, los cordones 118 de larguero se adhieren a la red 116 de larguero en ubicaciones tales que los cordones 118 de larguero quedan ligeramente separados de la IML (línea de moldeo interno) 115 (figura 2) de los recubrimientos 114 para asegurar que no hay interferencia de ajuste cuando se ensamblan entre sí.

La figura 13 ilustra un dispositivo 200 de premontaje que se utiliza para preensamblar cada uno de los largueros 112 con la herramienta 138 interna (figura 5). El dispositivo 200 de preensamblaje comprende una pluralidad de varillas 204 montadas sobre una base 202 en posiciones separadas, indexadas, correspondientes a las posiciones de las varillas 154 de indexación mostradas en la fig. 5. Cada una de las varillas 204 incluye un tope 148. Cada uno de las mangas 144 de sujeción está envuelto sobre una de las varillas 204 correspondientes y está situado verticalmente por uno de los topes 148. Como se muestra en 155, las tiras de bolsas 190 de vacío que se extienden respectivamente a lo largo de la herramienta 138 interna se sellan en la parte 138b de herramienta inferior mediante sellos 192 dobles, que cubren los rebajos 142. Después de que las bolsas 190 de vacío se instalan en la parte 138b de herramienta interna inferior, la parte 138b de herramienta se carga 198 sobre el dispositivo 200 de premontaje, con las varillas 204 pasando a través de aberturas 194 internas centrales en la parte de herramienta 138 interna. Se aspira un vacío en las bolsas 190 de vacío, haciendo que éste sea empujado hacia abajo contra la parte 196 del rebajo de la parte 138b de herramienta inferior. Al tirar las bolsas 190 de vacío hacia abajo contra la parte 138a de herramienta de esta manera asegura que las bolsas 190 de vacío no interfieran con los componentes ensamblados subsiguientemente hasta que se preparen para el curado final. A continuación, como se muestra en la figura 14, el larguero 112 ensamblado se carga sobre la parte 138b inferior de herramienta e indexado por las varillas 204 a lo largo de toda la longitud del larguero 112.

Con referencia ahora a la figura 15, se instalan tiras de bolsas 190 de vacío en la parte 138a de herramienta interna superior y se sellan a esta última por sellos 192 dobles. La parte 138a de herramienta interna superior se carga 210 entonces sobre el dispositivo 200 de montaje previo, dando como resultado que la red 116 de larguero quede atrapada entre las caras 214, 216 opuestas de las partes 138a, 138b de herramienta internas, respectivamente, como se ve mejor en la Fig. 16. Un collar 146 de manga de sujeción está instalada 212 en la manga 144 de sujeción, bloqueando las partes 138a, 138b de herramienta internas junto con el larguero 112 sujeto allí en medio tal como se muestra en la figura 17. Siguiendo este procedimiento de sujeción, como se muestra en la Fig. 18, toda la herramienta 138 interna junto con el larguero 112 sujeto puede ser retirada del dispositivo 200 de montaje previo. Debe observarse aquí que la necesidad de embolsar al vacío los recubrimientos 114 o las redes 118 de larguero se evita de acuerdo con las realizaciones descritas, ya que están precurados. Por consiguiente, el área total de embolsado al vacío (restringida a la zona de los cordones 118 de larguero) se minimiza sustancialmente.

Con referencia ahora a la figura 19, la herramienta 138 interna junto con el larguero 112 fijado es transferida entonces al accesorio 140 de curado y envuelta 220 en mangas 220 sobre las varillas 154 de indexación hasta que los collares 144a inferiores de las mangas 144 de sujeción se acoplan con los topes 148. Como se muestra en las figuras 20 y 21, se puede cargar una segunda herramienta 138' interna junto con otro larguero 112 fijado sobre el accesorio 140 de curado y colocarse contra un segundo conjunto de topes 148 en las varillas 154 de indexación. La figura 21 ilustra la posición de las herramientas 138, 138' internas y los largueros 112 que siguen este proceso de montaje. Como se ha expuesto anteriormente en relación con las figuras 5 y 6, las varillas 154 de indexación múltiples soportan las herramientas 138 internas y están alineadas de tal manera que indexan las herramientas 138 internas a lo largo de toda la longitud del accesorio 140 de curado en múltiples ubicaciones.

Con referencia ahora a la figura 22, como se ha mencionado anteriormente, cada una de las redes 116 de larguero tiene una pluralidad de aberturas 126 centrales que indexan la red 116 de larguero a lo largo del tramo de la caja 110 de perfil aerodinámico. Los orificios 114a de indexación se forman entonces mediante cualquier proceso adecuado, tal como perforando los recubrimientos 114. Como se muestra en la figura 23, los orificios 114a de indexación y los recubrimientos 114 están alineados con las superficies 226 exteriores de cada una de las herramientas 138 internas. Los recubrimientos 114 están montadas 224 contra las caras 226 externas de las herramientas 138, después de lo cual, tal como se muestra en la Fig. 24, los pasadores 228 de cierre se insertan a través de los orificios 114a de indexación con el fin de unir de manera desmontable los recubrimientos 114a a las herramientas 138 internas. Los pasadores 228 pueden comprender, por ejemplo y sin limitación, pasadores de bloqueo tipo bola. Haciendo referencia a la figura 24A, como se ha mencionado anteriormente, los cordones 118 de larguero pueden estar ligeramente separados del IML 115 de los recubrimientos 114 para formar un ligero "G". El vacío "G" ayuda a asegurar que los recubrimientos 114 se sienten a ras contra las caras 226 externas de las herramientas 138, sin interferencia que pueda ser causada por el posible contacto con los cordones 118 de larguero.

Con referencia ahora a las figuras 25 y 26, después de que los recubrimientos 114 se fijan a las herramientas 138 internas, el refuerzo 152 puede instalarse en el accesorio 140 de curado para estabilizar las herramientas 138 internas a lo largo de toda la longitud del accesorio 140 de curado, en preparación para operaciones de curado final.

Con referencia de nuevo a la figura 24A, en la preparación del proceso de curado final, se invierte el vacío previamente extraído de las bolsas 190 de vacío, haciendo que las bolsas 190 compacten los cordones 118 de larguero contra las redes 116 de larguero y los recubrimientos 114. Por lo tanto, puede apreciarse que la fuerza de compactación de la bolsa reacciona sustancialmente sólo por los largueros 112 y los recubrimientos 114. El accesorio 140 de curado puede colocarse en un autoclave (no mostrada) para curar los cordones 118 de larguero no curados cuando están siendo compactados contra las redes 116 de larguero y el recubrimiento 114. La fuerza de compactación aplicada a los cordones 118 de larguero por las bolsas 190 de vacío, junto con la presión en el autoclave (cuando se requiera), fuerzan las pestañas 120 (figura 2) de los cordones 118 de larguero contra el IML 115 de los recubrimientos 114, conformando y moldeando el cordón 118 del larguero a cualesquiera variaciones de ondulaciones (no mostradas) en el IML 115. La combinación del accesorio 140 de curado y las herramientas 138 internas mantienen las posiciones indexadas de largueros 112 y los recubrimientos 114 a lo largo del curado final. Además, el uso de las herramientas 138 internas en combinación con el accesorio 140 de curado proporciona soporte sólido y refuerzo de los cordones 118 de larguero no curados a lo largo del proceso de ensamblado y curado, con una mínima necesidad de equipo auxiliar. Como resultado, la posibilidad de daño a partes frágiles tales como los cordones 118 de larguero se reduce o se elimina en gran medida.

Con referencia ahora a la figura 27, después del curado final, se puede retirar el tope 148 de indexación del larguero 231 superior, permitiendo que la caja 110 aerodinámica junto con las herramientas 138 internas se deslice 232 hacia arriba por las varillas 154 de indexación y se separe lejos 235 del accesorio 140 de curado como se muestra en la figura 28.

Con referencia ahora a la figura 29, las herramientas 138 internas pueden ser retiradas de la caja 110 aerodinámica terminada insertando 240 el vástago 236 de una herramienta 234 de desmontaje a través de las mangas 144 de sujeción. La herramienta 234 de desmontaje puede incluir un mango 238 que se puede girar para desbloquear y liberar los collares 146b de manga de sujeción. Como se muestra en la figura 30, con los collares 146 de manga de sujeción liberados, las mangas 144 de sujeción pueden desmontarse y retirarse de las herramientas 138 internas usando la herramienta 234 de desmontaje. Los pasadores 228 se retiran para desabrochar los recubrimientos 114 de las herramientas 138 internas, permitiendo que las herramientas 138 internas sean retiradas 244 a través del extremo 255 interior de la caja 110 de perfil aerodinámico, como se muestra en la figura 31. Dependiendo de la aplicación, puede proporcionarse un cierto grado de estiramiento (no mostrado) entre las herramientas 138 internas y el IML 115 del recubrimiento 114 para facilitar la retirada de las herramientas 138 internas. Las bolsas 190 de vacío pueden también ser retiradas y retiradas 244 a través del extremo interno 255 inferior. Las bolsas 190 de vacío pueden también ser removidas y retiradas en la dirección 244 a través del extremo 255 inferior. Después de retirar los pasadores 228, los orificios 114a (figura 22) pueden llenarse con elementos de fijación adecuados o un relleno (no mostrado). Opcionalmente, los extremos (no mostrados) de los cordones 118 de larguero pueden necesitar recorte después de que las herramientas 138 internas se retiren.

Dependiendo de la aplicación, puede ser necesario o deseable aplicar una presión de compactación adicional a los cordones 118 de larguero cuando se ensamblan sobre las redes 116 de larguero y/o durante el curado final. En tales aplicaciones, una herramienta de compactación de cordones mostrada en la figura 32 puede emplearse para aplicar presión de compactación directa a cada uno de los cordones 118 de larguero verdes. Las figuras 33-36 ilustran una forma alternativa de un conjunto de herramienta 245 de compactación similar al conjunto 165 de herramienta de compactación mostrado en las Figuras 9-12, que emplea la herramienta 246 de compactación de cordones. El conjunto 245 de herramienta de compactación incluye moldes 170, 172 de formación superior e inferior y moldes 176, 178 de formación lateral, junto con cuatro de las herramientas 246 de compactación de cordones. Las herramientas 246 de compactación de cordones se reciben dentro de los cordones 118 de larguero preformadas y cada una incluye una esquina 246a redondeada exterior (figura 34) que puede ayudar a formar y compactar más completamente el radio interior del cordón 118 de larguero. Cada una de las herramientas 246 de compactación de cordones incluye además un lado 246b biselado al que se aplica presión mediante biseles 170a, 172a en los moldes 170, 172 de formación superior e inferior, respectivamente.

Después de la compactación del larguero 112 ilustrado en la figura 34, el bloque 170 de formación superior se eleva en la dirección 248 y los bloques 176, 178 de formación lateral se separan en la dirección 250 como se muestra en la figura 35, permitiendo que el larguero 112 se levante en la dirección 252 del bloque 172 de formación inferior, como se ilustra en la Fig. 36. Las herramientas 246 de compactación de cordón pueden permanecer ensambladas con el larguero 112 cuando el larguero 112 compactado se eleva en la dirección 252 del bloque 172 de formación inferior y se transfiere a la parte 138b inferior de la herramienta interna ilustrada en las figuras 37-40. Las porciones 138a, 138b de herramienta interna superior e inferior ilustradas en las figuras 37-40 son similares a las divulgadas anteriormente en relación con las figuras 13-20 sin embargo, en este ejemplo, cada una de las partes 138a, 138b de herramienta interna, incluyen una esquina 254 biselada que está adaptada para acoplarse al lado 246b biselado (figura 32) de las herramientas 246 de compactación de cordón. Después de que el larguero 112 es cargado sobre la parte 138b de herramienta interna inferior como se muestra en la figura 38, la parte 138a de herramienta interna superior se carga sobre el larguero 112, como se muestra en la figura 39. Siguiendo este proceso de montaje, la red 116 de larguero se sujeta entre las superficies 214, 216 opuestas de las partes 138a, 138b de herramienta superior e inferior, respectivamente, como se muestra en la figura 40.

Con referencia ahora a la figura 41, en algunas aplicaciones, la presión de compactación aplicada a los cordones 118 de larguero puede distorsionar indeseablemente las fibras de refuerzo en el extremo exterior de las bridas 120, 122. Con el fin de evitar dicha distorsión de la fibra y asegurar la aplicación de una presión más uniforme a los extremos de los cordones 118 de larguero, los bordes 260 exteriores de las bridas 120, 122 pueden ser recortados como un cono después de que los cordones del larguero 118 se preformen en su estado verde en el procedimiento previamente descrito en relación con las figuras 7A-7D.

Las figuras 42 y 43 ilustran una forma alternativa del larguero 112, en el que un lado de cada extremo 116b exterior de la red 116a de larguero es cónico en 116C. En este ejemplo, la brida 122 de uno de los cordones 118 de larguero está inclinada con un ángulo θ con respecto al eje 262 central de la red 116a de larguero con el fin de quedar a ras con el cono 116c en la red 116a de larguero.

La figura 44 ilustra otra realización del larguero 112 similar a la mostrada en la Fig. 43, sin embargo, en este ejemplo, el lado 122b exterior de la pestaña 122 es cónico en un ángulo θ sustancialmente idéntico al lado 122a interior cónico de la pestaña 122 opuesta.

Las figuras 45-47 ilustran todavía otra realización de un larguero 112. En este ejemplo, el extremo 116b exterior de la red 116b de larguero es cónico con doble simetría para hacer coincidir sustancialmente los lados 122a internos cónicos de cada una de las pestañas 122.

La figura 48 ilustra otra variación del cordón 118 de larguero en el que los lados 120b, 122b exteriores de las pestañas 120, 122 están cada uno cónicos hacia dentro.

La atención se dirige ahora a la figura 49 que ilustra detalles adicionales del método de fabricación de un perfil aerodinámico, expuesto anteriormente. En 264, los recubrimientos 114 y las redes 116 de larguero se colocan y después se curan en 266. En 268, los recubrimientos 114 y las redes 116 de larguero se pueden recortar e inspeccionar según sea necesario. En 270, los orificios 114a de indexación pueden formarse en los recubrimientos y las redes de larguero en los lugares de indexación. En 272, los cordones 118 de larguero están colocados y en 274 los cordones 118 de larguero se forman a la forma en sección transversal deseada. En 276, se puede aplicar adhesivo a los cordones 118 de larguero, y en 278, se pueden formar un relleno 124 de radio. En 280, los largueros 112, que comprenden la red 116 de larguero, los cordones 118 de larguero y los rellenos 124 son ensamblados y compactados juntos. En 282, las tiras de bolsas 190 de vacío están instaladas y selladas sobre las herramientas 138 internas, y en 284, las herramientas 138 internas son cargadas sobre un accesorio 200 de premontaje.

En 286, se aplica un vacío a las bolsas 190 de vacío que atraen las bolsas contra las herramientas 138 internas. En 288, los largueros 112 previamente montados son cargados sobre las herramientas 138 internas y en 290, los largueros 112 son sujetos a las herramientas 138 internas. En 292, la combinación de largueros 112 fijados y las herramientas 138 internas se retiran del accesorio de premontaje y se transfieren a un accesorio 140 de curado, donde los largueros 12 están indexados a lo largo de toda su extensión. En el paso 294, los recubrimientos 114 se fijan temporalmente a las herramientas 138 internas. A continuación, en 296, el refuerzo 152 puede estar opcionalmente instalado en el accesorio 140 de curado, y en 298, el vacío en las bolsas 190 de vacío es invertido, compactando de este modo los cordones 118 de larguero contra los recubrimientos 114 y las redes 116 de larguero.

En 300, el accesorio 140 de curado junto con los largueros 112 ensamblados y los recubrimientos 114 se cargan en un autoclave o un horno de curado similar y en el montaje 302 se curan los cordones 118 de larguero. En 304, el accesorio 140 de curado se retira del autoclave o horno, y en 306, la caja 110 de perfil aerodinámico curado se retira del accesorio 140 de curado. En 308, las herramientas 138 internas y las bolsas 190 de vacío se retiran de la caja 110 de perfil aerodinámico curado y en el montaje 310 los orificios 114a de indexación en el recubrimiento 114 se llenan con elementos de fijación o un relleno. Finalmente, en 312, los cordones 118 de larguero pueden ser recortados de forma final según se requiera y la caja 110 de perfil aerodinámico puede inspeccionarse de forma no destructiva.

Con referencia ahora a las figuras 50 y 51, se pueden emplear realizaciones de la divulgación en el contexto de un método 314 de fabricación y servicio de aeronaves como se muestra en la Fig. 50 y la aeronave 316 como se muestra en la figura 50. Volviendo primero a la figura 50, se describe una ilustración de un método 314 de fabricación y servicio de aeronaves de acuerdo con una realización ventajosa. Durante la reproducción, el método 314 de fabricación y servicio de aeronaves puede incluir especificación y diseño 318 de la aeronave 316 en la figura 51 y adquisición de materiales 320.

Durante la producción, fabricación 322 de componentes y subconjuntos e integración 234 de sistemas de aeronaves 316 tienen lugar en la figura 51. Después de esto, la aeronave 316 en la figura 51 puede pasar por certificación y entrega 326 para poder ser puesta en servicio 328. Mientras que en el servicio 328 para un cliente, la aeronave 316 en la figura 51 está programada para mantenimiento rutinario y servicio 330, que puede incluir modificación, reconfiguración, renovación y otros servicios o mantenimiento.

Cada uno de los procesos del método 314 de fabricación y servicio de aeronaves puede ser realizado o llevado a cabo por un integrador de sistemas, un tercero y/o un operador. En estos ejemplos, el operador puede ser un cliente. A los efectos de esta descripción, un integrador de sistemas puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir, sin limitación, cualquier número de

vendedores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede ser una aerolínea, una empresa de alquiler, una entidad militar, una organización de servicios, etc.

Con referencia ahora a la figura 51, se describe una ilustración de una aeronave 316 en la que puede implementarse una realización ventajosa. En este ejemplo, la aeronave 316 es producido por el método 314 de fabricación y servicio de aeronaves en la figura 50 y puede incluir la estructura 332 de aire con una pluralidad de sistemas 334 y el interior 336. Ejemplos de sistemas 334 incluyen uno o más del sistema 338 de propulsión, del sistema 340 eléctrico, del sistema 342 hidráulico y del 344 sistema ambiental. Cualquier número de otros sistemas puede ser incluido. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, pueden aplicarse diferentes realizaciones ventajosas a otras industrias, tales como las industrias marina y automotriz.

Los aparatos y métodos incorporados en el presente documento pueden emplearse durante al menos uno de las etapas del método 314 de fabricación y de servicio de aeronaves en la figura 50. En un ejemplo ilustrativo, los componentes o subconjuntos producidos en la fabricación de componentes y subconjuntos 322 en la figura 50 pueden ser fabricados o fabricarse de manera similar a los componentes o subconjuntos producidos mientras LA aeronave 316 esté en servicio 328 (figura 50). Como otro ejemplo más, pueden utilizarse varias realizaciones del aparato, realizaciones del método o una combinación de las mismas durante las etapas de producción, tales como la fabricación 322 de componentes y subconjuntos y la integración de sistemas 324 en la figura 50. Un número, cuando se refiere a elementos, significa uno o más artículos. Por ejemplo, un número de realizaciones de aparato es una o más realizaciones de aparatos. Se pueden utilizar varias realizaciones del aparato, realizaciones del método o una combinación de las mismas mientras la aeronave 326 está en servicio 328 y/o durante el mantenimiento y el servicio 330 en la figura 50. El uso de un número de las diferentes realizaciones ventajosas puede acelerar sustancialmente el montaje de y/o reducir el coste de la aeronave 316.

La descripción de las diferentes realizaciones ventajosas se ha presentado con fines de ilustración y descripción, y no se pretende que sea exhaustiva o limitada a las realizaciones en la forma descrita. Muchas modificaciones y variaciones serán evidentes para los expertos en la técnica. Además, diferentes realizaciones ventajosas pueden proporcionar ventajas diferentes en comparación con otras realizaciones ventajosas. La o las 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 comprendan la divulgación para diversas realizaciones con diversas modificaciones que son adecuadas para el uso particular contemplado.

REIVINDICACIONES

1. Un método para fabricar un perfil aerodinámico, que comprende:
Fabricar (130) un par de recubrimientos (114) de material compuesto curados;
5 fabricar (132) al menos un larguero (112), incluyendo el montaje de cordones (118) de larguero sin curar y al menos una red (116) de larguero de material compuesto curada;
ensamblar (134) los recubrimientos curados con el larguero; y
curar (136) los cordones del larguero.
2. El método de la reivindicación 1, que comprende además:
compactar los cordones (118) de larguero contra los recubrimientos (114) curados.
- 10 3. El procedimiento de la reivindicación 1 o 2, en el que el montaje (134) de los recubrimientos (114) y el larguero (112) incluye:
sujetar la red (116) de larguero y los cordones (118) de larguero en una herramienta (138), y
montar los recubrimientos (114) sobre la herramienta (138) con una línea (115) interna de molde de cada uno de los recubrimientos (114) separados de los cordones (118) de larguero.
- 15 4. El método de la reivindicación 3, en el que la sujeción de la red de larguero y los cordones de larguero en la herramienta incluye:
adherir los cordones (118) de larguero a la red (116) de larguero, y
sujetar la red (116) de larguero en la herramienta (138).
- 20 5. El método de cualquier reivindicación precedente, en el que el montaje de los recubrimientos curados y el larguero incluye:
formar orificios en cada uno de los recubrimientos (114), y montar de forma desmontable los recubrimientos (114) sobre la herramienta (138) insertando pasadores a través de los orificios de la herramienta.
- 25 6. El método de cualquier reivindicación precedente, en el que el montaje (134) de los recubrimientos (114) curados y el larguero (112) incluye la indexación del larguero con respecto a los recubrimientos curados montando la herramienta sobre varillas de indexación.
- 30 7. El método de cualquier reivindicación precedente, en el que:
el montaje (134) de los recubrimientos (114) y el larguero (112) incluye sujetar la red (116) de larguero y los cordones (118) de larguero en una herramienta (138) y montar los recubrimientos sobre la herramienta con una línea (115) interna de molde de cada uno de los recubrimientos en la proximidad de los cordones de larguero, y
la compactación de los cordones (118) de larguero contra los recubrimientos (114) se realiza mediante la instalación de bolsas (140) de vacío sobre la herramienta que cubre respectivamente los cordones de larguero y evacuar las bolsas de vacío.
- 35 8. El método de cualquier reivindicación precedente, en el que el montaje (134) de los recubrimientos curados y el larguero incluye:
colocar una herramienta sobre un accesorio de montaje,
ensamblar la red de larguero curada y los cordones de larguero sin curar sobre la herramienta, y
transferir la herramienta que tiene la red de larguero ensamblada y los cordones de larguero a un accesorio de curado.
- 40 9. El método de cualquier reivindicación precedente, en el que el montaje de los cordones de larguero sin curar y la por lo menos una red de larguero material compuesto curado incluye precompactar los cordones de larguero contra la al menos una red de larguero no curada.
10. El método de la reivindicación 9, en el que la precompactación incluye:
colocar las herramientas de compactar los cordones respectivamente contra los cordones de larguero, y
compactar las herramientas de compactación de cordones respectivamente contra los cordones de larguero,

en el que el montaje de los recubrimientos y el larguero incluye transferir el larguero y las herramientas de compactación del larguero a una herramienta interna y montar los recubrimientos sobre la herramienta interna con una línea interna de moldeo de cada uno de los recubrimientos en proximidad a los cordones de larguero y

5 en el que el curado de los cordones de larguero incluye el uso de las herramientas de compactación de larguero para compactar los cordones de larguero contra el recubrimiento y por lo menos una red de larguero.

11. Un aparato (135) para fabricar una caja (110) aerodinámica, que comprende:

una herramienta (138) adaptada para contener al menos un larguero (12) de material compuesto entre dos recubrimientos (114) con partes no curadas del larguero separadas de los recubrimientos (114); y

10 un accesorio (140) para soportar la herramienta (138) durante el curado de las partes no curadas del larguero (112), en el que la herramienta (138) incluye una primera y segunda partes (138a, 138b) de herramienta entre las cuales puede sujetarse un larguero y al que pueden estar unidos los recubrimientos, y caracterizado porque cada una de las partes de herramienta incluye al menos una bolsa (190) de vacío para compactar las partes no curadas del larguero durante el curado.

15 12. El aparato de la reivindicación 11, en el que el accesorio incluye una pluralidad de varillas de indexación de alineación que pasan a través y soportan la herramienta.

13. El aparato de la reivindicación 11 o 12, en el que la herramienta incluye un sujetador para sujetar las primera y segunda porciones de herramienta contra el larguero.

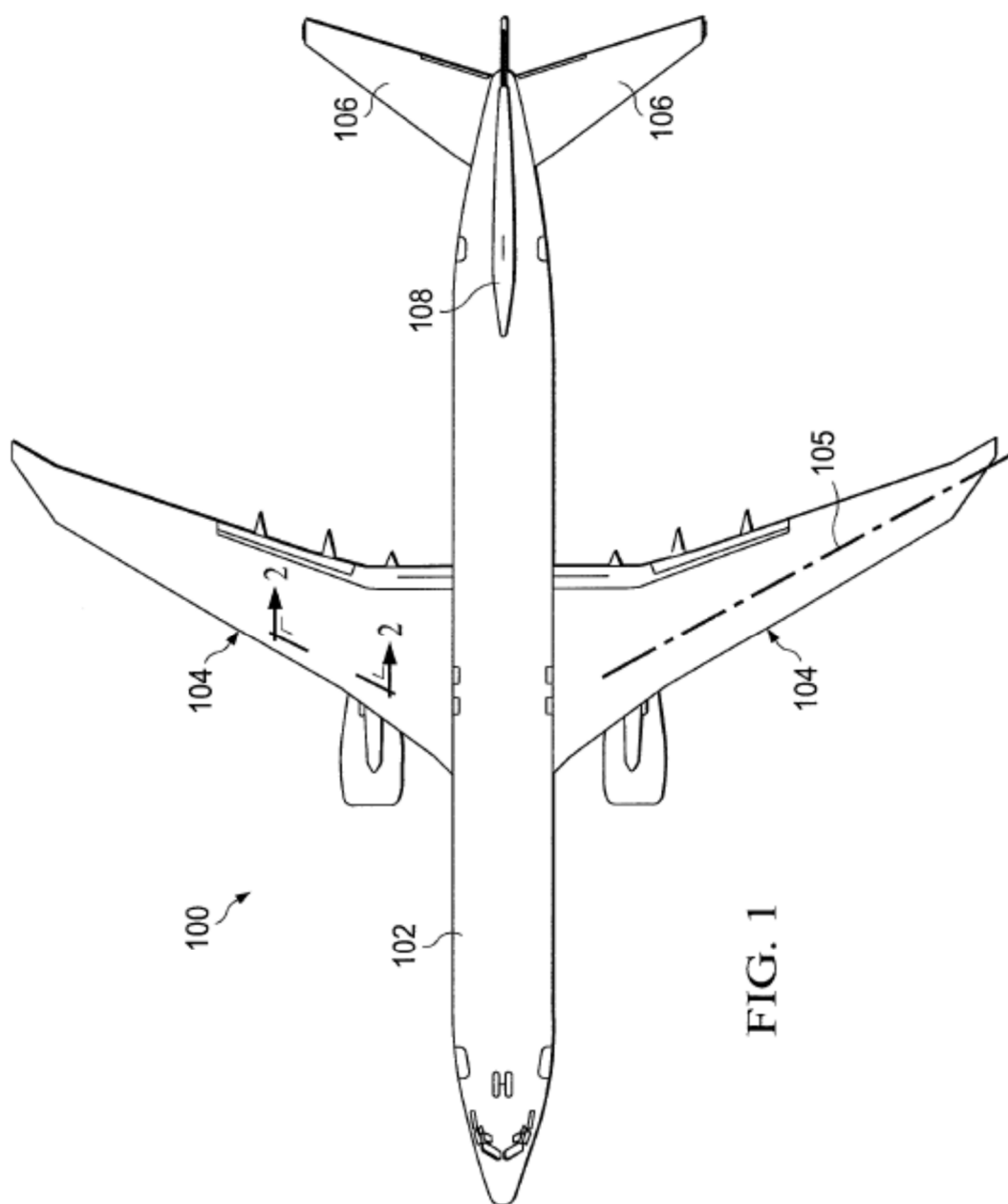
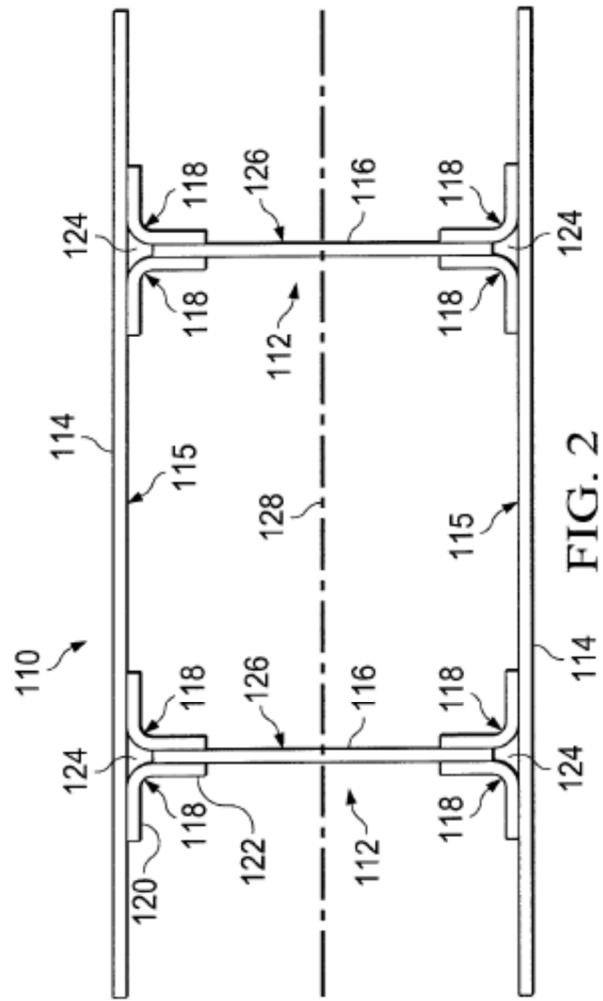


FIG. 1



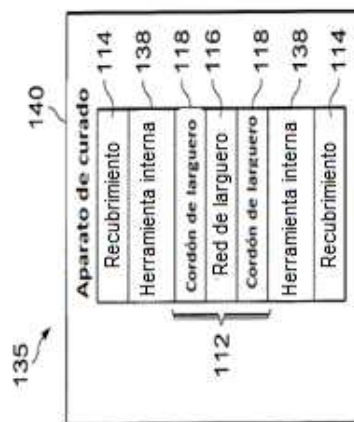


FIG. 3

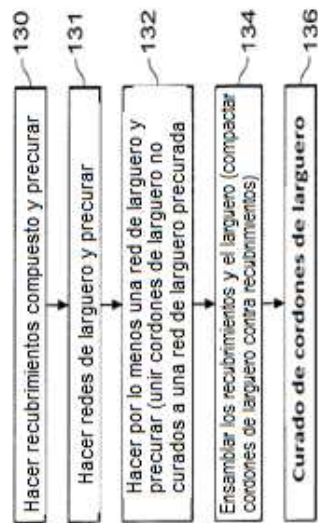


FIG. 4

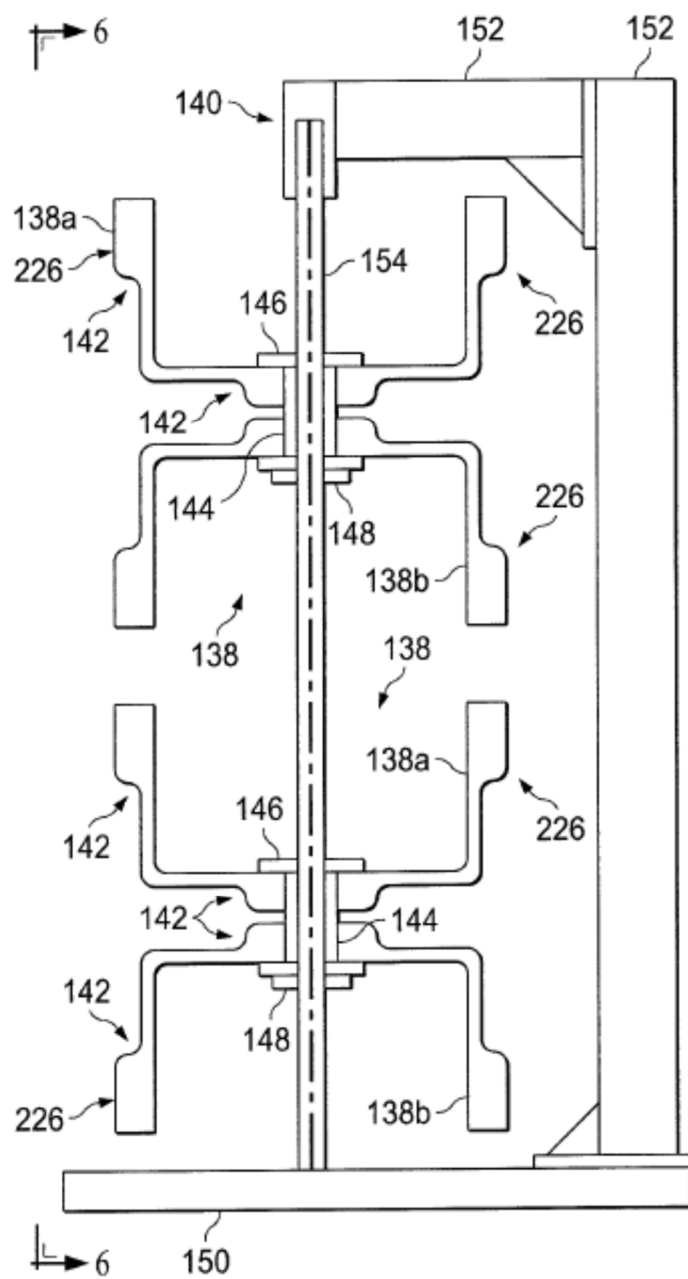
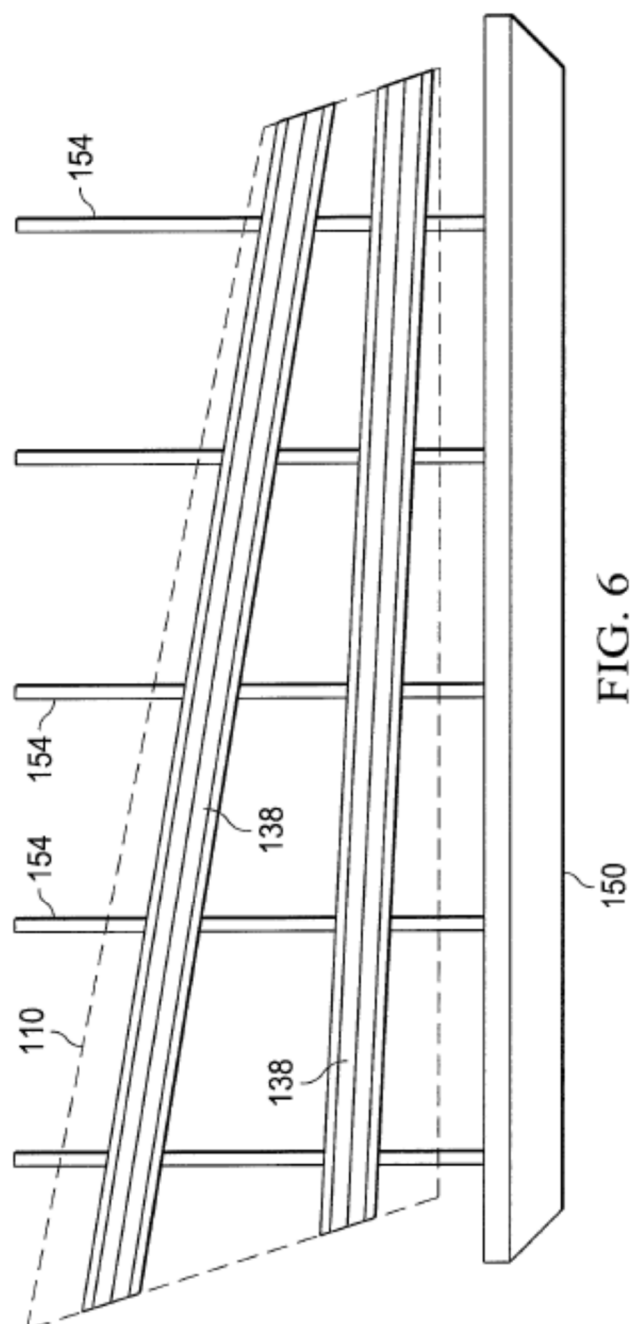
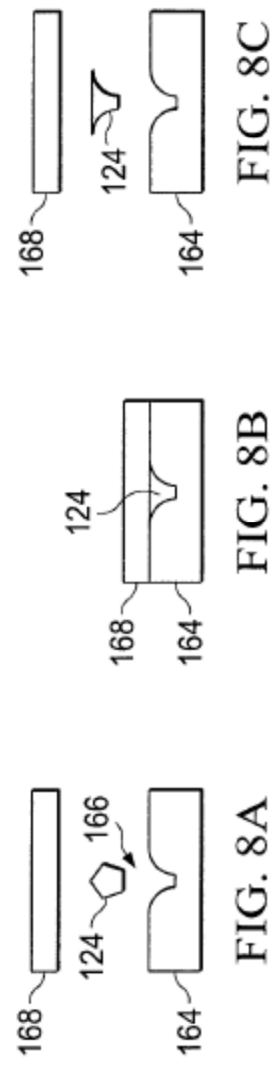
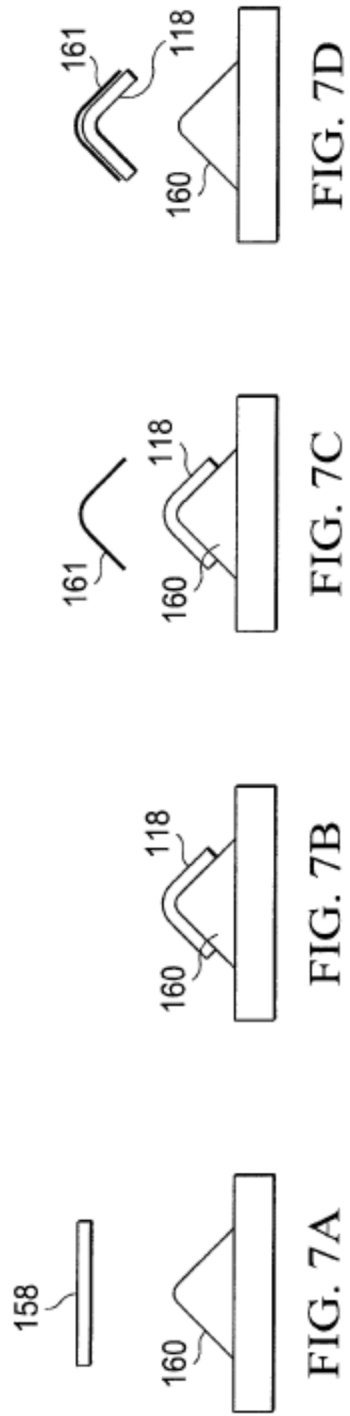
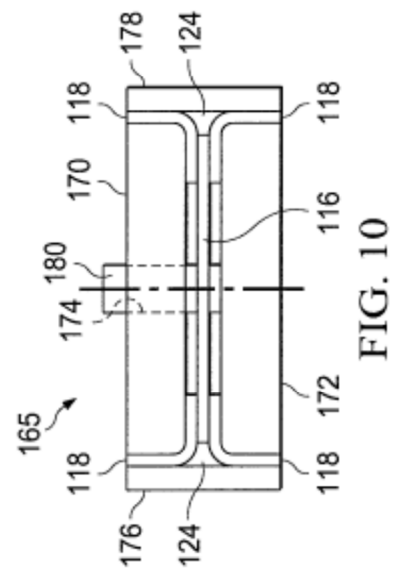
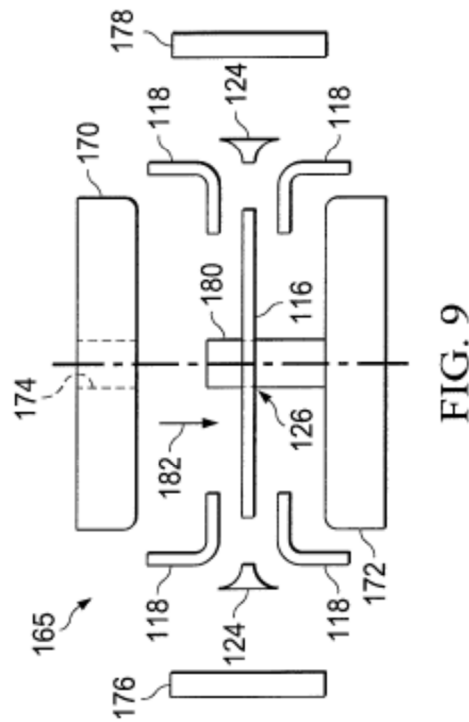
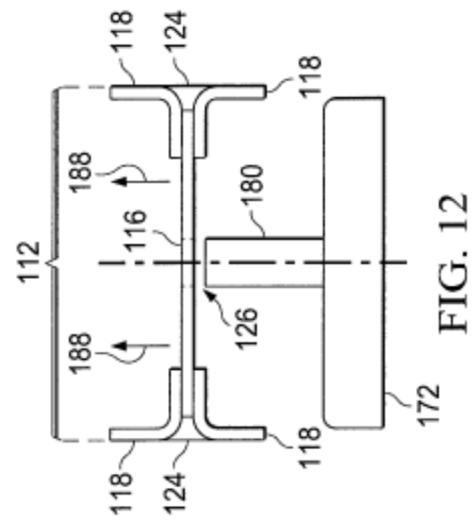
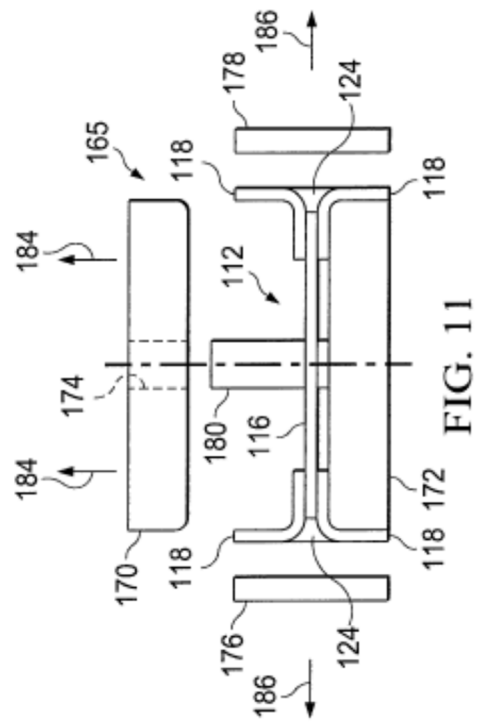
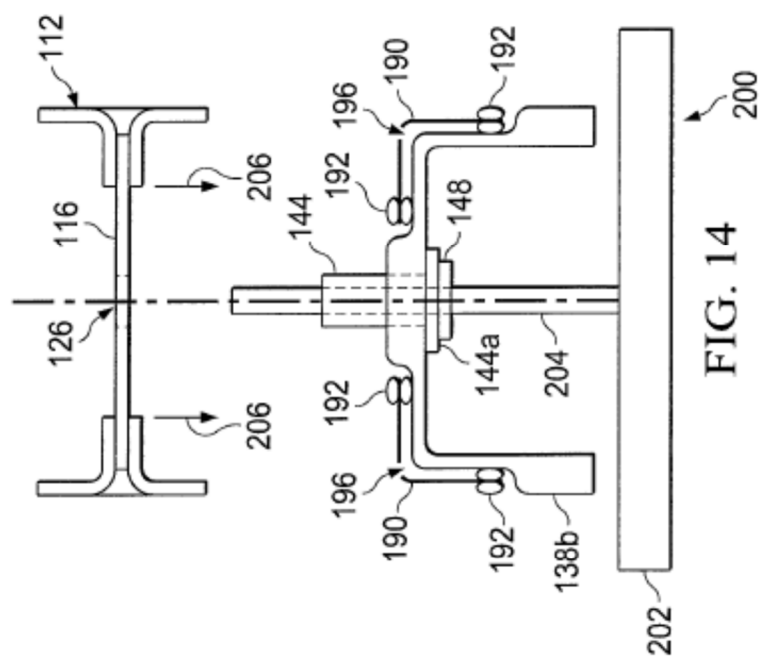
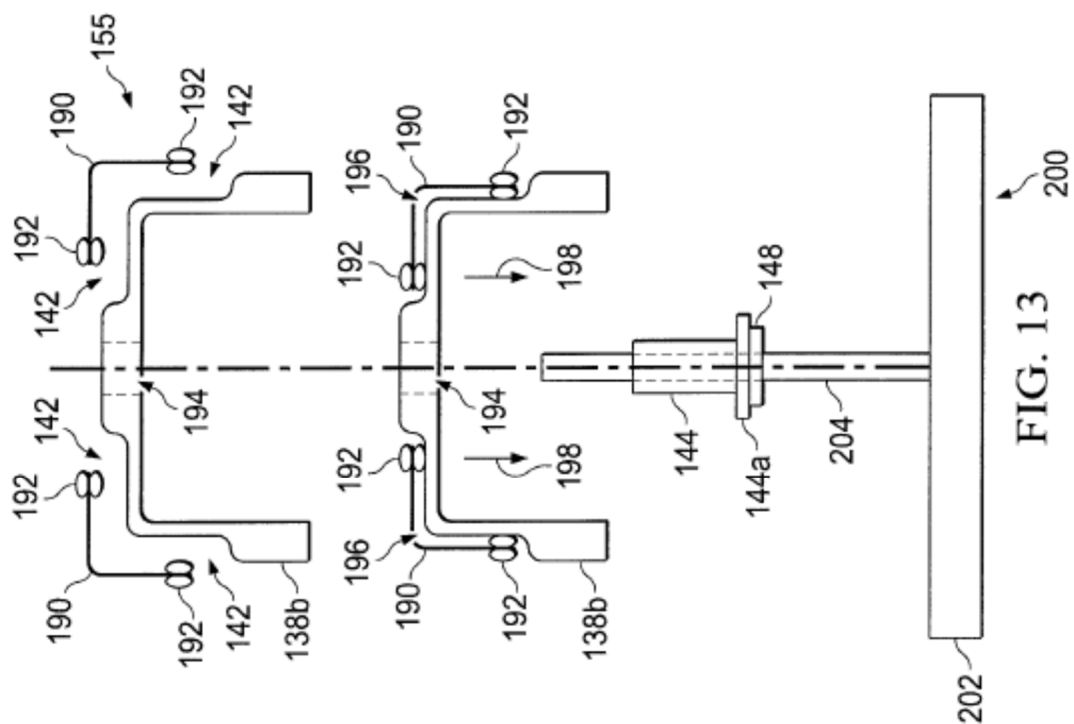


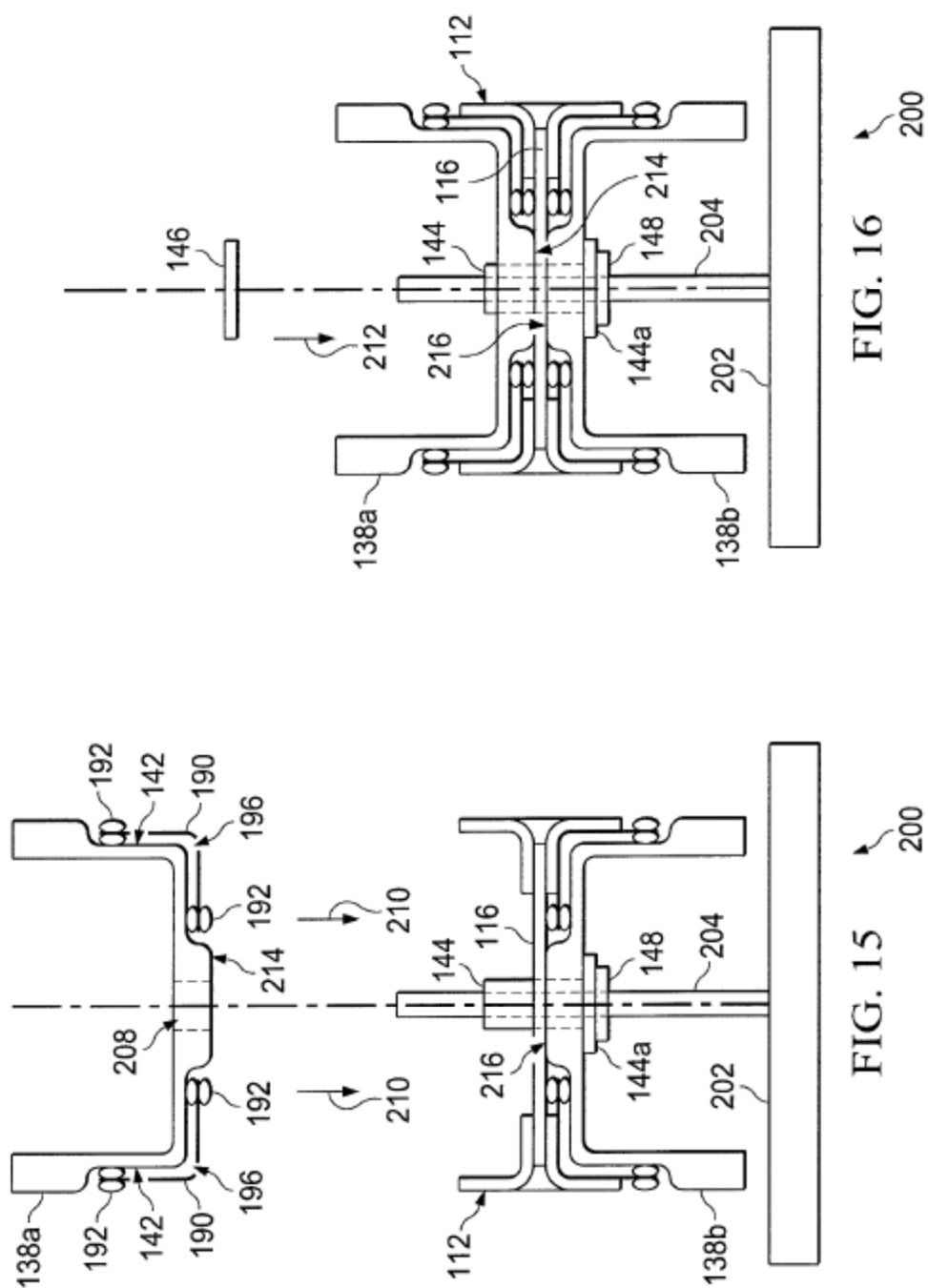
FIG. 5

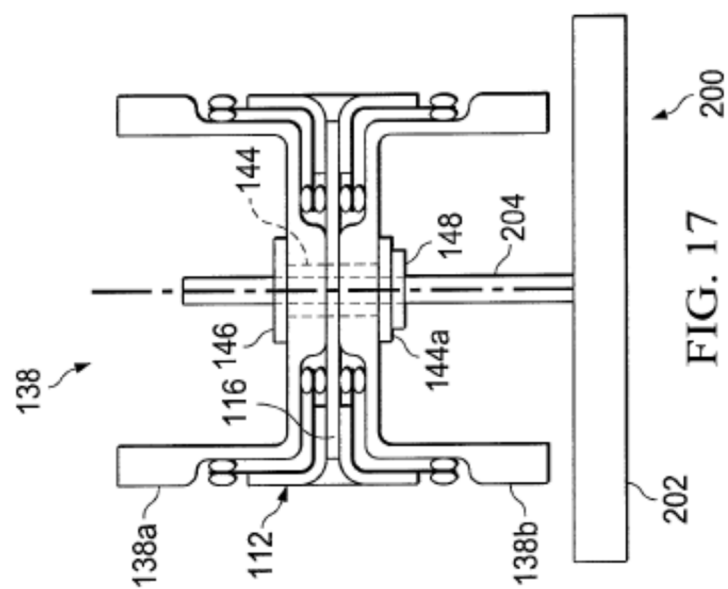
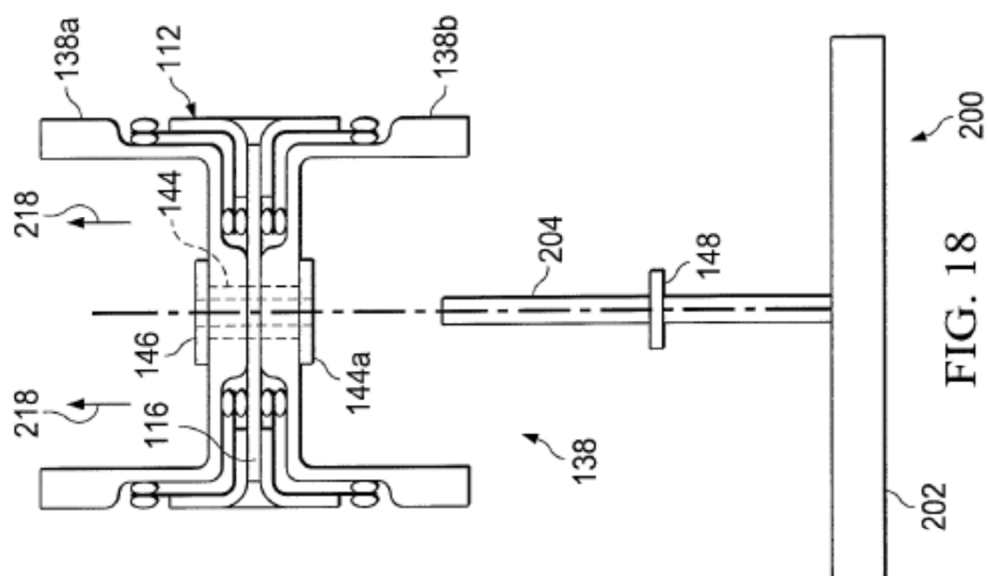












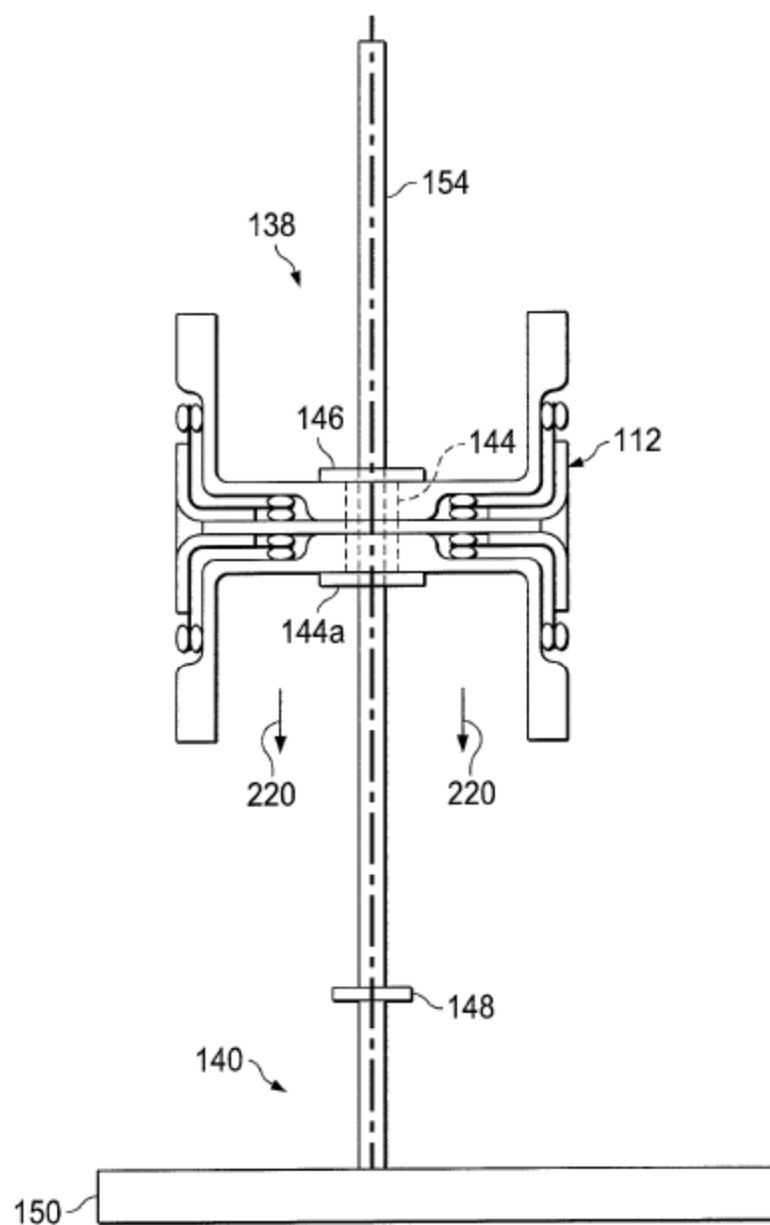


FIG. 19

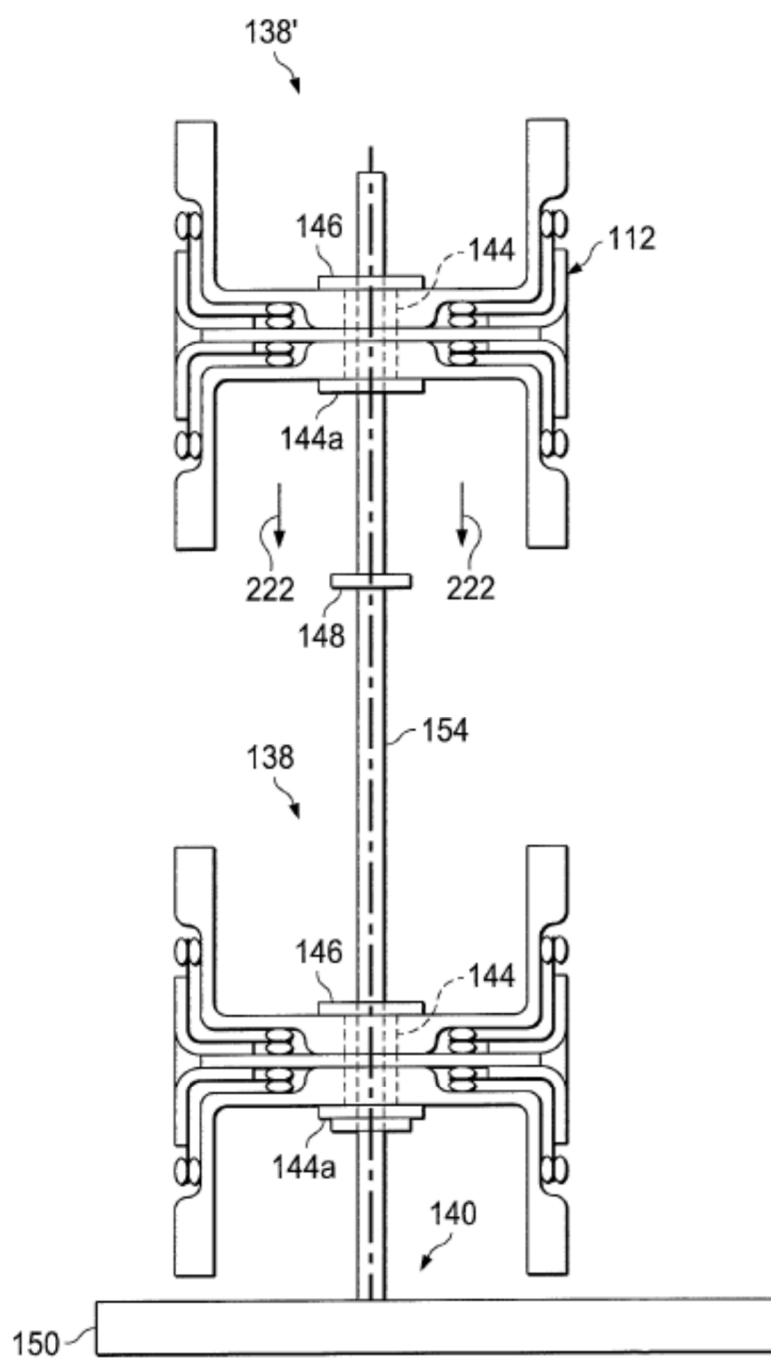
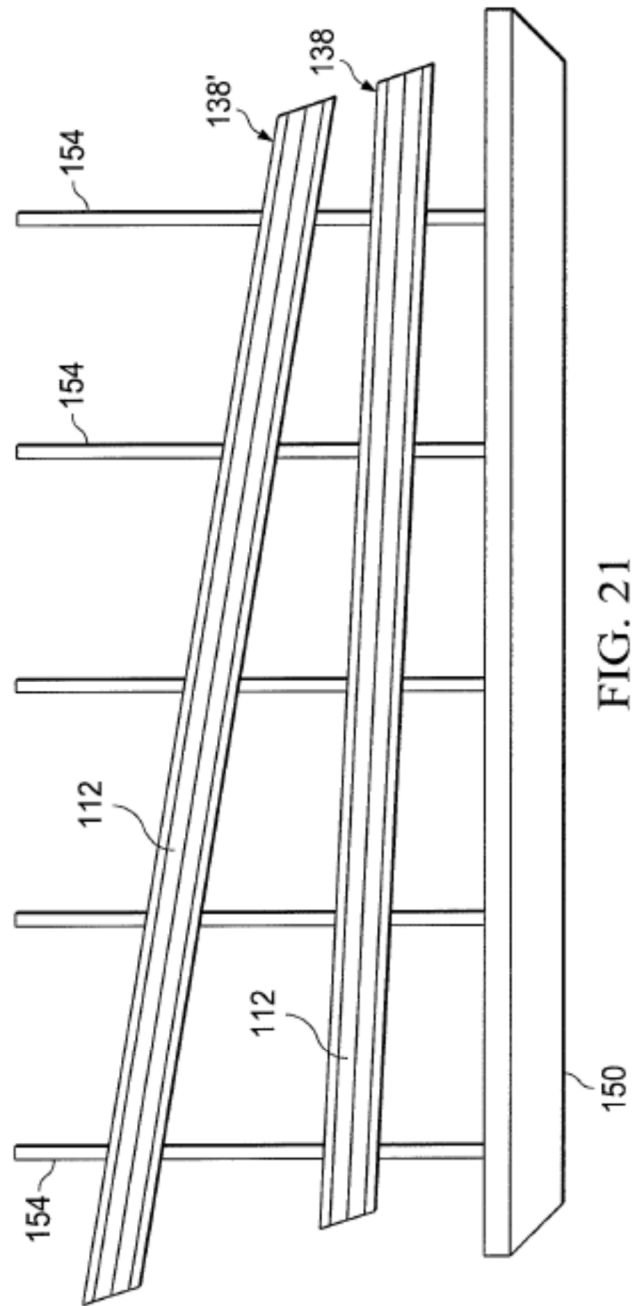


FIG. 20



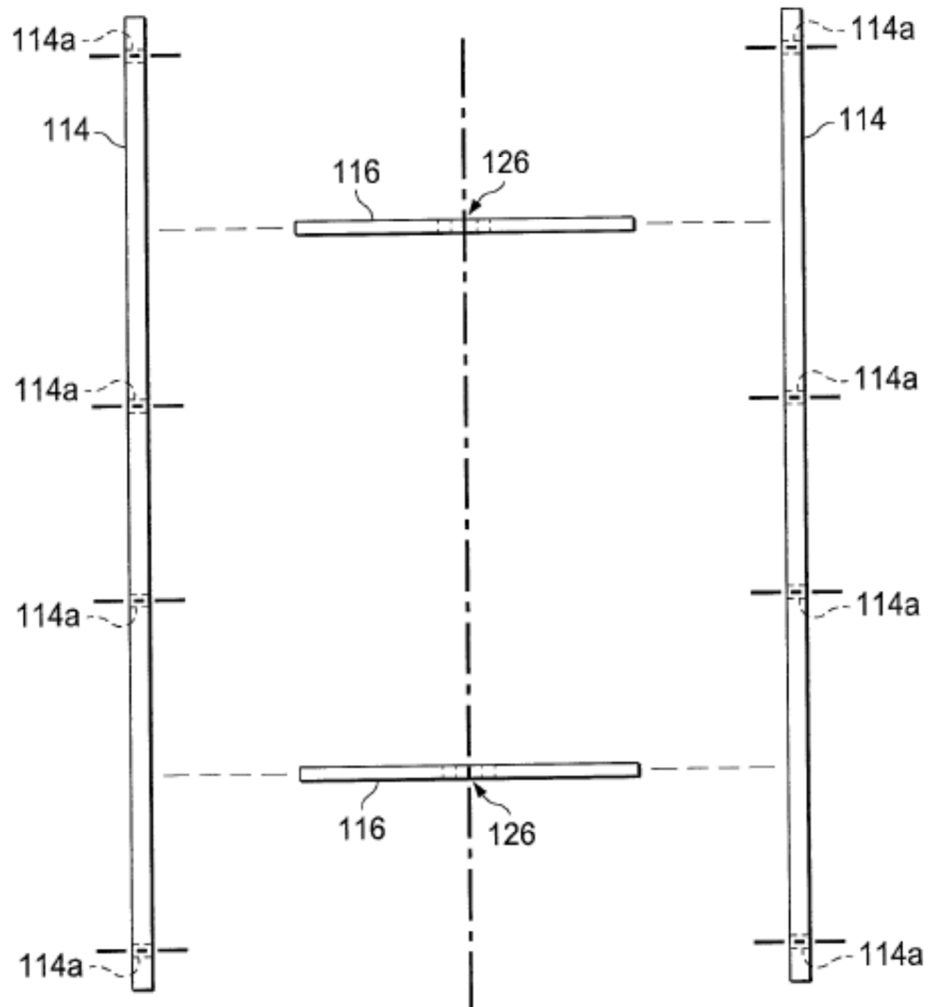
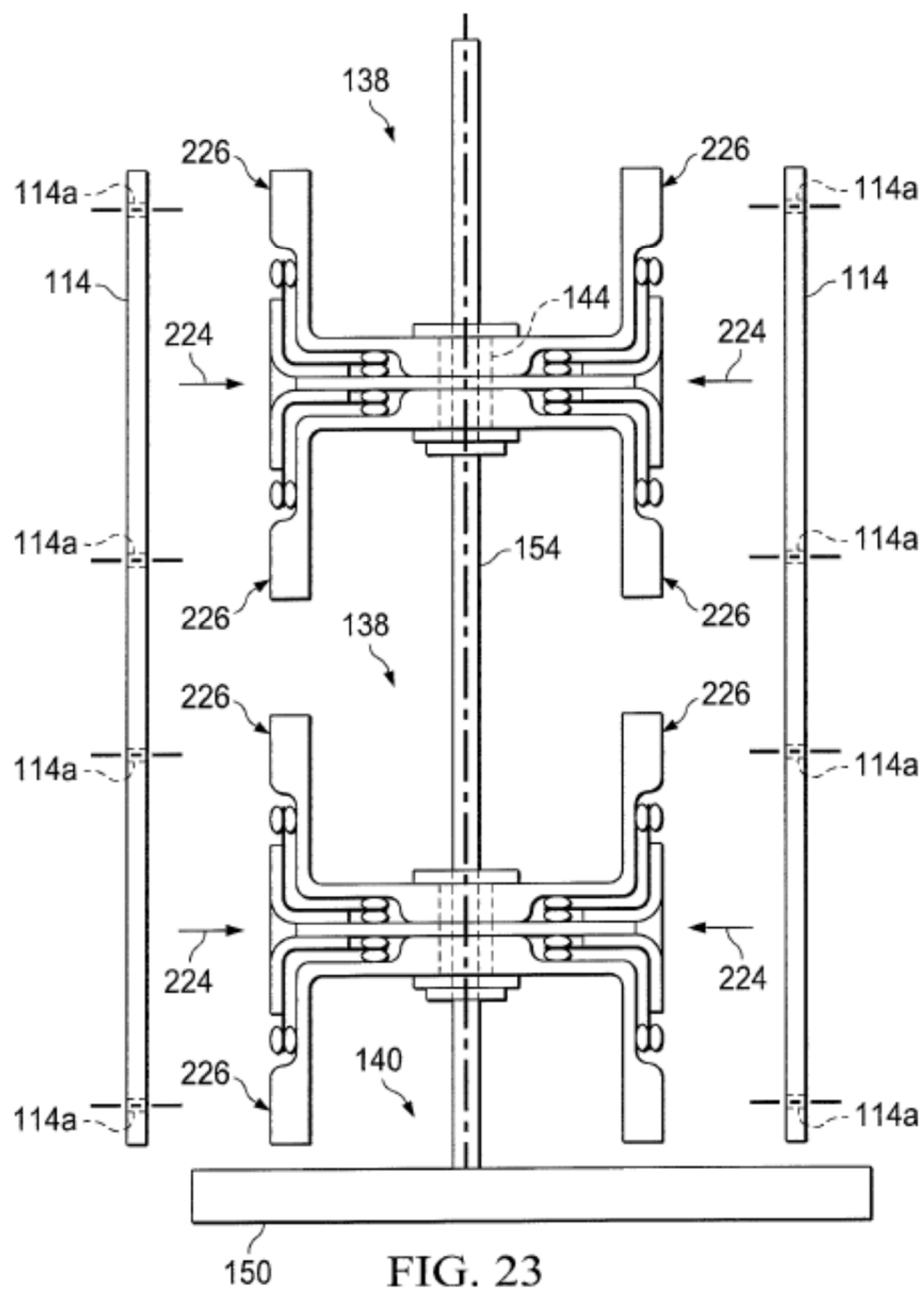
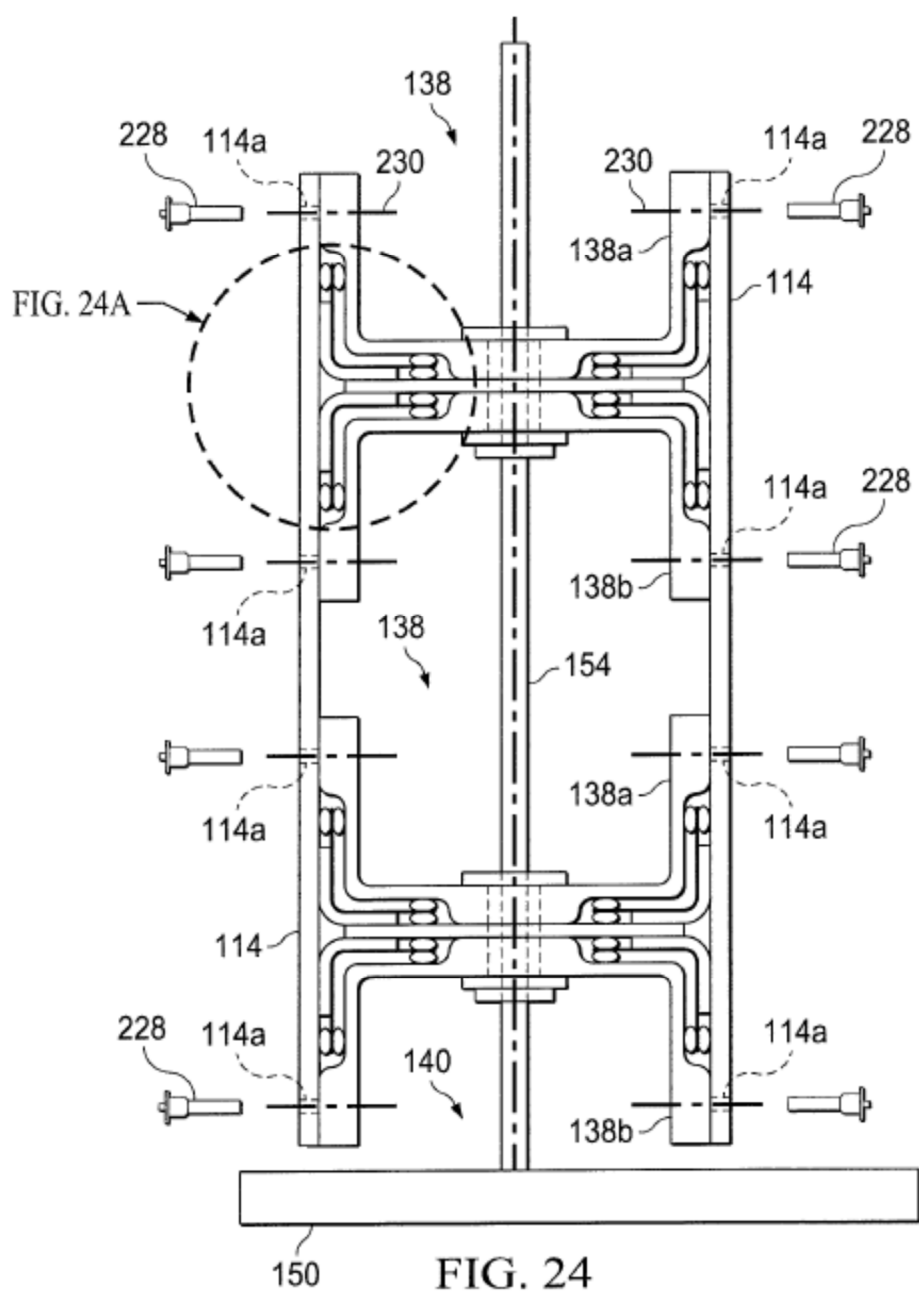


FIG. 22





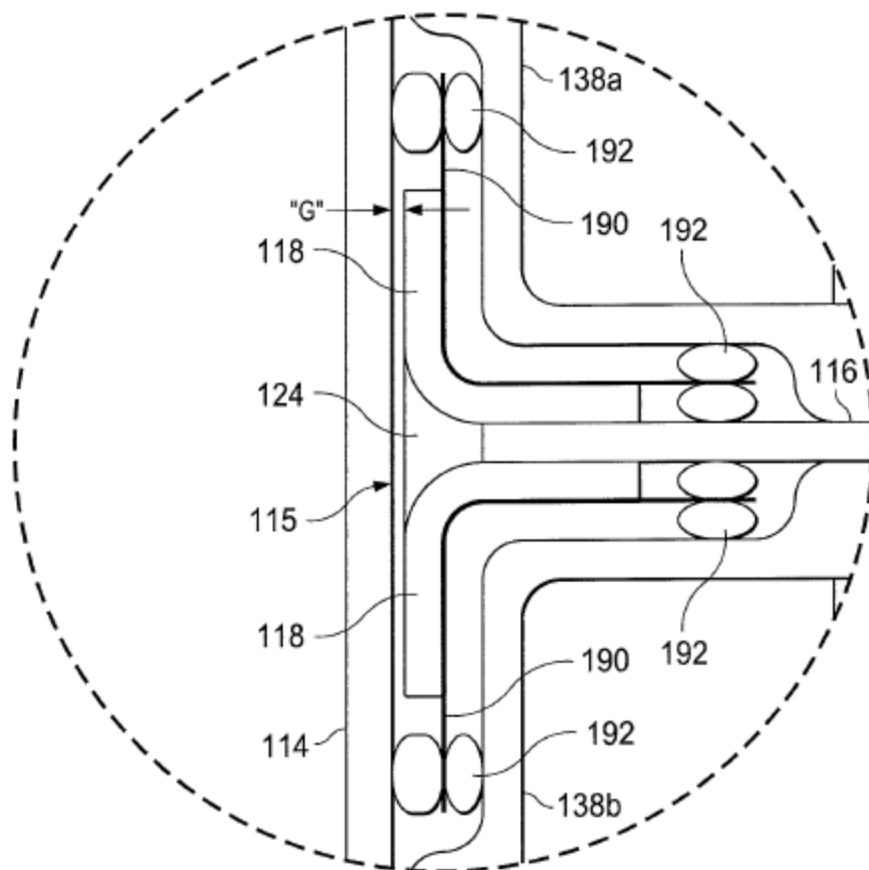
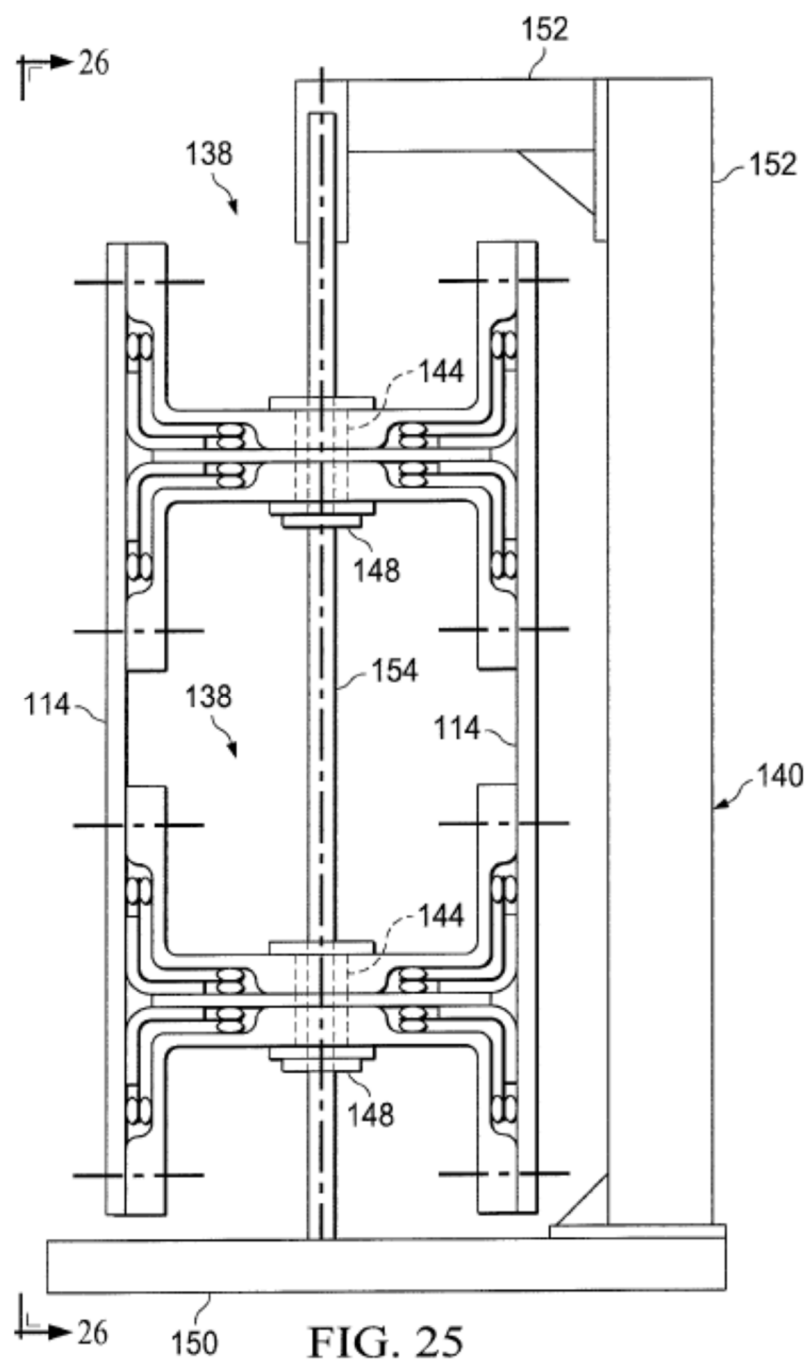
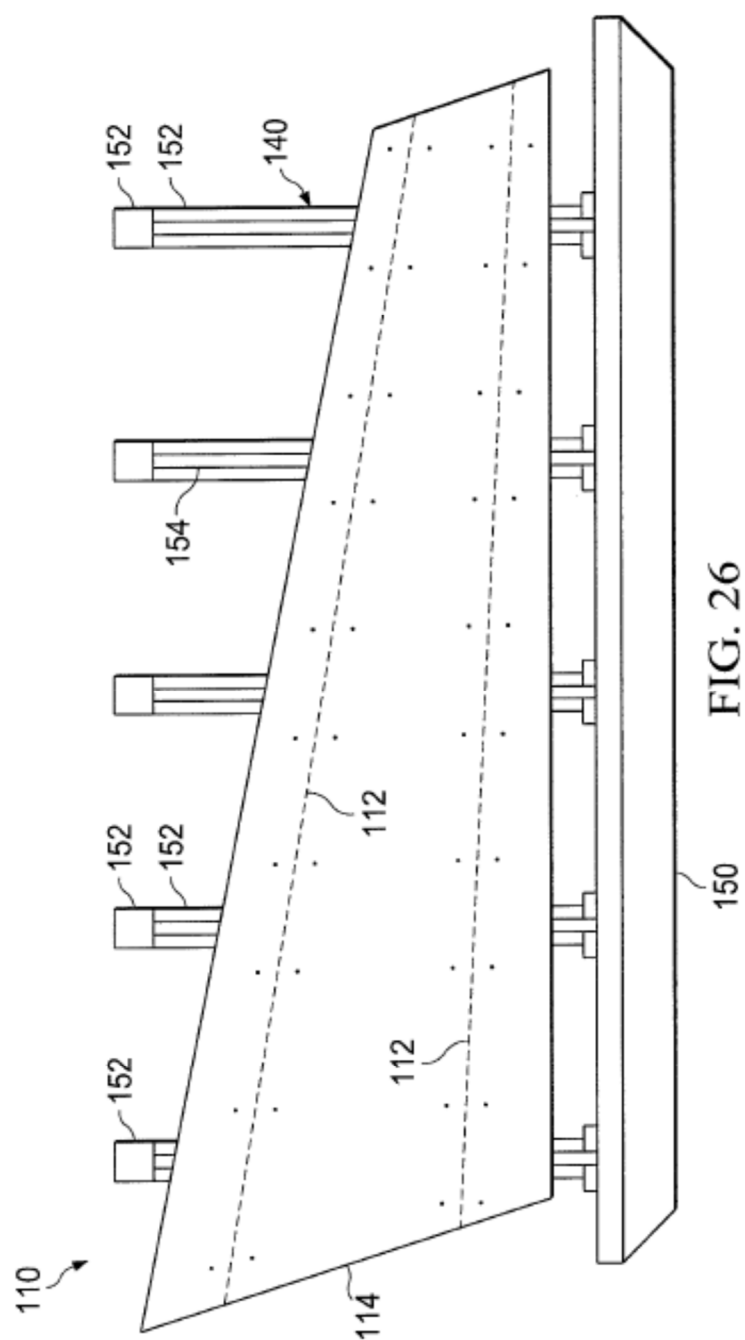
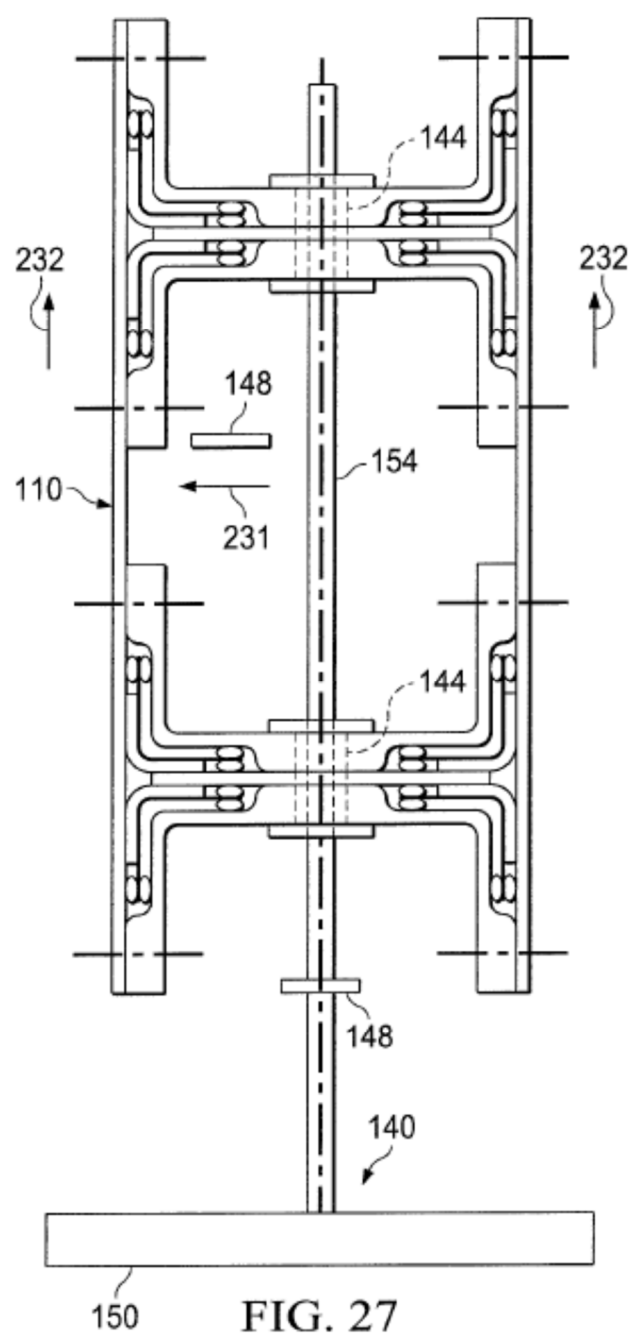
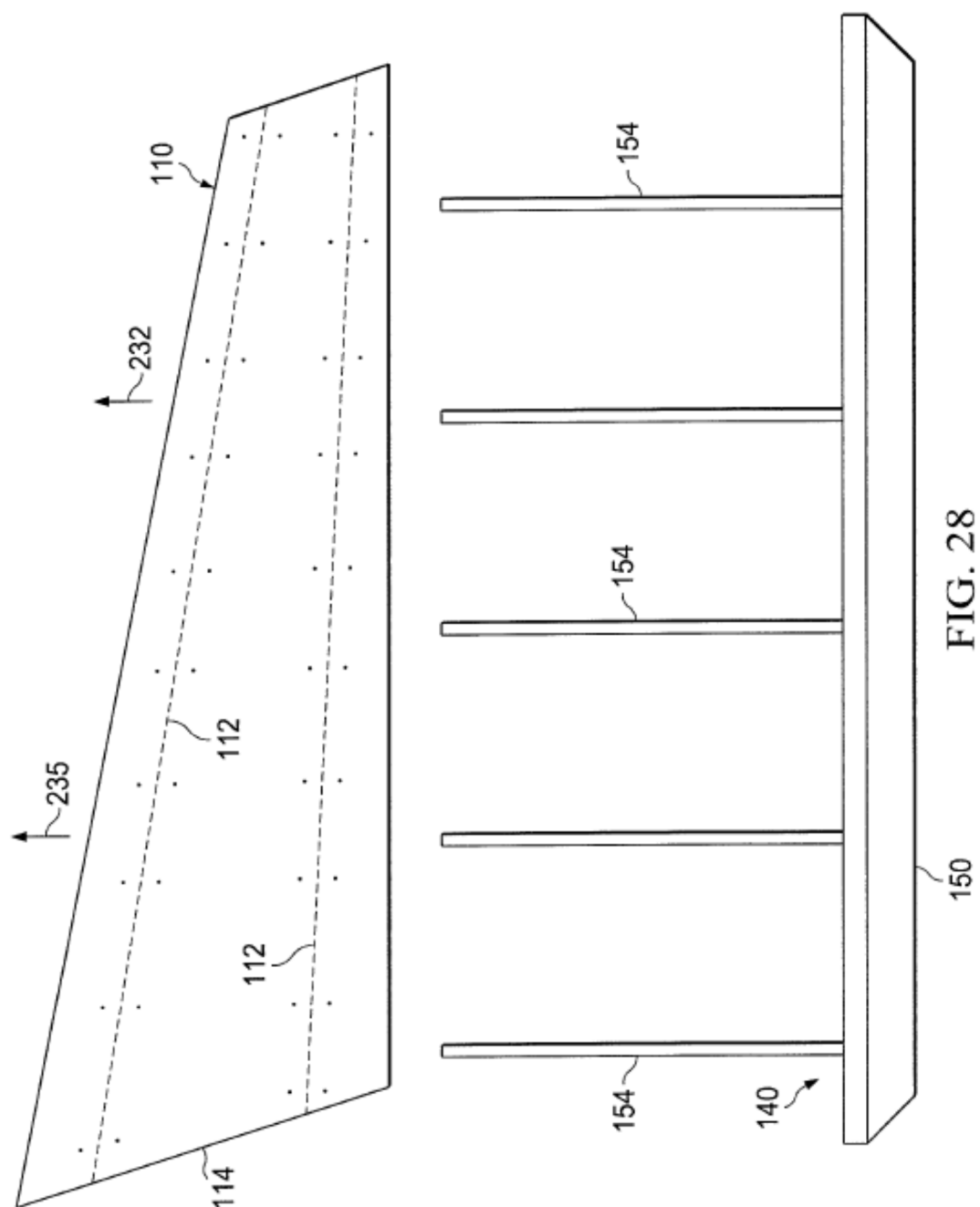


FIG. 24A









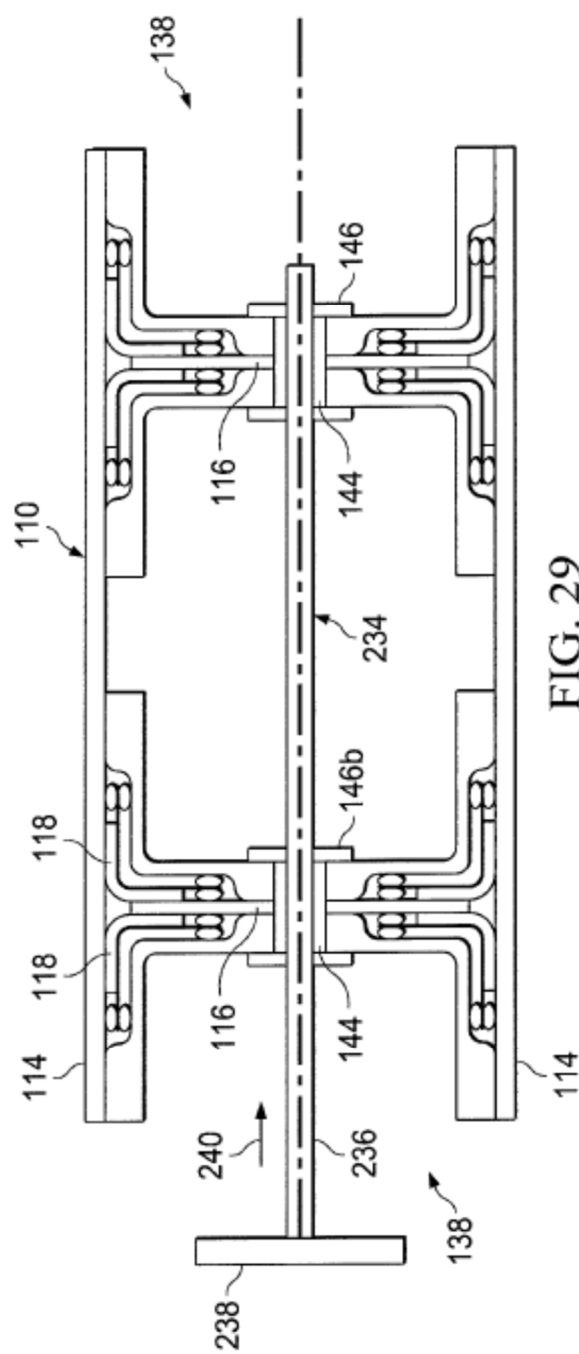


FIG. 29

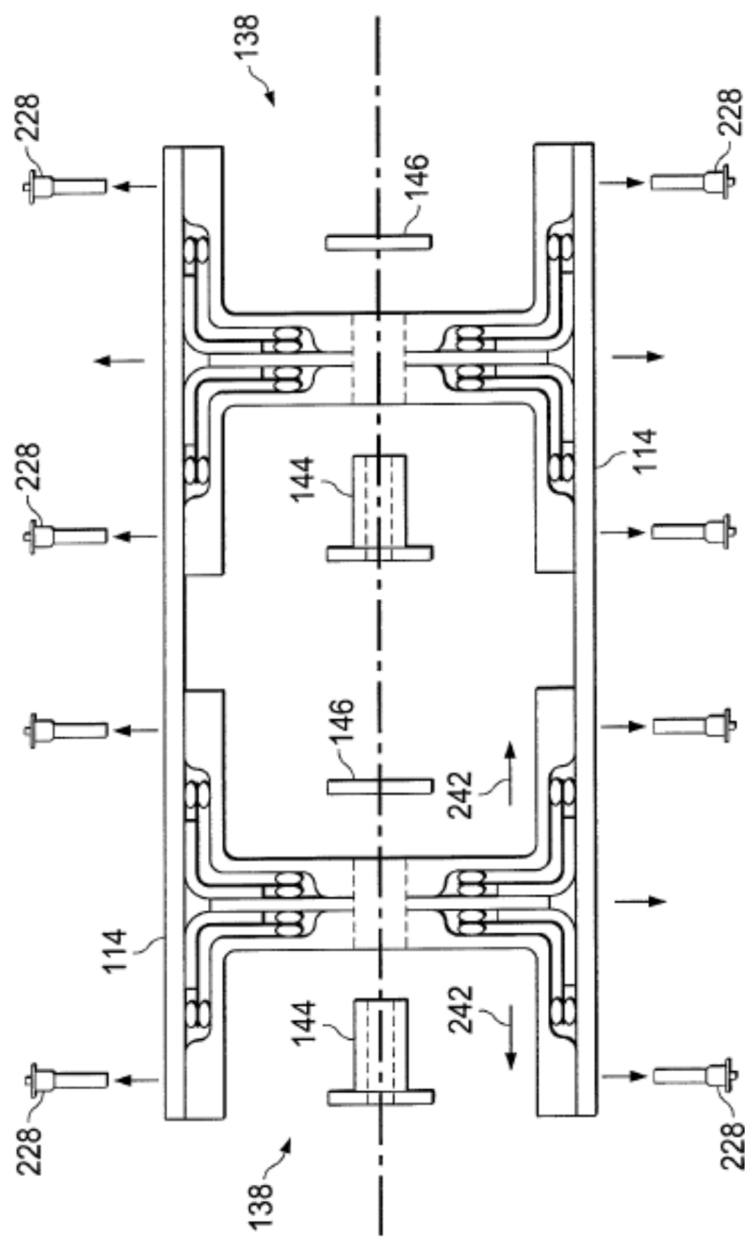
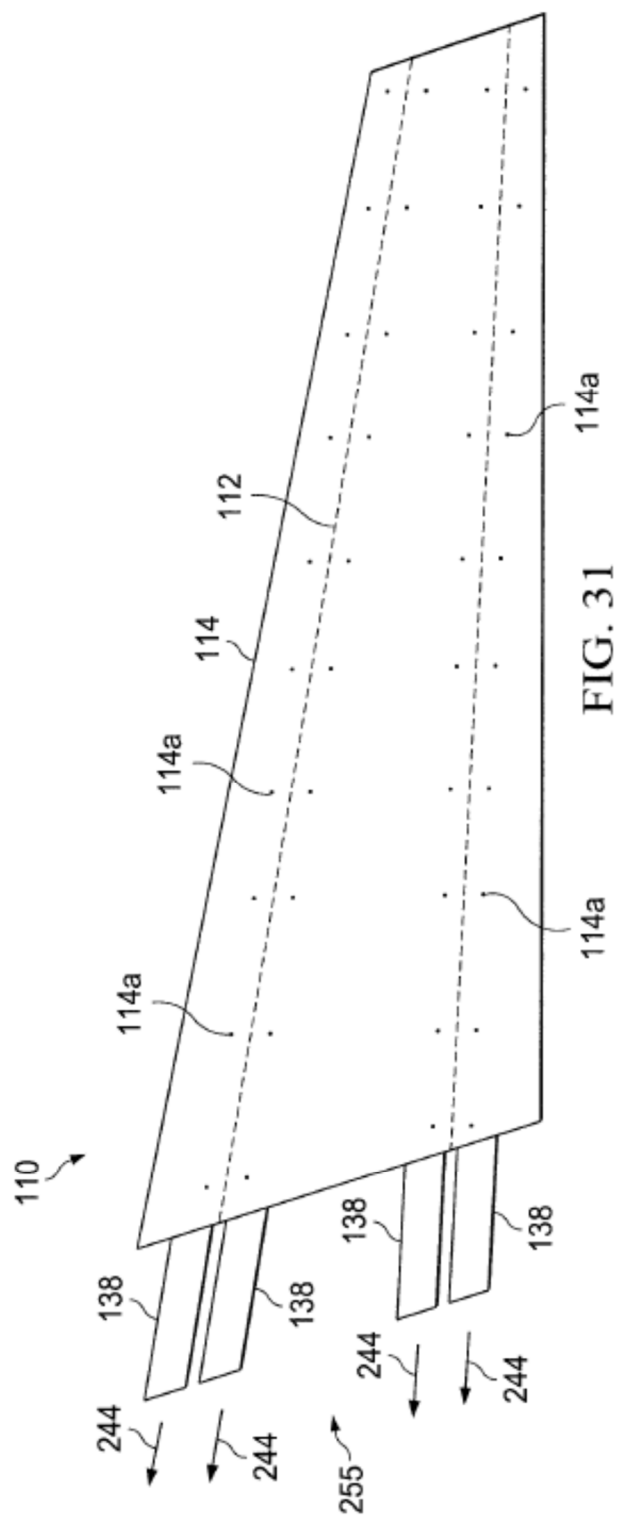
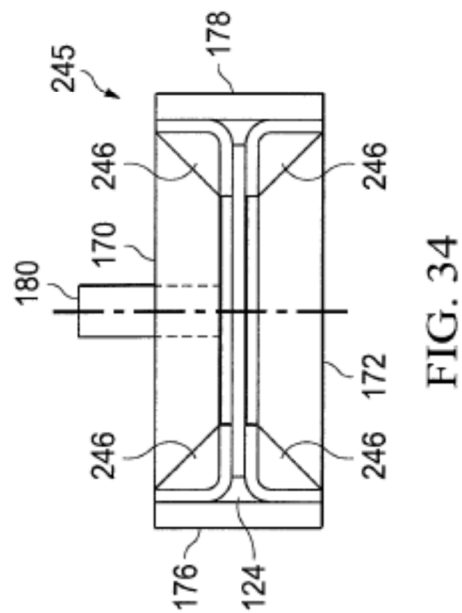
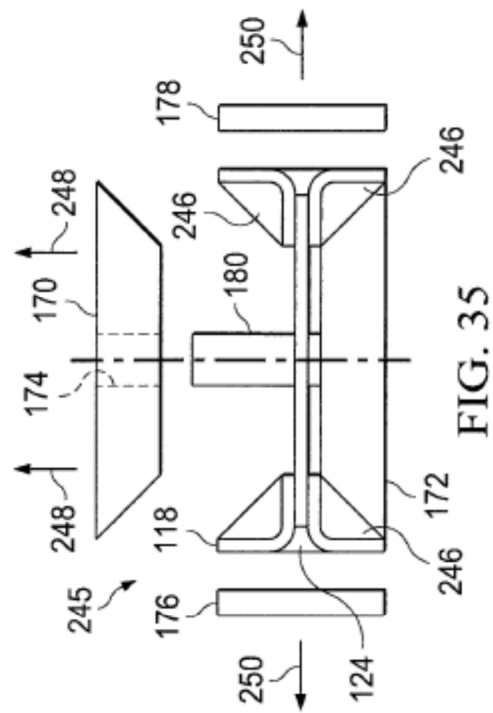
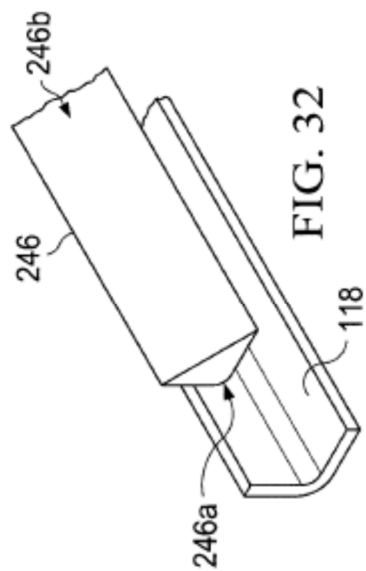
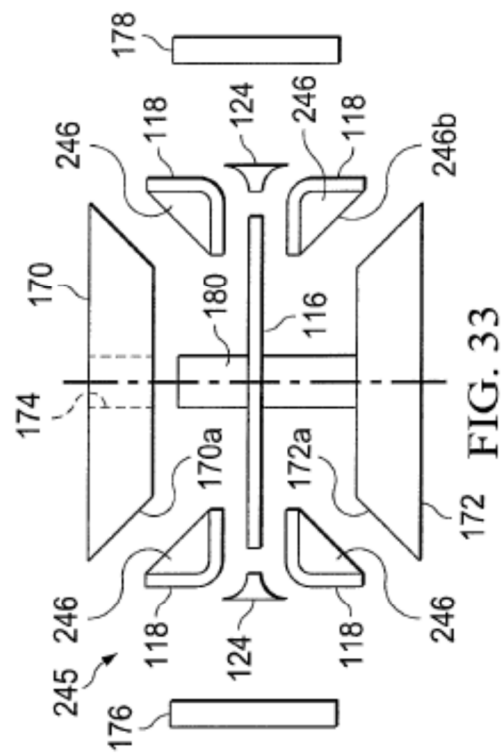


FIG. 30





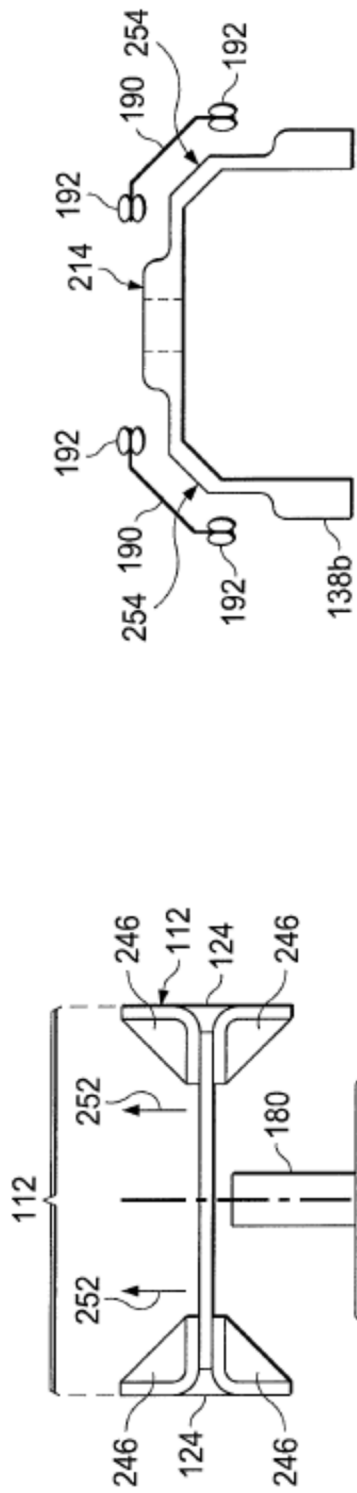


FIG. 36

FIG. 37

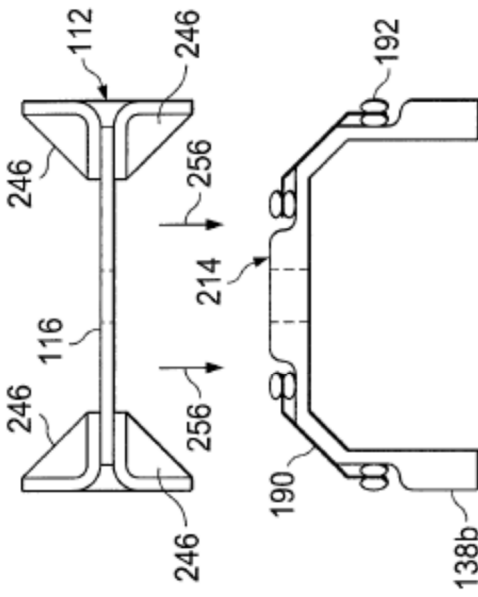
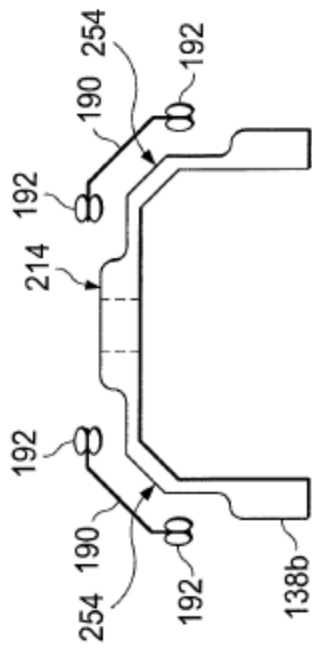


FIG. 38

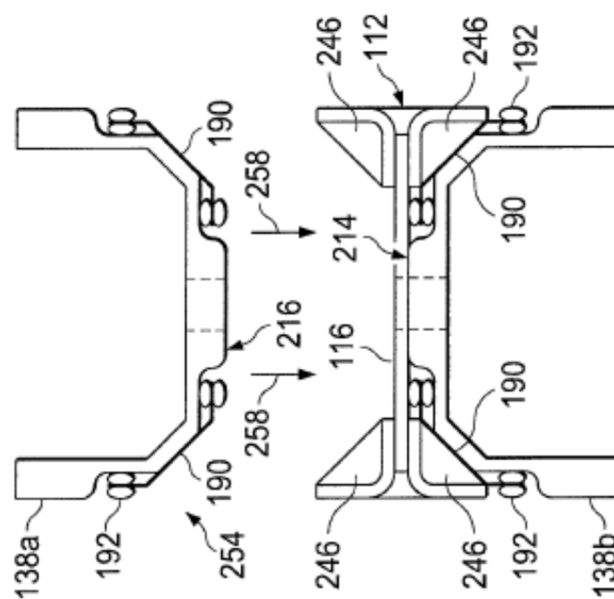


FIG. 39

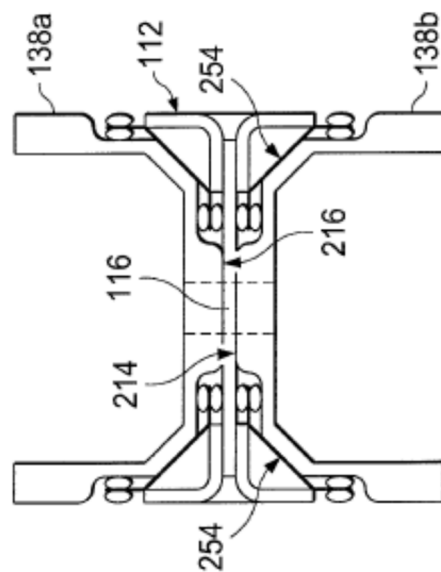


FIG. 40

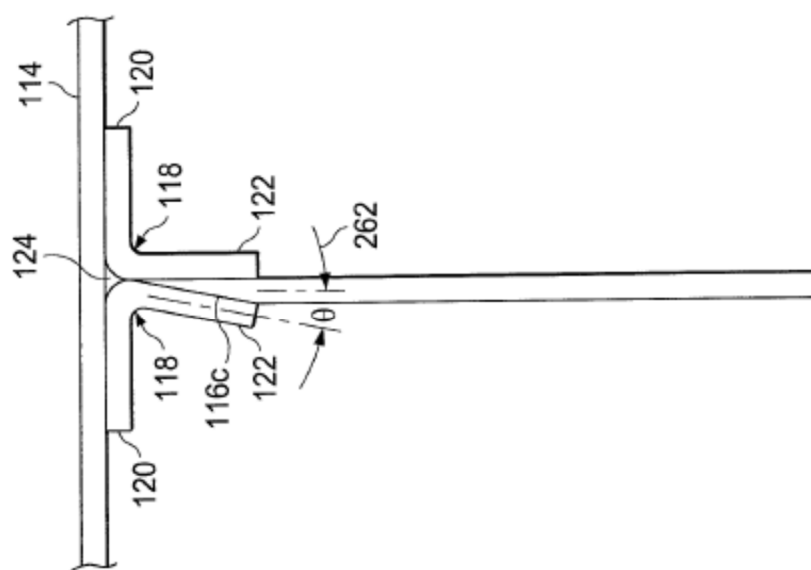


FIG. 43

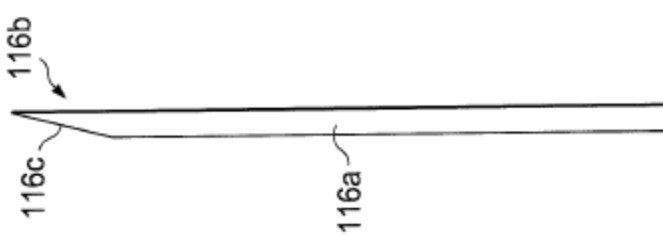


FIG. 42

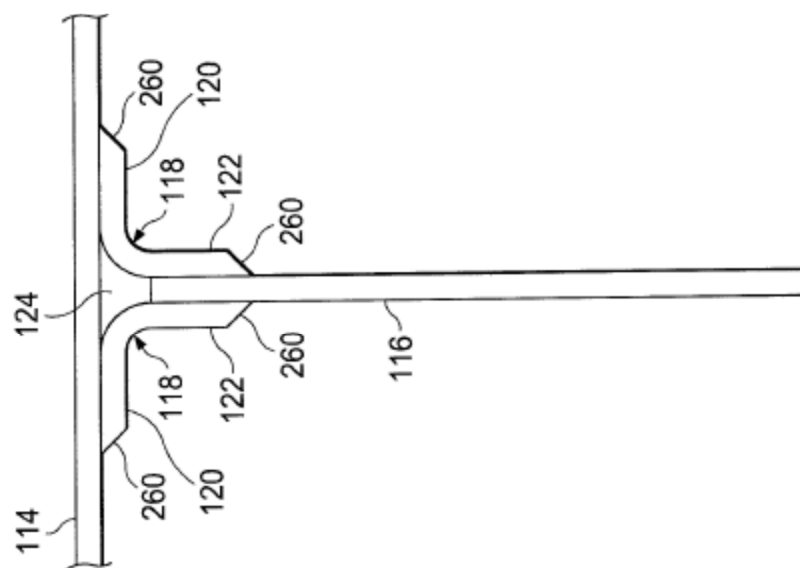
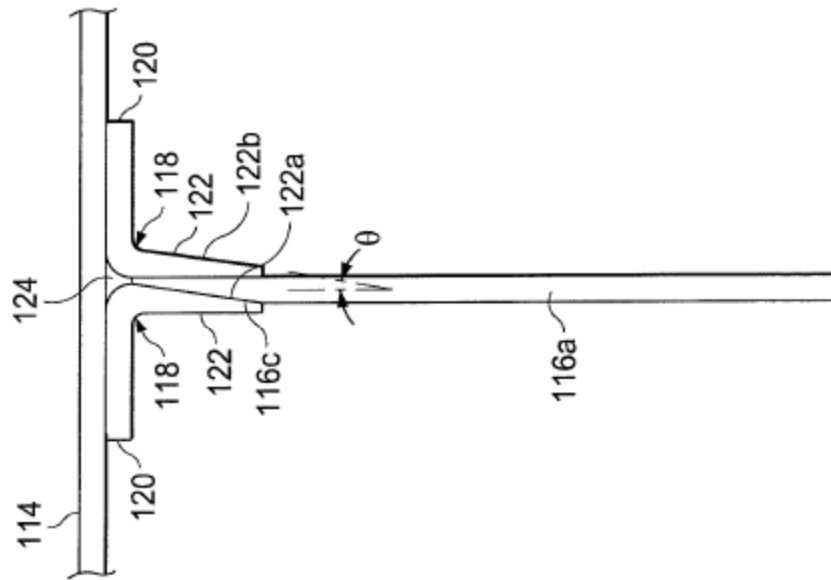
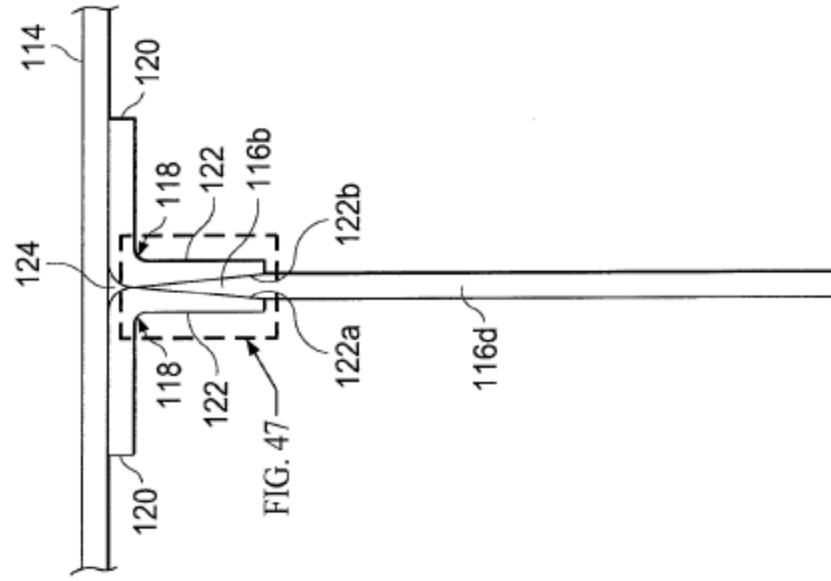


FIG. 41



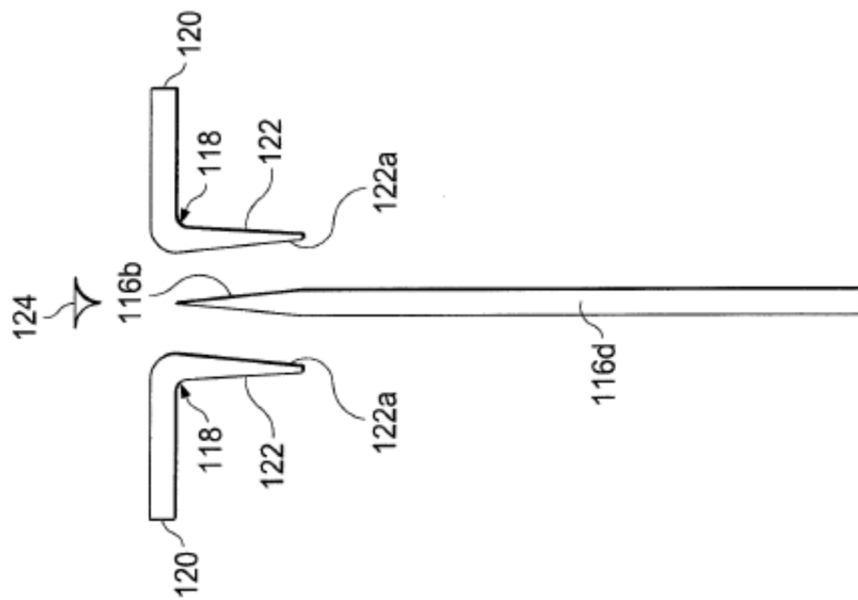


FIG. 46

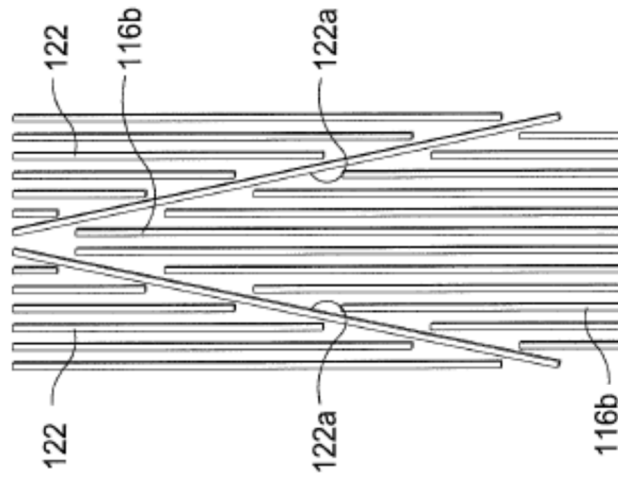


FIG. 47

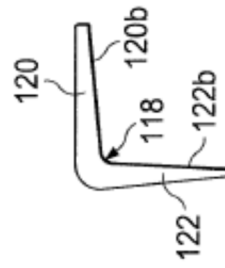
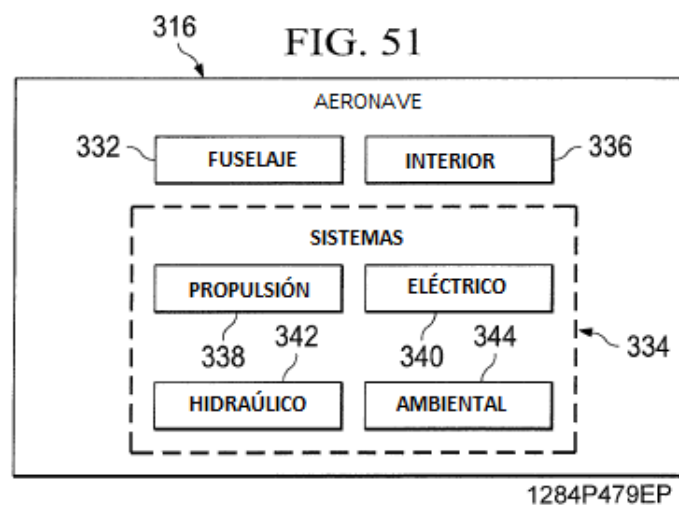
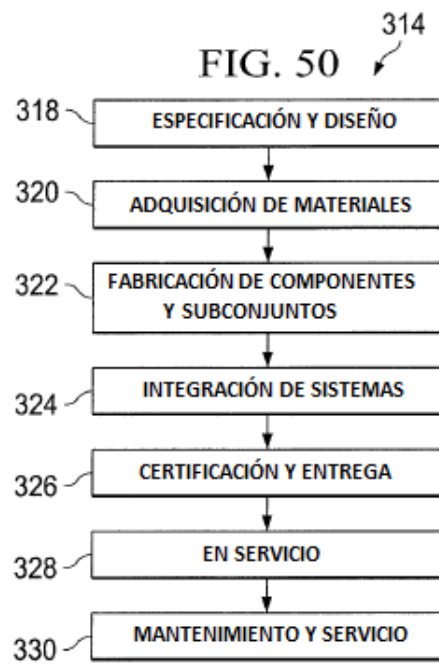


FIG. 48



FIG. 49



1284P479EP