

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 564 565**

51 Int. Cl.:

B29C 33/30 (2006.01)

B29C 33/48 (2006.01)

B29C 70/54 (2006.01)

B29C 70/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.10.2009 E 09013714 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.12.2015 EP 2181823**

54 Título: **Herramienta de múltiples segmentos y procedimiento para la formación de un material compuesto**

30 Prioridad:

03.11.2008 US 263915

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

23.03.2016

73 Titular/es:

**ROHR, INC. (100.0%)
850 LAGOON DRIVE
CHULA VISTA, CA 91910-2098, US**

72 Inventor/es:

**HUBERT, MARC CLAUDE;
ATEN, RAY MICHAEL;
LAYLAND, JOHN MICHAEL;
TICHENOR, A. LEE y
LONG, RON**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 564 565 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

Herramienta de múltiples segmentos y procedimiento para la formación de un material compuesto

Campo de la invención

5 La invención se refiere en general a una herramienta de múltiples segmentos y a un procedimiento para formar en vacío una pieza de material compuesto y, más específicamente, a una herramienta y un procedimiento relacionados con la formación de material compuesto de una góndola de aeronave y piezas relacionadas.

Antecedentes

10 Las estructuras de aeronave tienen muchos componentes que tienen formas complejas con múltiples curvaturas. Por ejemplo, diversas formas complejas se encuentran en los sistemas de góndola y pilón de aeronave, inversores de empuje y cámaras de cohetes propulsores, entre otros. Se conocen varios procedimientos para la formación de formas complejas. Para los polímeros termoplásticos y termoestables, pueden usarse múltiples herramientas en las operaciones de moldeo por inyección y por compresión para formar formas complejas. Las técnicas de formación de metal han usado mandriles de fundición para facilitar la formación de cámaras de cohetes propulsores metálicas que tienen configuraciones de reloj de arena. Sin embargo, estos procedimientos no son fácilmente adaptables para la formación de piezas complejas usando técnicas de bolsa de vacío para la fabricación de materiales compuestos.

15 La formación con bolsa de vacío es un procedimiento de fabricación de materiales compuestos que puede ser usada para formar formas complejas usando múltiples herramientas. En la formación con bolsa de vacío, un vacío empuja una preforma alrededor de los contornos de una herramienta. Cuando se usan múltiples herramientas para formar piezas de material compuesto, debe haber un sellado de vacío suficiente entre las herramientas. La integridad del vacío y la alineación apropiada de las herramientas es importante para conseguir la forma y las propiedades deseadas del producto final. Debido a que el vacío empuja una preforma contra todo el contorno, se producen defectos de costura si las herramientas no están alineadas de manera precisa. Se ha intentado asegurar la alineación entre las múltiples herramientas usando elementos de sujeción mecánicos, tales como tornillos y similares. Sin embargo, dichos sistemas pueden ser engorrosos, costosos e inadecuados para minimizar los defectos de costura. Con respecto a la integridad del vacío, se han usado juntas, juntas tóricas y dispositivos similares para mejorar la integridad del vacío entre las herramientas adyacentes. Estos intentos resultan frecuentemente en una integridad del vacío no completa que conduce a posibles defectos de los productos, mal curado de la resina y mala migración de resina a matriz, que contribuyen a potenciales deficiencias de los productos. En respuesta, se ha intentado usar múltiples barreras de vacío para asegurar la integridad del vacío, pero dichas soluciones de aumentan la complejidad y el coste de procesamiento.

20 El documento WO 2009/150401 A1, que es un documento publicado después de la fecha de prioridad de la presente solicitud, pero reivindica una fecha de prioridad anterior a la de la presente solicitud, describe un conjunto de herramientas para la fabricación de una estructura de material compuesto. El conjunto de herramientas comprende una pluralidad de secciones de herramientas dispuestas alrededor de una sección de soporte. Los extremos opuestos de la sección de soporte están provistos de superficies de sellado. Mientras, la superficie exterior de las secciones de herramienta ensambladas corresponde a la superficie interior de la estructura de material compuesto a ser formada. Un material de estructura C es enrollado alrededor de las secciones de herramienta ensambladas, pero no alrededor de ninguna parte de la sección de soporte. Se colocan unos medios de cubierta sobre las secciones de herramienta ensambladas y se aseguran a las superficies de sellado de la sección de soporte, encerrando de esta manera la totalidad de las secciones de herramienta ensambladas. Tras el curado del material de estructura, la estructura de material compuesto resultante es retirada de las secciones de herramienta ensambladas.

25 Ha surgido la necesidad de una capacidad para formar materiales compuestos de múltiples curvaturas, formados integralmente o formados con un mínimo de sub-partes, en los que se minimicen las costuras, se consiga suficiente integridad del vacío y se reduzca una desalineación de las herramientas. Además, hay una necesidad de un procedimiento eficiente de formación de formas complejas que proporcione al mismo tiempo flexibilidad para permitir cambios en las restricciones de diseño.

Sumario

Según un primer aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento de formación de una pieza de material compuesto que comprende las etapas de

- a) proporcionar una primera herramienta;
- 50 b) posicionar una segunda herramienta sobre la primera herramienta, en el que la segunda herramienta tiene una abertura, en el que la segunda herramienta es capaz de recibir la primera herramienta a través de la abertura;
- c) aplicar una preforma de material compuesto sobre al menos una parte de la primera herramienta y al menos una

parte de la segunda herramienta;

d) sellar al vacío la preforma de material compuesto, asegurando una barrera de vacío a la primera herramienta, mientras una parte de la primera herramienta, la preforma y la segunda herramienta están encapsuladas dentro de la barrera de vacío; y

5 e) curar la preforma para formar una pieza de material compuesto curado.

Según un segundo aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento de formación de una pieza de material compuesto que comprende las etapas de:

a) proporcionar una primera herramienta;

10 b) posicionar una segunda herramienta sobre la primera herramienta, en el que la segunda herramienta tiene una abertura, en el que la segunda herramienta es capaz de recibir la primera herramienta a través de la abertura;

c) posicionar una tercera herramienta sobre la primera herramienta, en el que la tercera herramienta tiene una abertura, en el que la tercera herramienta es capaz de recibir la primera herramienta a través de su abertura;

d) aplicar una preforma de material compuesto sobre al menos una parte de la segunda herramienta y una parte de la tercera herramienta;

15 e) sellar en vacío la preforma de material compuesto, asegurando una barrera de vacío a la primera herramienta, mientras una parte de la primera herramienta, la preforma, la segunda herramienta (140) y la tercera herramienta (160) están encapsuladas dentro de la barrera (220) de vacío; y

f) curar la preforma para formar una pieza (110) de material compuesto curado.

20 La herramienta y el procedimiento en general comprenden dos o más herramientas que pueden acoplarse entre sí para formar un perfil de molde deseado. A continuación, los materiales compuestos son aplicados o extendidos sobre las herramientas. A continuación, el material compuesto puede ser encerrado dentro de una barrera o bolsa de vacío, que puede ser sellada alrededor del material compuesto y asegurada a las superficies de una de las herramientas. Después del curado, las partes pueden ser retiradas de manera selectiva, lo que resulta en una estructura de material compuesto que tiene una forma compleja. En una realización preferida, puede producirse una forma compleja de 360 grados para su uso, por ejemplo, como una barrera interior de una sola pieza de una góndola de motor de aeronave.

25 Ciertas realizaciones ejemplares de la presente invención se describen a continuación y se ilustran en las Figuras adjuntas. Las realizaciones descritas se proporcionan solo para ilustrar las realizaciones de la presente invención y no deberían interpretarse como limitativas del alcance de la invención.

30 Las características anteriores y otras características, aspectos y ventajas de la invención serán evidentes tras una lectura de la descripción detallada siguiente junto con los dibujos adjuntos, que se describen a continuación.

Breve descripción de los dibujos

Las Figuras 1A y 1B muestran una primera herramienta de una herramienta de múltiples segmentos según una primera realización.

Las Figuras 2A, 2B y 2C muestran una segunda herramienta de una herramienta de múltiples segmentos.

35 La Figura 3 muestra una herramienta de múltiples segmentos.

Las Figuras 4A y 4B muestran secciones de la herramienta de múltiples segmentos tomadas a lo largo de las líneas 4-4 de la Figura 3.

La Figura 5 es una vista lateral de una herramienta de múltiples segmentos con un material compuesto colocado sobre la misma.

40 La Figura 6 es una vista lateral de una herramienta de múltiples segmentos y un material compuesto encerrados en una barrera de vacío ilustrativa.

Las Figuras 7A y 7B muestran la retirada de la segunda herramienta y la pieza de material compuesto desde la primera herramienta.

45 La Figura 8 es una vista en perspectiva superior de una segunda realización de una primera herramienta de una herramienta de múltiples segmentos.

La Figura 9 es una vista en perspectiva superior de una primera herramienta y una segunda herramienta.

Las Figuras 10A y 10B muestran características de alineación de una herramienta de múltiples segmentos.

La Figura 11 es una vista de conjunto en perspectiva en planta de una primera herramienta y una segunda herramienta con una tercera herramienta que está siendo añadida.

5 La Figura 12A es una vista en perspectiva en despiece ordenado de una parte de la parte inferior de la tercera herramienta.

La Figura 12B es una vista en perspectiva en despiece ordenado de una parte de la primera herramienta y de la tercera herramienta.

La Figura 13 muestra una herramienta de múltiples segmentos sobre un bastidor.

10 La Figura 14 es una vista ampliada en corte de una herramienta de múltiples segmentos con un carenado retirado.

La Figura 15 muestra una herramienta de múltiples segmentos con un material compuesto y una barrera de vacío ilustrativa.

La Figura 16 muestra un esquema de conjunto en perspectiva de una herramienta de múltiples segmentos y material compuesto.

15 **Descripción**

Una herramienta de múltiples segmentos según una primera realización para una herramienta o sistema para formar mediante vacío una pieza de material compuesto se muestra en las Figuras 1 a 7. La Figura 1A muestra una primera herramienta 30. La primera herramienta 30 puede tener una parte 32 superior y una parte 36 inferior. La parte 32 superior tiene un borde 34 superior, y la parte 36 inferior tiene un borde 38 inferior. En la realización mostrada, tanto el borde 34 superior como el borde 38 inferior son circulares y forman planos que están sustancialmente en una orientación paralela entre sí. La primera herramienta 30 puede ser una herramienta de 360 grados, tal como se muestra. Una herramienta de 20 360 grados se refiere a una herramienta que puede ser usada para moldear piezas de 3 dimensiones que tienen algún tipo de hueco o cavidad abierta interna dentro de las mismas. En una realización preferida, dichas piezas se forman parcial o completamente alrededor de la herramienta, creando de esta manera una abertura anular parcial o extendida en la pieza. Por ejemplo, pueden usarse herramientas de 360 grados en la industria aeronáutica para producir góndolas, sistemas de pilón, inversores de empuje, cámaras de cohetes propulsores, etc. En una realización preferida, la herramienta de 360 grados tiene una parte más superior que tiene un área de sección transversal más pequeña que las otras partes en la herramienta, permitiendo de esta manera que la parte sea retirada hacia arriba a lo largo de un eje sustancialmente alineado con la abertura anular formada por la herramienta. De esta manera, una herramienta de 360 30 grados puede ser tronco-cónica o tronco-piramidal para facilitar la creación de dichas piezas anuales.

La primera herramienta 30 puede tener perfiles de forma exteriores diseñados según sea necesario para adaptarse a la pieza de material compuesto deseada y/o para acoplarse con herramientas adicionales. La parte 36 inferior puede tener un lado 37 inferior que se extiende hacia arriba y hacia el interior desde el borde 38 inferior. De manera similar, la parte 32 superior puede tener un bisel 33 de alineación que se inclina también hacia arriba y hacia el interior, hacia el borde 34 superior. El bisel 33 de alineación puede facilitar también la alineación de la herramienta. Para facilitar la retirada de la herramienta o las herramientas y/o la pieza o las piezas de material compuesto, el bisel 33 de alineación y el lado 37 inferior tienen preferiblemente ángulos rectos (90°) o agudos (de menos de 90°) θ_1 , θ_2 , respectivamente, (tal como se muestra en la Figura 1A) medidos con respecto a una línea 31 ortogonal a un plano definido por el borde 38 inferior. 35

La primera herramienta 30 tiene un reborde 35 de alineación, tal como se muestra, por ejemplo, en las Figuras 1A y 1B. El reborde 35 de alineación en esta realización puede ser un labio, un escalón, una hendidura o un saliente mecanizados en la primera herramienta 30. Puede haber más de un reborde 35 de alineación presentes en la primera herramienta 30, para facilitar el posicionamiento de la primera herramienta 30 con una herramienta de acoplamiento correspondiente que tiene un perfil complejo, o con herramientas adicionales. El reborde 35 de alineación se forma circunferencialmente alrededor de la primera herramienta 30, y en una configuración paralela al plano formado por el borde 38 inferior. En realizaciones alternativas, el reborde 35 de alineación puede formar cualquier ángulo con respecto al plano formado por el borde 38 inferior. Además, el reborde 35 de alineación puede ser de cualquier forma según la determinen las necesidades de alineación de acoplamiento de las herramientas adicionales. Puede situarse un pasador de ajuste (no mostrado) en el reborde 35 de alineación para facilitar la ubicación y la alineación de las herramientas adicionales. 40 45

La Figura 1B es una vista superior de la primera herramienta 30, que muestra el borde 38 inferior, el lado 37 inferior, el reborde 35 de alineación, el bisel 33 de alineación y el borde 34 superior. El espacio 39 interior facilita el enfriamiento y el acceso a los componentes mecánicos y de vacío. 50

Las Figuras 2A, 2B y 2C muestran una realización de una segunda herramienta 40, que es capaz de una alineación de acoplamiento con la primera herramienta 30. La segunda herramienta 40 tiene una parte 42 superior, una parte 44 inferior y una parte 48 de la segunda herramienta que se extiende entre las mismas.

5 La Figura 2B muestra una sección transversal, tomada a lo largo de las líneas 2B-2B de la Figura 2A. Se muestran la parte 42 superior, la parte 44 inferior y la parte 48 de la segunda herramienta. La parte 48 tiene un espesor T_1 en la parte superior y un espesor T_2 en la parte inferior. La pared 47 interior lateral puede estar configurada para encajar sobre la primera herramienta 30 y ser posicionada adyacente a un bisel 33 de alineación. Para conseguir esto, la pared 47 puede estar orientada en un ángulo θ_2 para asentarse enrasada contra el bisel 33 de alineación, que es el mismo ángulo θ_2 de orientación del bisel 33 de alineación de la parte 32 superior de la primera herramienta (véase la Figura 1A). El borde 43 interior situado en la parte 42 superior de la segunda herramienta 40 define una abertura, o un área 45 de sección transversal interior, tal como se muestra en la Figura 2C.

La Figura 2C es una vista superior de la segunda herramienta 40 mostrada en la Figura 2A, que muestra el área 45 de la sección transversal definida por el borde 43 interior, y el espesor T_1 superior. Este área 45 de la sección transversal interior permite que la segunda herramienta 40 encaje sobre la parte 32 superior de la primera herramienta 30.

15 Tal como se muestra en las Figuras 2A y 2B, una superficie 49 de pared exterior 49 de la parte 48 de la segunda herramienta 40 se extiende generalmente hacia fuera desde la parte 44 inferior, en una forma tronco-cónica invertida. Otros ejemplos de una forma de una segunda herramienta incluyen una forma tronco-piramidal invertida, en la que el perímetro superior es también más grande que el perímetro inferior. La segunda herramienta 40 puede estar formada integralmente, tal como se muestra en las Figuras 2A, 2B y 2C, o puede comprender varios segmentos discretos (no mostrados) dispuestos radial o circunferencialmente para formar una pieza de 360 grados.

20 Tal como se muestra en las Figuras 3, 4A y 4B, la segunda herramienta 40 puede ser bajada sobre y colocada encima de la primera herramienta 30. Cuando la primera herramienta 30 y la segunda herramienta 40 se ensamblan, se forma una herramienta 10 de múltiples segmentos. La herramienta 10 de múltiples segmentos tiene una forma 12 exterior que se convertirá en la forma sobre la que se extiende un material compuesto, tal como se describirá más adelante. Las realizaciones mostradas reflejan una configuración mediante la cual el borde 34 superior de la primera herramienta 30 se extiende por encima de la parte 42 superior de la segunda herramienta 40.

25 La Figura 4A es una sección transversal tomada a lo largo de las líneas 4-4 de la Figura 3. La segunda herramienta 40 se muestra colocada sobre la parte 32 superior de la primera herramienta 30. La Figura 4B es una vista en despiece de la zona rodeada por un círculo mostrada en la Figura 4A, y muestra la pared 47 interior de la segunda herramienta 40 adyacente al bisel 33 de alineación de la primera herramienta 30. La parte 44 inferior, que tiene un espesor T_2 , de la parte 48 de la segunda herramienta 40 se posiciona encima del reborde 35 de alineación de la primera herramienta 30. La segunda herramienta 40 se encuentra con el reborde 35 de alineación en la junta 15.

30 Las herramientas 30, 40 primera y segunda pueden formarse a partir de una diversidad de materiales no metálicos, tales como materiales compuestos o aleaciones metálicas tales como, por ejemplo, aluminio, níquel, hierro, acero o una aleación sustancialmente no expansible, tal como la aleación Invar® de acero y níquel, según sea necesario. Típicamente, la selección de un material de herramienta se basa en el procedimiento de formación, las tolerancias de las piezas de material compuesto, el número de ciclos de curado y/o de calentamiento, el coeficiente de expansión térmica del material de las herramientas, la condición superficial deseada o requerida de la pieza de material compuesto, los componentes del material compuesto y el costo, tal como se conoce generalmente en la técnica. En una realización preferida, las herramientas se forman en aleación Invar®.

35 Las Figuras 5 a 7B muestran la adición de una pieza 16 de material compuesto a la herramienta 10 de múltiples segmentos. En la Figura 5, la pieza 16 de material compuesto puede ser extendida sobre la herramienta 10 de múltiples segmentos mediante procedimientos conocidos, incluyendo, por ejemplo, la extensión conjunta de capas individuales de un material compuesto pre-impregnado para crear la estructura laminada final. En una realización preferida, el material compuesto se prepara a mano extendiendo capas pre-impregnadas de una tela de grafito. La pieza 16 de material compuesto puede ser una forma compleja, debido a las geometrías de la primera herramienta 30 y la segunda herramienta 40.

40 La pieza 16 de material compuesto, que a veces se denomina preforma antes del curado, comprende típicamente un refuerzo y una matriz. Los refuerzos pueden ser carbono, fibras de aramida, fibras de para-aramida, fibras de vidrio, fibras de carburo de silicio, polietileno de alta resistencia u otros materiales de fibra de material compuesto tal como se conoce en la materia. El material de refuerzo puede ser fibras cortas o largas, tejidos, refuerzos extendidos, laminados o cualquier combinación de los mismos. La matriz puede ser una resina polimérica termoestable o termoplástica tal como poliéster, éster de vinilo, epoxi, fenólica, poliimida, poliamida, polipropileno, PEEK o "baselimide". En una realización preferida, el refuerzo es grafito y la matriz es epoxi.

45 La Figura 6 ilustra la adición de una barrera 20 de vacío que encierra la pieza 16 de material compuesto y las partes de la

ES 2 564 565 T3

herramienta 10 de múltiples segmentos. La barrera 20 de vacío puede ser asegurada y sellada a la parte 36 inferior y la parte 32 superior de la primera herramienta 30, usando procedimientos de fijación conocidos por las personas con conocimientos en la materia. En una realización preferida, la barrera 20 de vacío es sellada mediante una cinta sellante. Sellada de esta manera, la barrera 20 de vacío encierra la pieza 16 de material compuesto y la segunda herramienta 40.

5 La barrera 20 de vacío puede ser un material polimérico flexible u otro material tal como se conoce en la técnica, suficiente para soportar las temperaturas y las presiones que se encuentran con el curado de material compuesto en bolsa de vacío. El vacío se crea en el espacio entre la barrera 20 de vacío y la herramienta 10 de múltiples segmentos usando una fuente de vacío (no mostrada) tal como un compresor o una bomba de efecto venturi tal como se conoce en la técnica. Una presión que se acerca aproximadamente a una atmósfera (101,325 kPa) fuerza a la pieza 16 de material compuesto
10 contra el perfil 12 exterior de la herramienta 10 de múltiples segmentos.

Después de asegurar la barrera 20 de vacío y conseguir las condiciones de presión deseadas, a continuación, se cura la pieza 16 de material compuesto. El término cura o curado, tal como se usa en la presente memoria, se refiere al procedimiento que resulta en la reticulación o la solidificación de una matriz y un refuerzo. El curado puede ocurrir en recipientes a presión a temperaturas elevadas en dispositivos tales como una autoclave, tal como se conoce en la técnica.
15 En una realización alternativa, el curado puede producirse a temperatura ambiente y/o presiones atmosféricas. Pueden usarse múltiples ciclos de curado según sea necesario. Por ejemplo, una preforma puede ser sometida a un primer curado y un segundo curado para formar una pieza 16 de material compuesto. En un ejemplo que usa la herramienta descrita en la presente memoria, una pieza 16 de material compuesto de fibra de carbono-epoxi tejida se expuso a aproximadamente 177°C (350°F), simultáneamente con presiones que variaban entre aproximadamente 241 kPa (35 psi) y
20 aproximadamente 689 kPa (100 psi), preferiblemente de aproximadamente 483 a 552 kPa (70 a 80 psi), durante aproximadamente 120 minutos dentro de una autoclave. La variable temperatura-presión-tiempo particular puede ser ajustada según la combinación de refuerzo y matriz particular usada en la preforma, tal como se conoce en la técnica.

Las Figuras 7A y 7B muestran el desensamblado después del curado y la retirada de la barrera 20 de vacío. En primer lugar, la segunda herramienta 40 puede ser levantada o retirada axialmente de la primera herramienta 30, tal como se muestra en la Figura 7A. Tal como se muestra en la Figura 7B, la pieza 16 de material compuesto, que tiene una forma compleja, puede ser retirada a continuación axialmente de la primera herramienta 30.
25

Una herramienta de múltiples segmentos según una segunda realización se muestra en las Figuras 8 a 16.

Haciendo referencia a la Figura 8, la primera herramienta 130 comprende un núcleo 131 mostrado asentado encima de una base 139. El núcleo 131 comprende una parte 132 superior y la parte 136 media. Hay un reborde 135 situado entre la parte 132 superior y la parte 136 media. El núcleo 131 puede ser posicionado descentrado con relación a la base 139 de la primera herramienta, tal como se muestra. Dicha colocación descentrada permite soportar una segunda herramienta 140 no concéntrica. En realizaciones alternativas, el núcleo 131 puede estar centrado en la base 139 de la primera herramienta para soportar las herramientas 140 y 160 concéntricas, segunda y tercera. Las guías 154 de alineación pueden estar situadas sobre la parte 136 media del núcleo 131. Las guías 154 pueden estar situadas de manera intermitente, unas con relación a las otras, alrededor de la parte 136 media. Preferentemente, se usan cuatro (4) guías, y son paralelas entre sí y posicionadas circunferencialmente alrededor de la parte 136 media. Aunque la parte 132 superior de la primera herramienta 130 puede ser un cilindro, tal como se muestra, la parte 132 superior puede inclinarse también hacia el interior en una forma cónica truncada (no mostrada). El volumen 170 interior abierto de la primera herramienta 130 ayuda a proporcionar la circulación de aire y minimizar el calentamiento de la herramienta durante el curado subsiguiente. La base 139 tiene una superficie 151 superior.
30
35
40

La Figura 9 muestra la adición de una segunda herramienta 140 y un bastidor 118 de transporte. La segunda herramienta 140 puede ser posicionada encima de la superficie 151 superior (no mostrada en la Figura 9) de la primera herramienta 130. Tal como se muestra también en la Figura 10A, el rebaje 157 en el lado interior de la segunda herramienta 140 puede cooperar con las guías 154 para facilitar el posicionamiento y la alineación de la segunda herramienta 140 sobre primera herramienta 130. Posicionado de esta manera, el núcleo 131 de soporte se extiende a través de las guías 154 que salen de la segunda herramienta 140 parcialmente expuesto y preparado para recibir herramientas adicionales. El bastidor 118 de transporte puede soportar y transportar la herramienta de múltiples segmentos ensamblados según sea necesario. El bastidor 118 de transporte puede ser de acero u otras aleaciones metálicas.
45

La segunda herramienta 140 tiene un borde 142 superior y un borde 144 inferior. El borde 144 inferior es generalmente circular y plano. Tal como se muestra, el borde 142 superior se muestra también generalmente no paralelo al plano formado por el borde 144 inferior. El uso de dicha una interfaz no paralela, denominada también una línea división con forma de "spline", puede ayudar a la retirada del material compuesto desde la herramienta después del curado. En la práctica, pueden usarse diversas interfaces no paralelas, pero preferiblemente el ángulo entre las interfaces será mayor que aproximadamente cinco grados. El perfil 145 inferior define la superficie a la que, más tarde, se aplicará parcialmente una preforma, tal como se describe más adelante.
50
55

Las Figuras 10A y 10B muestran detalles relacionados con una guía 154 y un rebaje 157. La lengüeta 153 de la guía 154

encaja dentro del rebaje 157 de la segunda herramienta 140 y ayuda a guiar y a alinear la segunda herramienta 140 sobre la primera herramienta 130. Las muescas 155 permiten un espacio libre para los miembros 166 (mostrados en las Figuras 12B) de la tercera herramienta a través del reborde 135. Una primera zapata 152 de indexado o acoplamiento, tal como se muestra en la Figura 10B, está situada en el interior de la segunda herramienta 140 y facilita la alineación al recibir una segunda zapata 156 de indexado de la tercera herramienta 160 (mostrada en la carcasa 163 en la Figura 12A). Las zapatas 152 y 156 de indexado, primera y segunda, pueden ayudar a que las herramientas 140 y 160 segunda y tercera formen una junta suave entre las mismas y limiten la desviación entre las dos herramientas. En una realización preferida, la zapata 152 de indexado tiene un rebaje en el que encaja una proyección desde la zapata 156 de indexado.

La Figura 11 muestra la adición de una tercera herramienta 160, preparada para ser bajada y posicionada sobre la primera herramienta 130 y en contacto con la segunda herramienta 140 para formar una herramienta de múltiples segmentos. La tercera herramienta 160 comprende un plano 168 de referencia de estación, una carcasa 163 y un perfil 165 superior. El plano 168 de referencia de estación permite la referencia de plano para la coordinación y el acoplamiento entre las herramientas. El plano 168 de referencia de estación puede permitir también la verificación del cumplimiento de las tolerancias de contorno deseadas. El plano 168 de referencia de estación puede proporcionar también soporte para los carenados 126 (tal como se muestra en la Figura 13). Un borde 164 inferior del perfil 165 superior coopera y se acopla con el borde 142 superior y el perfil 145 inferior de la segunda herramienta 140. Una abertura 167 interior de la tercera herramienta 160 recibe la primera herramienta 130. La carcasa 163 puede tener un labio interior (no mostrado) que coopera y se apoya en el reborde 135. En la parte inferior de la carcasa 163, unas patas 169 (mostradas también en la Figura 12A) permiten que la herramienta sea colocada sobre una superficie dura sin daños a la herramienta cuando no está en uso.

Las Figuras 12A y 12B muestran hardware útil para alinear las herramientas 130, 140 y 160, primera, segunda y tercera. Una segunda zapata 156 de indexado puede ser posicionada sobre la carcasa 163. Cuando se instala, la segunda zapata 156 de indexado es alineada con la primera zapata 152 de indexado sobre la segunda herramienta 140 (tal como se muestra en la Figura 10B). Tal como se ha descrito anteriormente, las zapatas de indexado pueden acoplarse axialmente a través de una lengüeta y una ranura u otro enlace mecánico, electrónico o magnético adecuado. Preferiblemente, cuatro pares de pares de zapatas de indexado están situados circunferencialmente sobre las herramientas 160 y 140 tercera y segunda. Las guías 154 (mostradas en la Figura 12B) de la primera herramienta 130 cooperan con los miembros 166 de alineación situados sobre la carcasa 163 de la tercera herramienta 160. Los miembros 166 de alineación pueden proporcionar un indexado radial con tolerancia estrecha con las guías 154, tal como se muestra en la Figura 12B. De esta manera, los miembros 166 de alineación pueden alinear e indexar la primera herramienta 130 y la tercera herramienta 160. Las zapatas 152 y 156 de indexado pueden alinear e indexar la segunda herramienta 140 y la tercera herramienta 160.

La Figura 13 muestra una herramienta 110 de múltiples segmentos ensamblada que tiene también carenados 126. Preferiblemente, pueden posicionarse cuatro (4) carenados 126 en la parte superior de la tercera herramienta 160 y alrededor de la parte 132 superior de la primera herramienta 130. Los carenados 126 pueden formarse en un material de fibra de vidrio de peso ligero. También pueden usarse otros materiales compuestos, metales y plásticos curados capaces de soportar temperaturas elevadas. Por ejemplo, aleaciones metálicas de peso ligero, tales como aluminio y similares, pueden formar los carenados 126. Los carenados 126 cubren los elementos de sujeción mecánicos y el hardware de elevación u otros huecos de alto perfil en el plano 168 de referencia de estación (tal como se muestra en la Figura 11) y ayudan a prevenir que la bolsa sea pinzada alrededor de los objetos afilados presentes en la parte superior de la tercera herramienta 160. Unas ruedas 182 pivotantes fijadas al bastidor 118 de transporte ayudan en el movimiento de la herramienta de múltiples segmentos.

En el estado ensamblado, la herramienta 110 de múltiples segmentos comprende una primera herramienta 130, una segunda herramienta 140 y una tercera herramienta 160, ensambladas entre sí. El perfil 145 inferior se acopla al perfil 165 superior y, conjuntamente, forman una superficie en la que puede colocarse una preforma de material compuesto.

La Figura 14 muestra una vista en despiece ordenado y parcialmente desensamblada de la tercera herramienta 160, el plano 168 de referencia de estación y los carenados 126. Diversos elementos de fijación mecánicos y hardware 169 de elevación en la tercera herramienta 160 facilitan el transporte y el posicionamiento de la tercera herramienta 160 alrededor de la parte 132 superior de la primera herramienta 130 y sobre la segunda herramienta 140. Tal como se muestra, la parte 132 superior se extiende por encima de la tercera herramienta 160, y proporciona una superficie a la que puede fijarse una bolsa de vacío tal como se describe más adelante.

La Figura 15 muestra la herramienta 110 de múltiples segmentos después de aplicar una pieza 216 de material compuesto y una barrera 220 de vacío a la misma. La pieza de material compuesto puede estar formada integralmente en 360° o en partes de la misma. Tal como se ha indicado anteriormente, el material compuesto puede ser extendido sobre la herramienta 110 mediante procedimientos conocidos, incluyendo, por ejemplo, extendiendo conjuntamente capas individuales de material compuesto pre-impregnado para crear la estructura laminada final. La pieza 216 de material compuesto puede ser una forma compleja, debido a las geometrías de la herramienta 110 de múltiples segmentos. El material compuesto puede estar compuesto de un refuerzo y una matriz, tal como se descrito con la primera realización

- anterior. El segmento de la parte 132 superior que se extiende por encima de los carenados 126 sirve como una superficie 137 de sellado superior para la barrera 220 de vacío. La superficie exterior de la base 139 sirve como una superficie 133 de sellado inferior de la barrera 220 de vacío. La barrera 220 de vacío se extiende sobre el material 216 compuesto y las herramientas primera, segunda y tercera (no mostradas en la Figura 15). La barrera 220 de vacío es asegurada a la superficie 137 de sellado superior y la superficie 133 de sellado inferior, usando procedimientos de fijación conocidos por las personas con conocimientos en la materia. En una realización preferida, la barrera 220 de vacío es sellada mediante un paño de ventilación y masilla (no mostrados), tal como se conoce en la técnica. Puede realizarse un procesamiento adicional para curar la pieza 216 de material compuesto de manera similar a la descrita con relación a la primera realización anterior.
- La Figura 16 es una vista esquemática, que ilustra cómo se desmontan los componentes de la herramienta 110 de múltiples segmentos y el material 216 compuesto después del curado. Inicialmente, la barrera 220 de vacío (no mostrada en la Figura 16), dos partes 132 y los carenados 126 pueden ser retirados de la herramienta 110 de múltiples segmentos. Posteriormente, la tercera herramienta 160 puede ser retirada axialmente desde la herramienta 110 de múltiples segmentos. La retirada axial de la tercera herramienta 160 deja inicialmente la pieza 216 de material compuesto alrededor de la segunda herramienta 140. A continuación, la pieza 216 de material compuesto puede ser retirada de las herramientas 130 y 140 primera y segunda. Las etapas subsiguientes pueden incluir la retirada de la segunda herramienta 140 para su almacenamiento y/o limpieza. Tras el desensamblado, la primera herramienta 130, la segunda herramienta 140, la tercera herramienta 160 y los carenados 126 pueden ser usados para reconstruir la herramienta 110 de múltiples segmentos para la formación subsiguiente de una pieza de material compuesto.
- La presente invención permite el uso de más de una pieza de herramienta extraíble en conjunción con otras herramientas, sin el requisito de superficies de sellado de vacío entre las herramientas. Una barrera de vacío puede ser sellada a una única estructura, y puede capturar cualquier herramienta intermedia junto con la preforma o el material compuesto. Esto elimina la necesidad de tener superficies de sellado entre las herramientas extraíbles, minimizando de esta manera la exposición a fugas y el número de costuras resultantes. Este procedimiento es ventajoso para aplicaciones de herramientas de 360 grados, pero puede ser usado también en otras aplicaciones diferentes a las de 360 grados. Debido a que no se requieren sellos de presión intermedios, las interfaces entre las partes superior e inferior pueden realizarse con mayores tolerancias mecánicas.
- Además, el uso de un mínimo de componentes asegura una alineación apropiada tal como se ha descrito anteriormente, lo cual es frecuentemente un problema con las herramientas de unión de múltiples segmentos. El uso de índices de ayuda a asegurar un acoplamiento o ajuste preciso de las secciones y los perfiles de la herramienta.
- Las realizaciones de la presente invención proporcionan muchas ventajas con respecto a los procedimientos de la técnica anterior. Debido a que la barrera de vacío está fijada a partes (por ejemplo, la parte superior y la parte inferior tal como se muestra en las realizaciones) de una primera herramienta que es en sí misma hermética al vacío, no es necesario que el perfil inferior (por ejemplo, el elemento 145) y el perfil superior (por ejemplo, el elemento 165) de las realizaciones que reciben la preforma sean herméticos al vacío. Por lo tanto, el perfil inferior y el perfil superior (cuando se combinan, a veces denominados en la técnica carátula "facesheet") pueden acomodar orificios de herramienta, bujes pasantes y otras discontinuidades que frecuentemente son necesarios para el ensamblado mecánico, la sustitución y limpieza de las herramientas. Por lo tanto, la carátula puede tener mayores tolerancias para las piezas mecanizadas, y normas más generales para la soldadura alrededor de los orificios y las proyecciones que de otra manera aumentarían la complejidad de fabricación de la herramienta. Dichas tolerancias, orificios pasantes y otras incongruencias frecuentemente menores en la carátula tienen un impacto negativo limitado sobre la integridad del vacío. Esta ventaja simplifica la construcción general de la herramienta y permite un cambio de herramientas y una limpieza más eficientes después del uso.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para formar una pieza (16) de material compuesto que comprende las etapas de:
 - a) proporcionar una primera herramienta (30);
 - 5 b) posicionar una segunda herramienta (40) sobre la primera herramienta (30), en el que la segunda herramienta tiene una abertura (45), en el que la segunda herramienta (40) es capaz de recibir la primera herramienta (30) a través de la abertura (45);
 - c) aplicar una preforma de material compuesto sobre al menos una parte de la primera herramienta (30) y al menos una parte de la segunda herramienta (40);
 - 10 d) sellar al vacío la preforma de material compuesto, asegurando una barrera (20) de vacío a la primera herramienta (30), mientras una parte de la primera herramienta (30), la preforma y la segunda herramienta (40) están encapsuladas dentro de la barrera (20) de vacío; y
 - e) curar la preforma para formar una pieza (16) de material compuesto curado.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además las etapas de:
 - retirar la barrera (20) de vacío de la primera herramienta (30);
 - 15 retirar la segunda herramienta (40); y
 - retirar la pieza de material (16) compuesto curado de la primera herramienta (30).
3. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además las etapas de:
 - alinear la primera herramienta (30) y la segunda herramienta (40) para minimizar las costuras en la pieza (16) de material compuesto resultante.
- 20 4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que la primera herramienta (30) y la segunda herramienta (40) son alineadas usando medios (33, 35) de alineación.
5. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la segunda herramienta (40) es retirada axialmente de la primera herramienta (30).
6. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la pieza (16) de material compuesto es una parte de 360 grados formada integralmente.
- 25 7. Un procedimiento de formación de una pieza (110) de material compuesto que comprende las etapas de:
 - a) proporcionar una primera herramienta (130);
 - b) posicionar una segunda herramienta (140) sobre la primera herramienta (130), en el que la segunda herramienta (140) tiene una abertura, en el que la segunda herramienta (140) es capaz de recibir la primera herramienta (130) a través de la abertura;
 - 30 c) posicionar una tercera herramienta (160) sobre la primera herramienta (130), en el que la tercera herramienta (160) tiene una abertura (167), la tercera herramienta (160) es capaz de recibir la primera herramienta (130) a través de su abertura (167);
 - d) aplicar una preforma de material compuesto sobre al menos una parte de la segunda herramienta (140) y una parte de la tercera herramienta (160);
 - 35 e) sellar al vacío la preforma de material compuesto asegurando una barrera (220) de vacío a la primera herramienta (130), mientras una parte de la primera herramienta (130), la preforma, la segunda herramienta (140) y la tercera herramienta (160) están encapsuladas dentro de la barrera (220) de vacío; y
 - f) curar la preforma para formar una pieza (110) de material compuesto curada.
- 40 8. Procedimiento según la reivindicación 7, en el que:
 - la tercera herramienta (160) se acopla con la segunda herramienta (140) para formar un perfil para recibir la preforma.
9. Procedimiento según la reivindicación 8, en el que

la primera herramienta (130) comprende una base (139) y un núcleo (131) y la segunda herramienta (140) y la tercera herramienta (160) son posicionadas al menos parcialmente sobre el núcleo (131); y

la pieza de material compuesto se forma sobre las herramientas (140, 160) segunda y tercera.

5 10. Procedimiento según la reivindicación 9, en el que el núcleo (131) de la primera herramienta (130) tiene un reborde (135), que recibe al menos parcialmente la segunda herramienta (140).

11. Procedimiento según la reivindicación 7, que comprende además proporcionar medios (152, 154, 156, 166) de alineación para alinear las herramientas (130, 140, 160) primera, segunda y tercera.

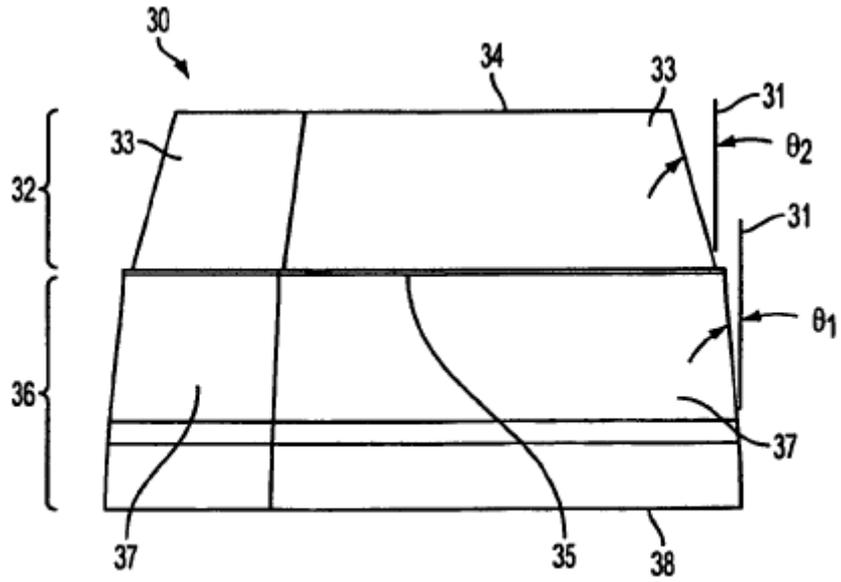


FIG. 1A

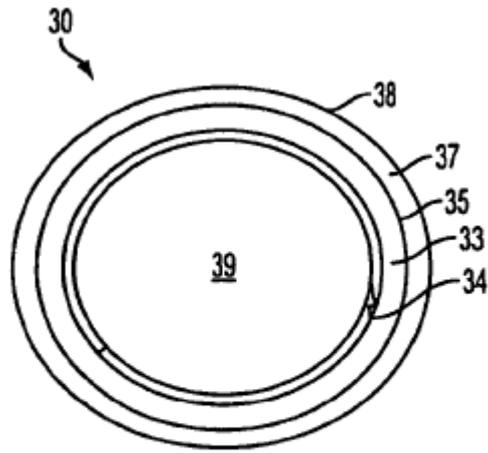


FIG. 1B

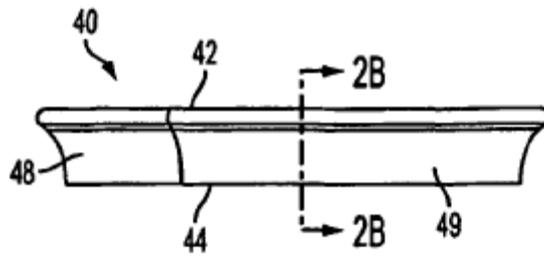


FIG. 2A

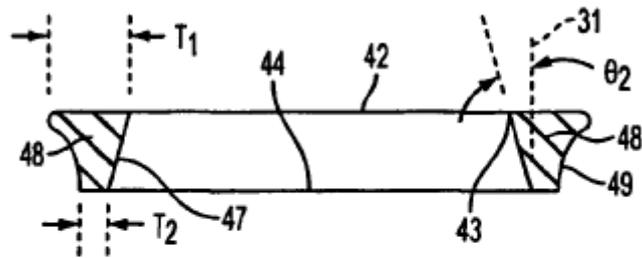


FIG. 2B

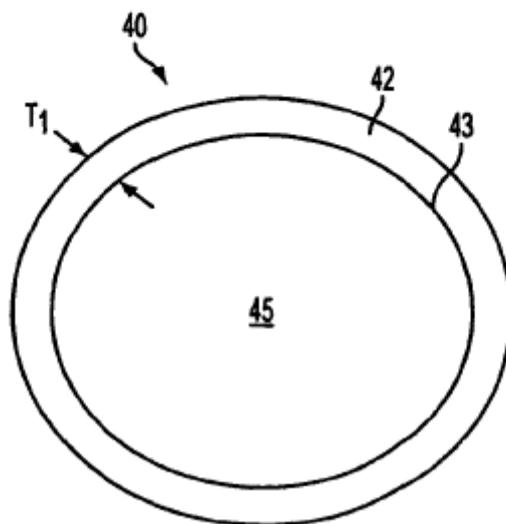


FIG. 2C

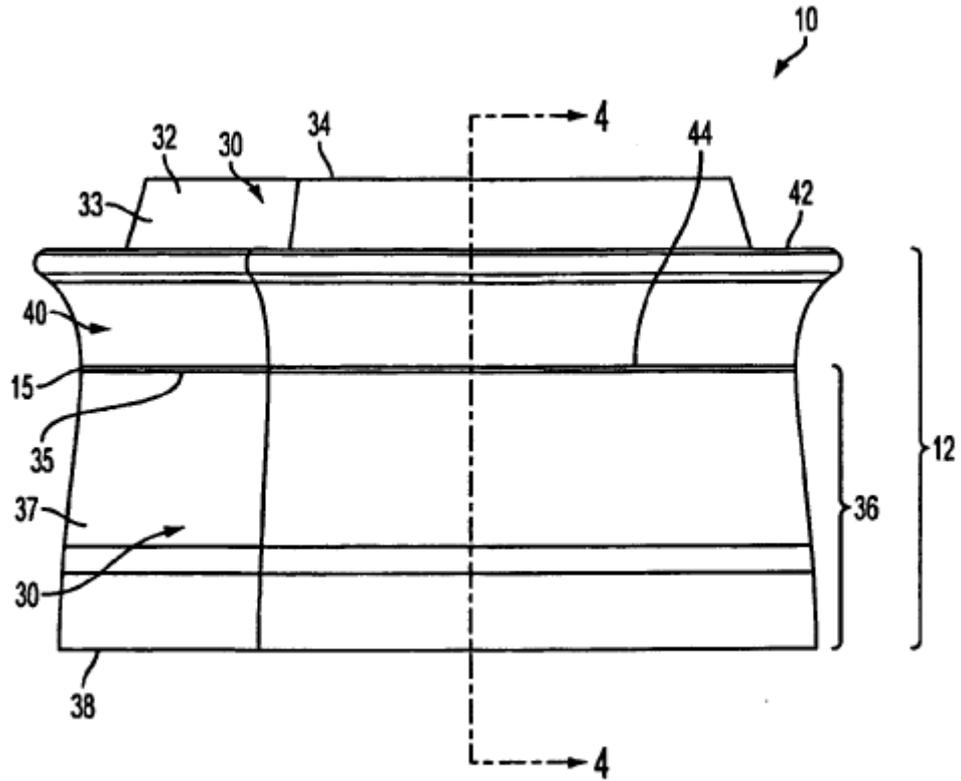
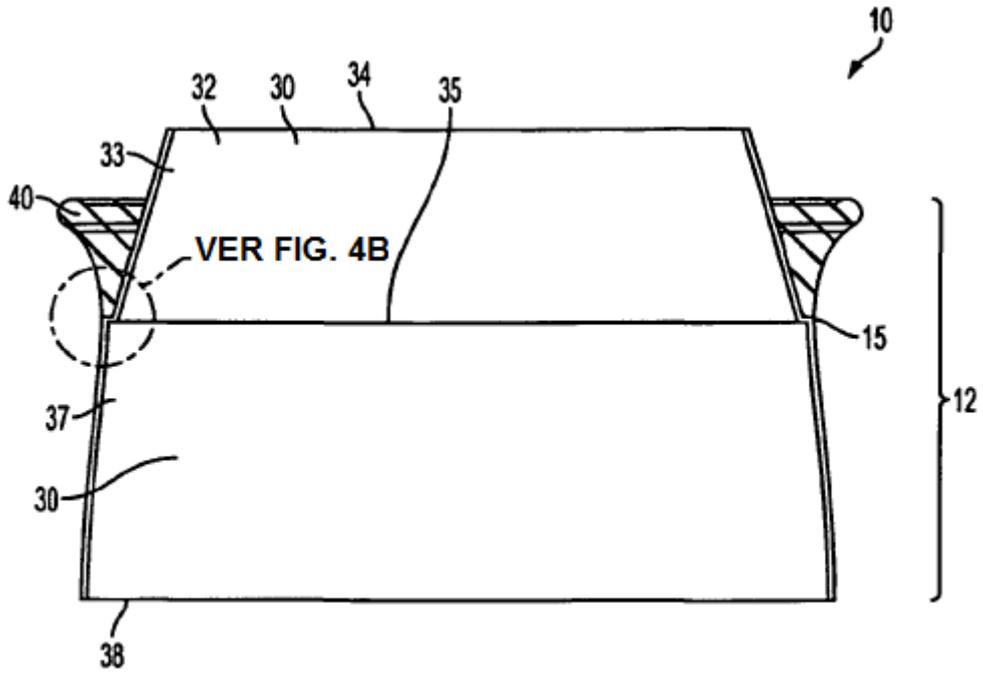


FIG. 3



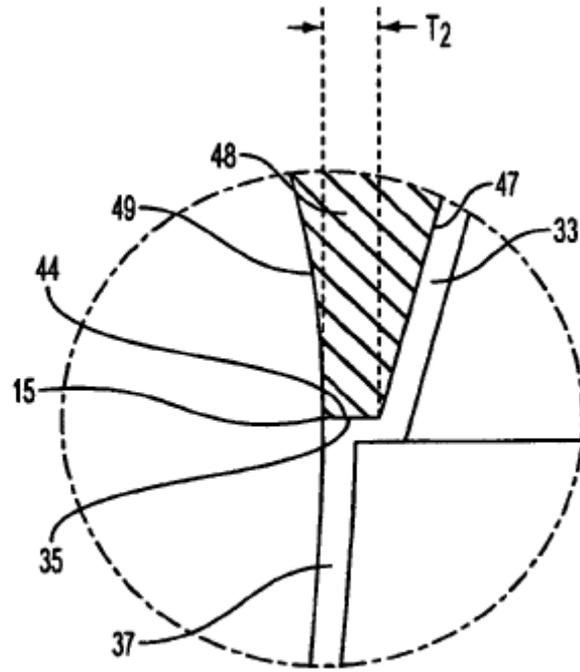


FIG. 4B

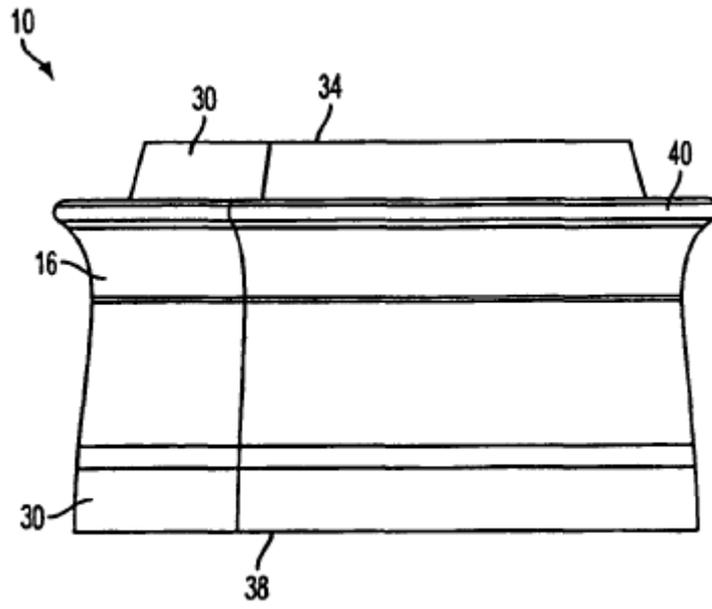


FIG. 5

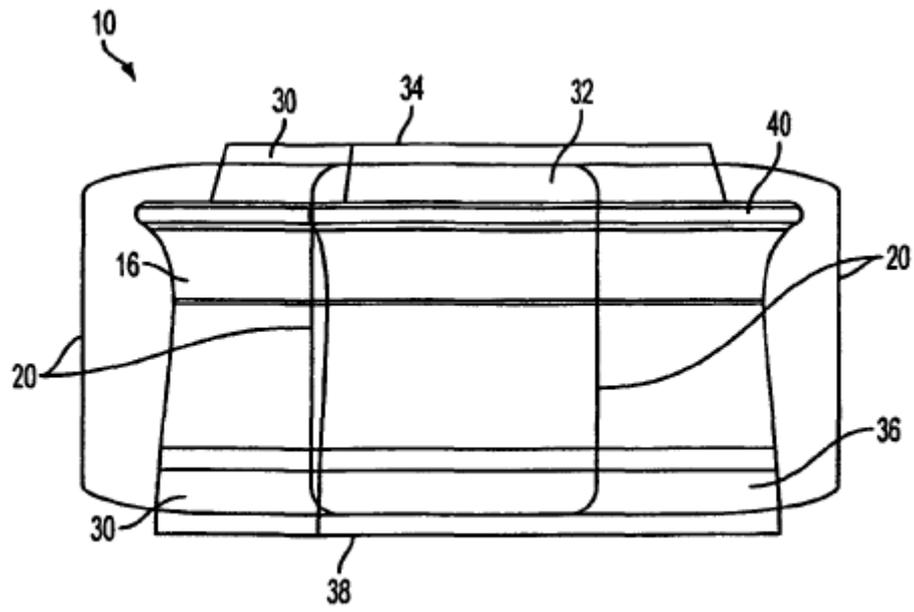
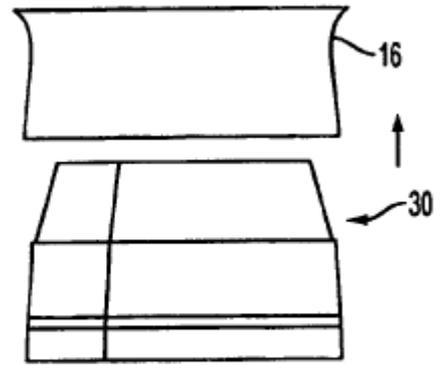
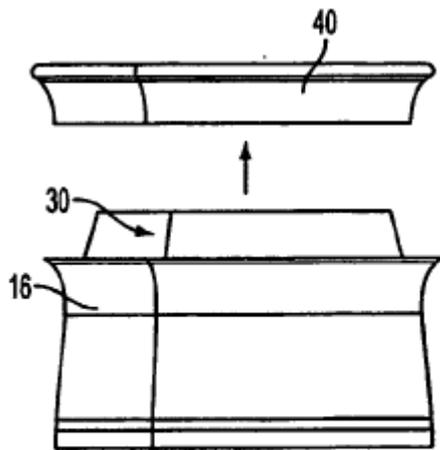


FIG. 6



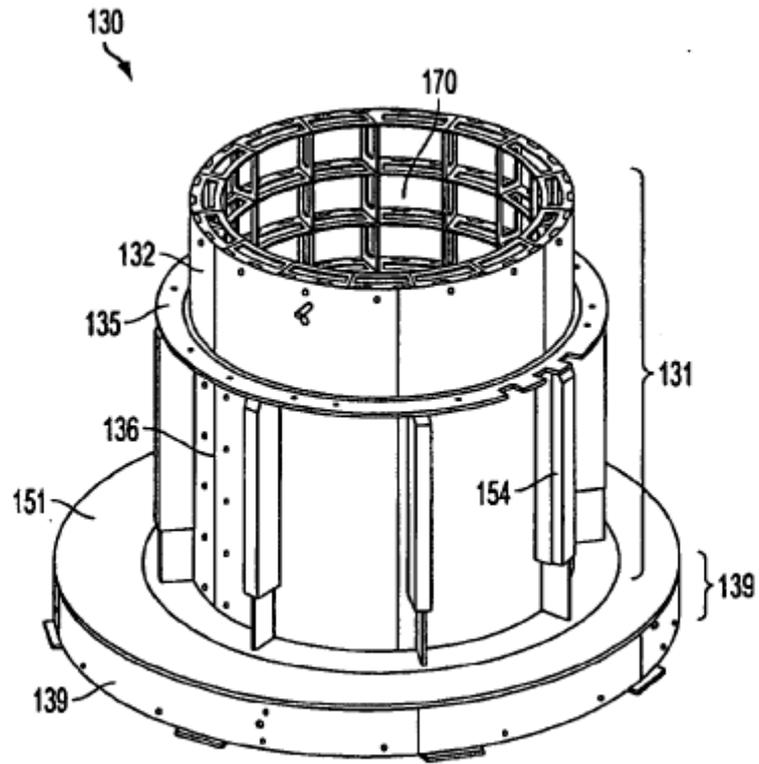


FIG. 8

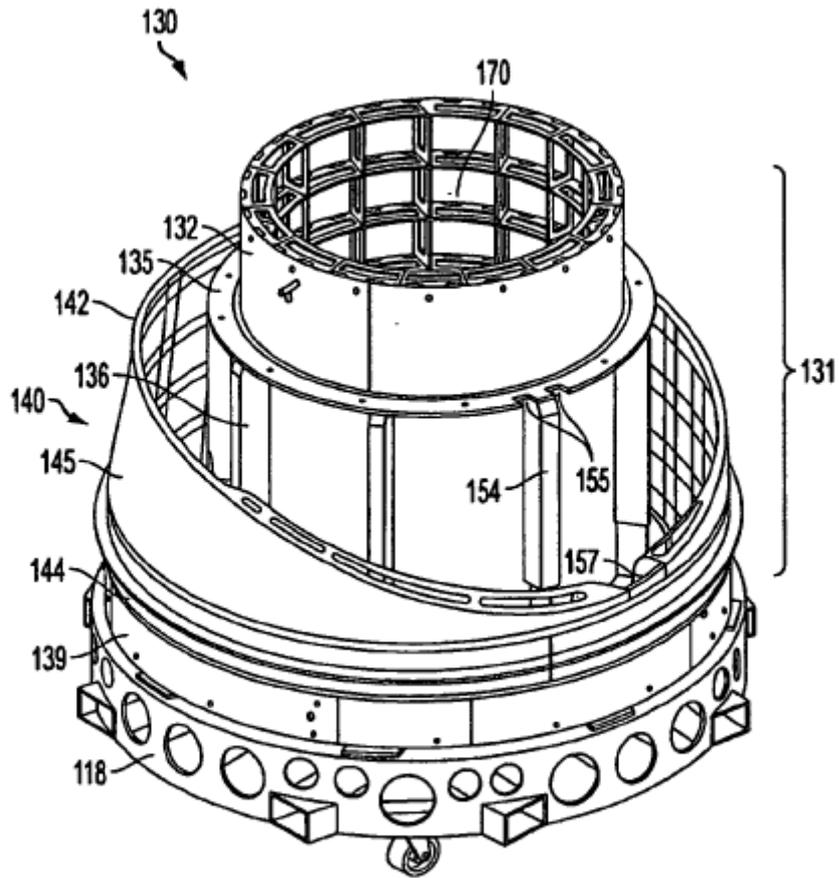


FIG. 9

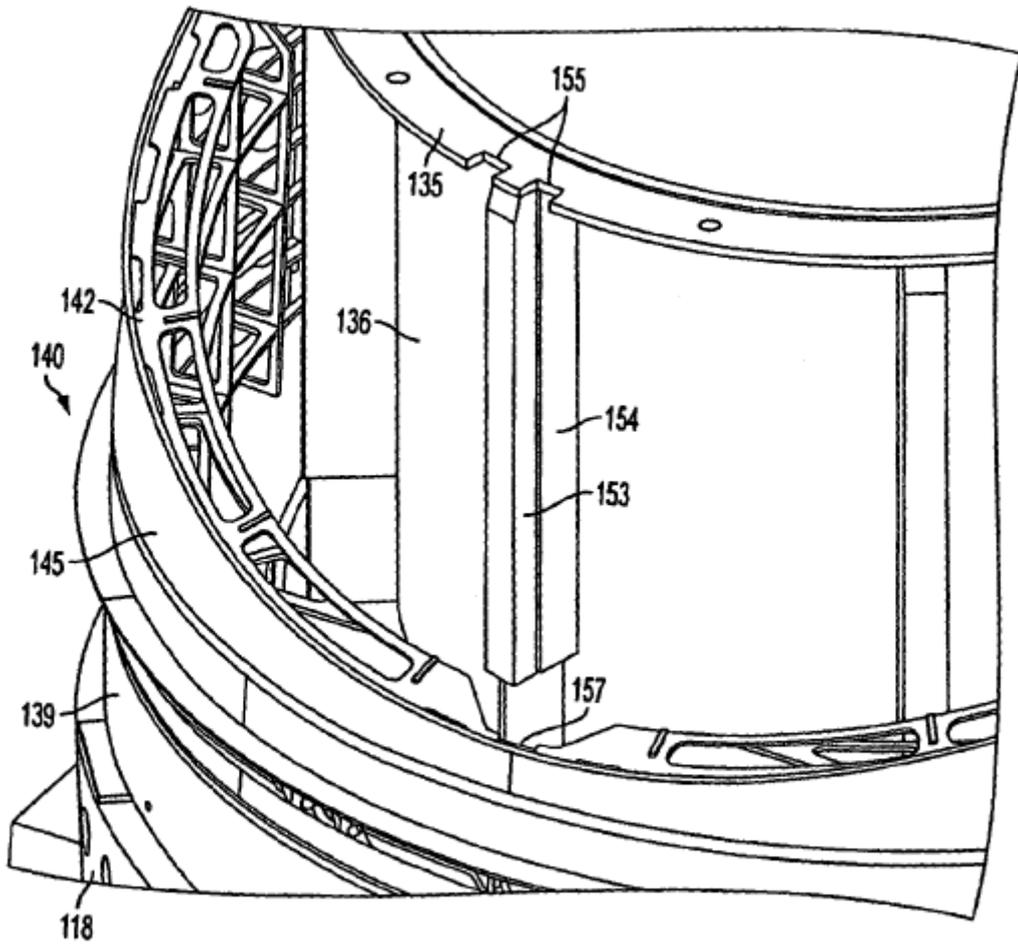


FIG. 10A

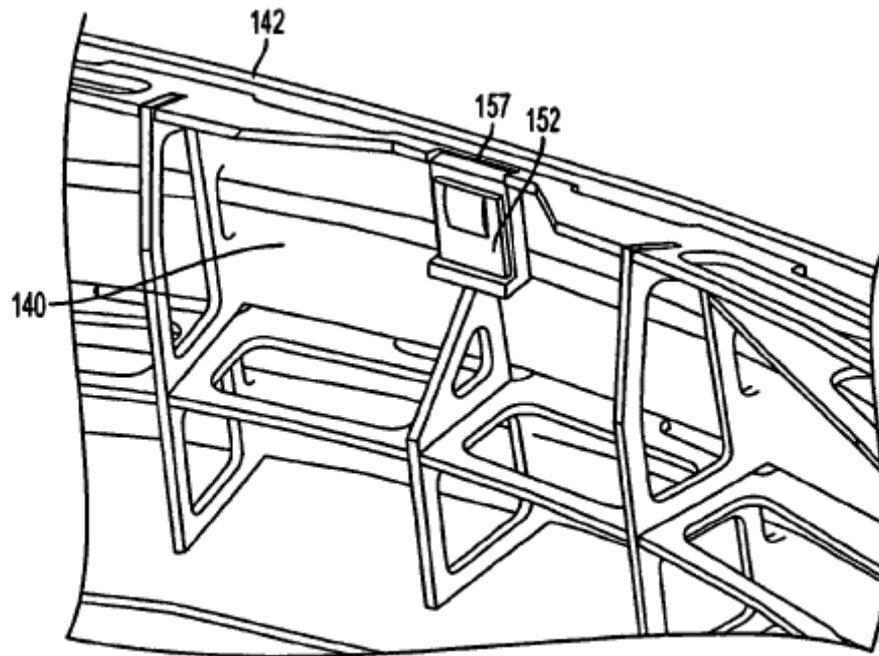


FIG. 10B

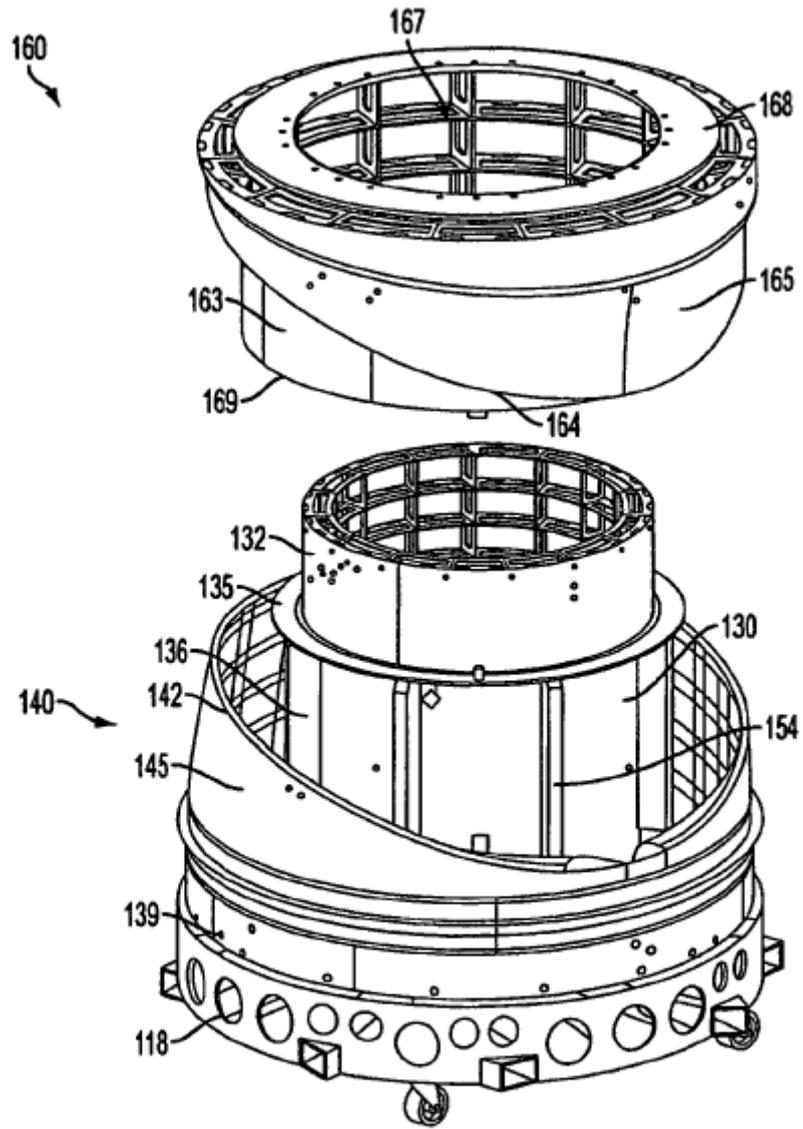


FIG. 11

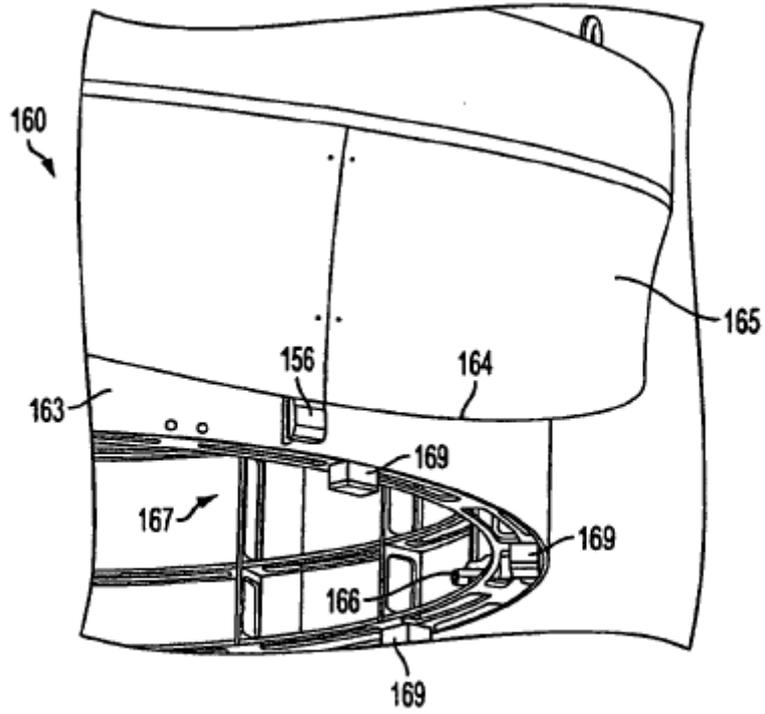
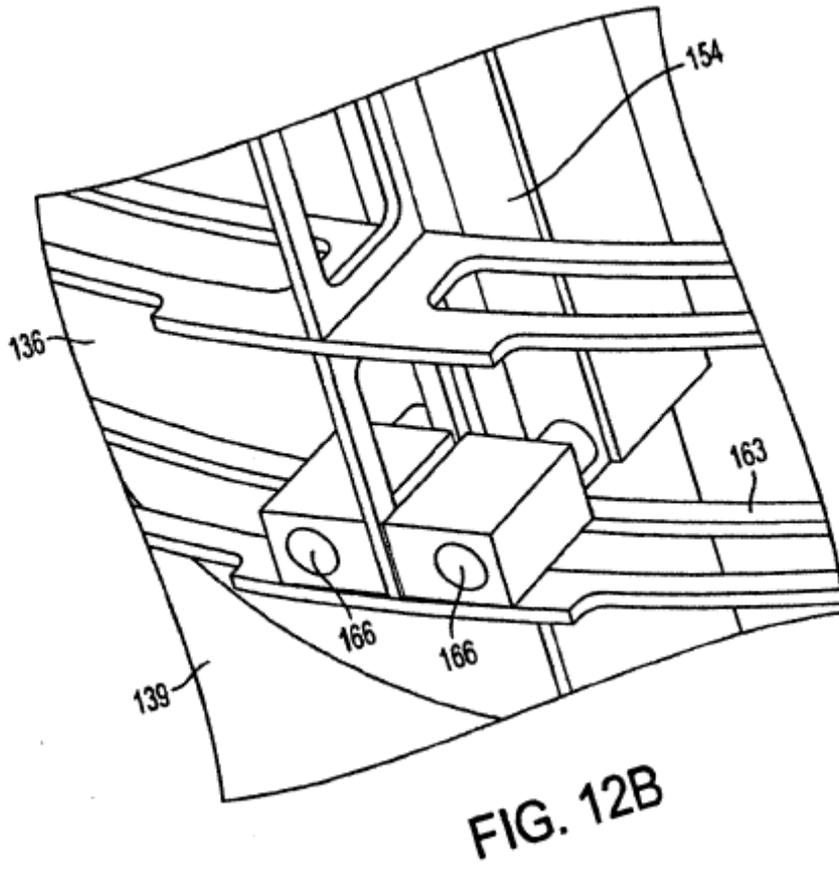


FIG. 12A



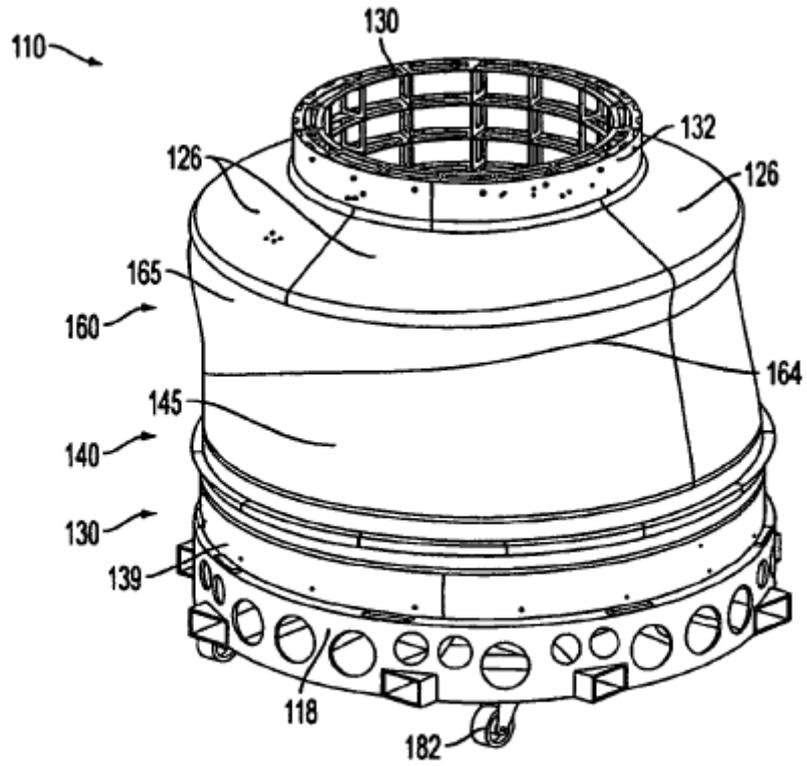


FIG. 13

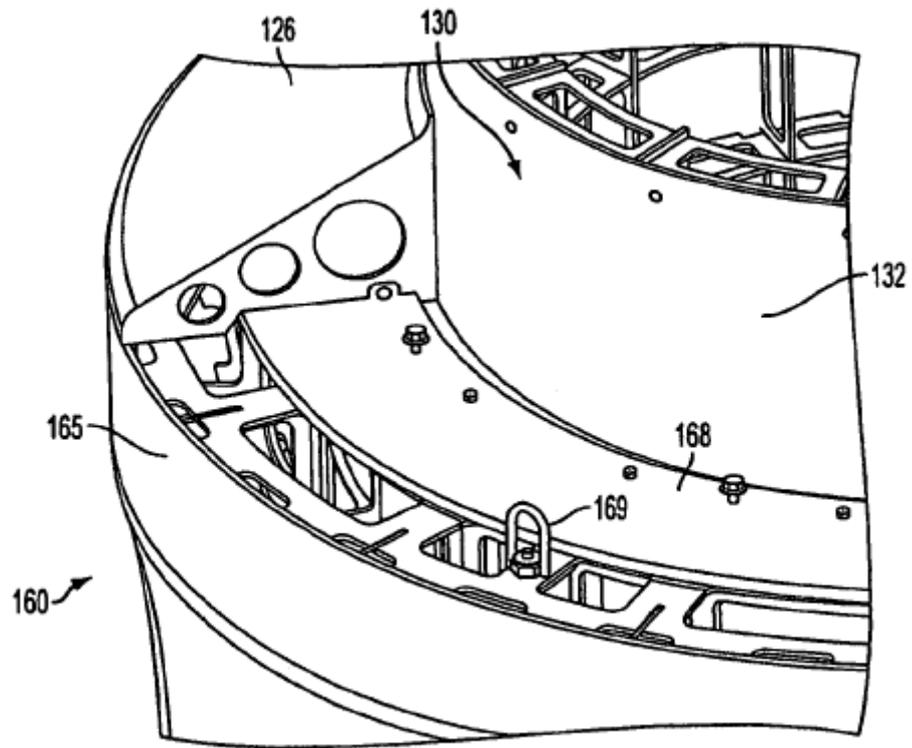


FIG. 14

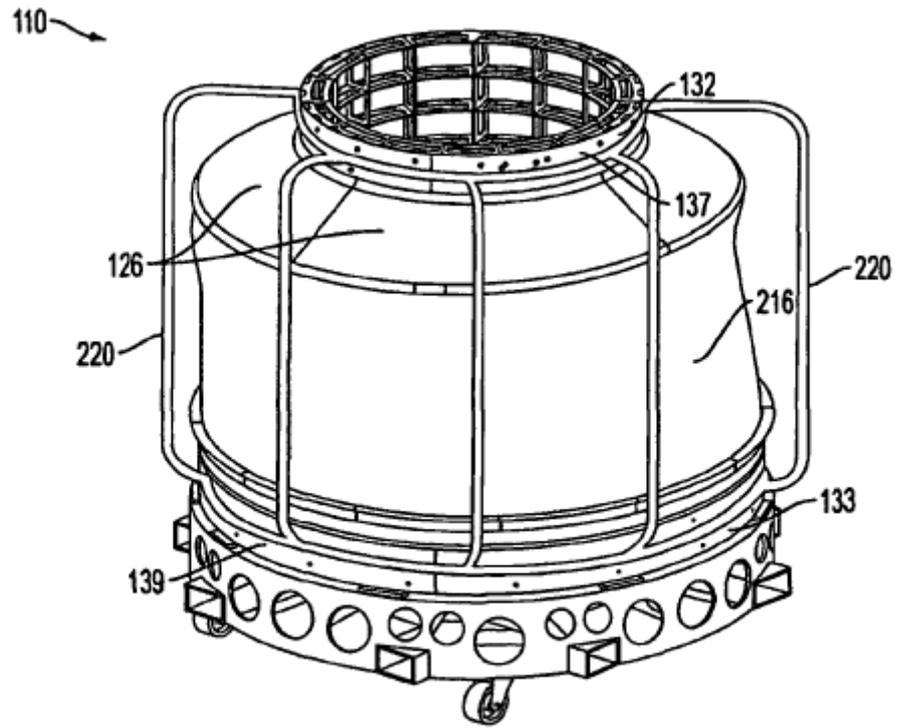


FIG. 15

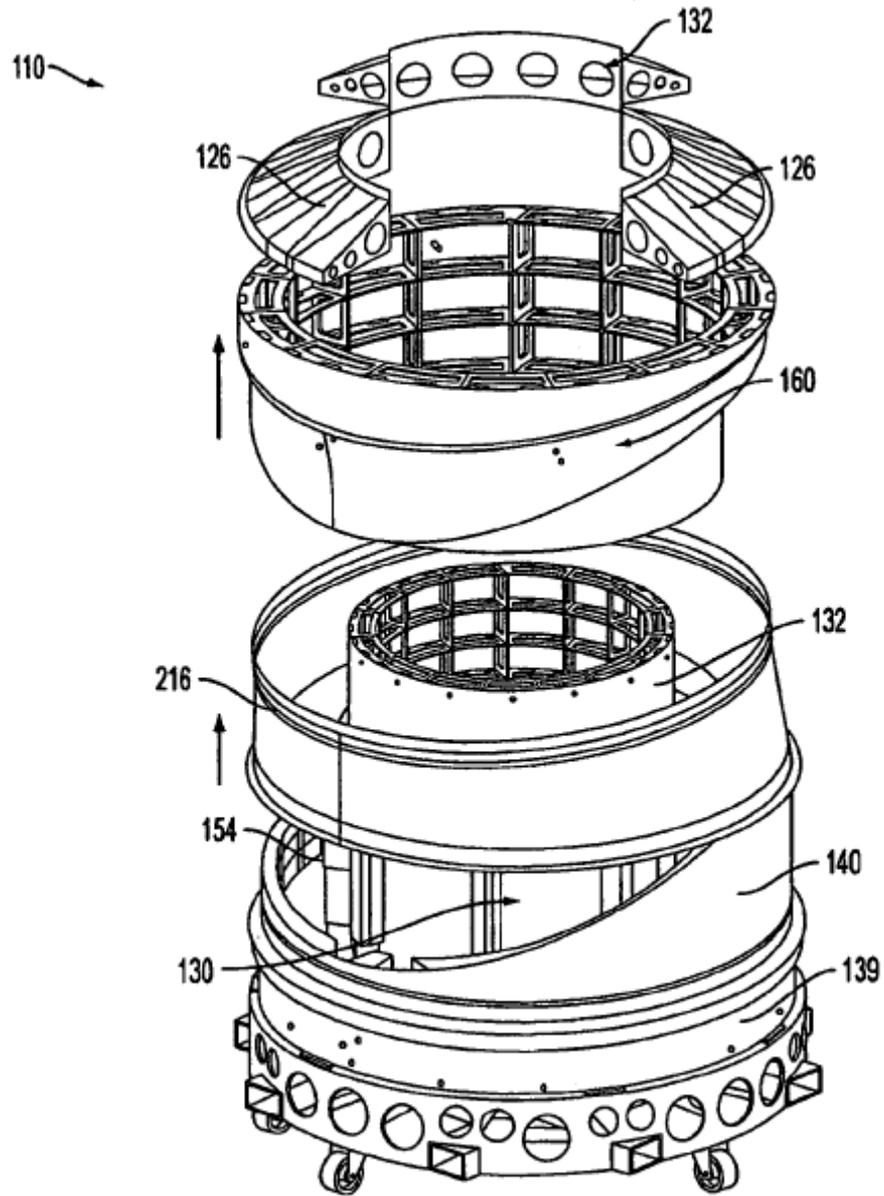


FIG. 16