

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 608 704**

51 Int. Cl.:

B64C 1/12 (2006.01)

B64C 1/06 (2006.01)

B64C 1/00 (2006.01)

B29C 53/58 (2006.01)

B29C 70/86 (2006.01)

B29D 99/00 (2010.01)

B29C 70/32 (2006.01)

B29C 70/44 (2006.01)

B29C 70/38 (2006.01)

B29L 31/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.03.2005** **E 11195511 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.09.2016** **EP 2436595**

54 Título: **Método para fabricar secciones de barril compuestas para fuselajes de aviones**

30 Prioridad:

06.04.2004 US 559890 P

20.05.2004 US 851381

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

12.04.2017

73 Titular/es:

THE BOEING COMPANY (100.0%)

100 North Riverside Plaza

Chicago, IL 60606-1596, US

72 Inventor/es:

BIORNSTAD, ROBERT D.;

BLANKINSHIP, BRUCE C.;

GEORGE, TERRY J. y

INGRAM, WILLIAM H.

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 608 704 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 para fabricar secciones de barril compuestas para fuselajes de aviones

5 CAMPO TÉCNICO

La descripción siguiente trata en general de métodos para fabricar secciones del barril compuestas para el fuselaje de aviones.

ANTECEDENTES

10 Los fabricantes de aviones se esfuerzan continuamente por encontrar modos de incrementar la eficiencia del avión y reducir los costes de fabricación. Un método muy conocido para incrementar la eficiencia de la aeronave es reducir el peso del fuselaje a través del uso de materiales compuestos que tienen ratios de resistencia frente a peso relativamente altos. Los materiales compuestos han sido utilizados en los fuselajes de aviones de caza, de aviones privados de alta eficiencia, y en reactores de negocios. Los aviones más grandes, sin embargo, como por ejemplo 15 los aviones de transporte comercial grandes, utilizan típicamente materiales metálicos para toda o para la mayor parte de la estructura primaria. Las planchas del fuselaje para aviones comerciales de transporte, por ejemplo, están fabricadas típicamente de aluminio y otros metales.

Los métodos convencionales para fabricar los fuselajes de reactores de negocios con materiales compuestos 20 requieren típicamente composiciones de herramientas grandes y procedimientos de ensamblaje muy intensivos en mano de obra. Un método conocido utilizado por la Raytheon Aircraft Company de Wichita, Kansas, para fabricar los reactores de negocios Premier I y Hawker Horizon incluye envolver fibras de carbono alrededor de un mandril rotativo con un sistema de colocación de la fibra automático. El mandril proporciona la forma básica de una sección del fuselaje. Las fibras de carbono están preimpregnadas con una resina epoxi termoestable, y son aplicadas sobre 25 el mandril rotativo en múltiples capas para formar el forro interior de la sección de fuselaje. El forro interior es cubierto a continuación con una capa de núcleo en forma de panel de abeja. El sistema de colocación de fibra aplica a continuación capas adicionales de fibra de carbono preimpregnadas sobre el núcleo en forma de panel de abeja para formar el forro exterior, lo que resulta en una estructura tipo sándwich. La capa final incluye un tejido híbrido de fibra de carbono y finos hilos metálicos para proporcionar protección contra los impactos de los rayos.

30 El fuselaje del Premier I incluye dos secciones de fuselaje de compuestas formadas de la manera descrita. El fuselaje del Hawker Horizon incluye tres secciones formadas de esta manera. Tras ser formadas, las secciones de fuselaje respectivas son pegadas entre sí a lo largo de juntas circulares para formar el armazón del fuselaje completo. Otro método para formar armazones de fuselajes compuestos de acuerdo con la técnica anterior incluye 35 formar mitades del fuselaje o paneles de un cuarto de sección de manera separada (por ejemplo, por un proceso de extensión de capas), y a continuación uniendo las partes separadas entre sí a lo largo de juntas longitudinales para formar una sección completa del fuselaje.

El arrollamiento de los filamentos, la colocación de fibra, y la extensión de cinta son tres métodos conocidos para 40 aplicar fibras compuestas unidireccionales a un mandril rotativo para formar una forro cilíndrico continuo. En el proceso de arrollamiento de filamentos, el mandril está típicamente suspendido horizontalmente entre unos soportes extremos. El mandril gira sobre su eje horizontal a medida que un instrumento de aplicación de la fibra se mueve adelante y atrás de lo largo de la longitud del mandril, colocando fibra sobre el mandril en una configuración predeterminada. En la mayoría de aplicaciones, el aparato de arrollamiento de filamentos hace pasar el material de 45 la fibra a través de un "baño" de resina justo antes de que el material toque el mandril. A esto se le llama "arrollamiento húmedo". En otras aplicaciones, la fibra ha sido preimpregnada con resina, eliminando la necesidad de un baño de resina. Continuando con el curado en horno o autoclave de la resina, el mandril puede permanecer colocado y convertirse en parte del componente enrollado, o puede ser retirado.

50 El proceso de colocación de la fibra incluye típicamente la colocación automatizada de múltiples "haces" (esto es, un conjunto de filamentos continuos no enrollados, como por ejemplo fibras de carbono o grafito, preimpregnadas con un material de resina termoestable como por ejemplo epoxi), cintas, o cintas cortadas sobre un mandril que gira a alta velocidad. Un haz típico está entre 0,3048 cm (0,12 ") y 0,635 cm (0,25") de ancho cuando se aplasta. Las máquinas de colocación de fibra convencionales suministran varios haces a un cabezal de suministro móvil que 55 ordena los haces (es decir, coloca los haces paralelos) y aplica los haces a la superficie del mandril rotativo utilizando un o más rodillos de compactación que comprimen los haces contra la superficie. Adicionalmente, tales máquinas incluyen típicamente medios para suministrar, unir, cortar y restablecer haces individuales durante la colocación.

60 La colocación en cinta es similar al proceso de colocación de fibras descrito anteriormente con la excepción de que se extienden cintas de fibra preimpregnadas, en lugar de haces individuales, sobre el mandril rotativo para formar la pieza. Una forma de cinta incluye un papel de soporte que mantiene el ancho y la orientación de las fibras. El papel de soporte se retira durante la aplicación. La cinta cortada es una cinta que ha sido cortada tras ser producida en anchos estándares por el fabricante. Al cortar la cinta se producen anchuras más pequeñas que permiten una 65 esterificación mejorada y el ajuste durante la aplicación para lograr los objetivos de diseño y producción. La cinta cortada puede tener anchos que varían de aproximadamente 0,3048 cm (0,12 ") y 15,24 cm (6 ") y puede incluir, o

no, papel de soporte. Otra forma de cinta incluye múltiples fibras individuales tejidas junto con un material textil. Tal como se usa a lo largo de esta descripción, a menos que se indique lo contrario, el término "cinta" se refiere a cinta, cinta con papel de soporte, cinta cortada, y otros tipos de material compuesto en forma de cinta para ser utilizado en la fabricación de estructuras compuestas. La colocación de cintas es utilizada con frecuencia para las partes con contornos de alta complejidad o con ángulos porque la cinta permite cambios de dirección con relativa facilidad.

El documento US 5.223.067 describe un procedimiento para fabricar una estructura de fuselaje de aeronave. De acuerdo al procedimiento, se disponen miembros con forma de anillo en una disposición en paralelo espaciados de manera coaxial. Tras ello, se inserta una plantilla de estrato en los miembros con forma de anillo dispuestos de manera coaxial con una bolsa de silicona interpuesta entre los mismos. Los miembros con forma de anillo se colocan en rebajes anulares previstos en la plantilla de estrato y en los rebajes anulares correspondientemente formados previstos en la bolsa. Los largueros se colocan en los miembros con forma de anillo de manera que se forma un bastidor con los miembros en forma de anillo y los largueros. El bastidor es colocado a continuación en una herramienta de arrollamiento, y una cinta preimpregnada de fibra reforzada es arrollada alrededor del bastidor. El conjunto completo se somete a procesos de curado y embolsado.

COMPENDIO

La presente invención se dirige en general hacia secciones compuestas para fuselajes de aviones y otras estructuras. Una sección puede incluir un forro que tiene una pluralidad de haces de fibra que forman una superficie continua que se extiende 360 grados alrededor de un eje. La sección además puede incluir al menos un primer y un segundo montante de refuerzo. El primer montante de refuerzo puede tener una primera parte del flanco pegada a una superficie interior del forro y una primera parte elevada que se proyecta hacia dentro alejándose de la superficie interior del forro. El segundo montante de refuerzo puede tener una segunda parte del flanco pegada a la superficie interior del forro y una segunda parte elevada que se proyecta hacia dentro y alejándose de la superficie interior del forro. Una sección configurada de acuerdo con otro aspecto de la invención puede incluir un forro que tiene una pluralidad de cintas de fibra que forman una superficie continua en lugar de o adicionalmente a la pluralidad de haces de fibra colmatados.

Un método para fabricar una sección de un fuselaje en conformidad con un aspecto de la invención incluye colocar una pluralidad de montantes de refuerzo en un conjunto de mandril y rotar el conjunto de mandril alrededor de un eje longitudinal. El método puede incluir además aplicar una pluralidad de haces de fibra para formar un forro continuo que se extiende 360 grados alrededor de conjunto de mandril. Tras la aplicación de los haces de fibra, los montantes de refuerzo y los haces de fibra pueden ser curados a la vez. Un método para fabricar una sección de un fuselaje de acuerdo con otro aspecto de la invención puede incluir extender una cinta de fibra sobre las montantes de refuerzo en el conjunto de mandril rotativo en lugar de o además de los haces de fibra.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 es una vista isométrica parcialmente oculta de un avión que tiene un fuselaje que incluye una pluralidad de secciones del barril.

Las Figuras 2A y 2B son una vista isométrica de un despiece y una vista isométrica de un ensamblaje, respectivamente, de una parte de una sección del barril del fuselaje.

Las Figuras 3A y 3B son vistas superior y del extremo, respectivamente, de una parte de una sección del barril del fuselaje}.

Las Figuras 4A y 4B son vistas superior y desde el extremo, respectivamente, de una parte de la sección del barril del fuselaje.

Las Figuras 5A y 5B son vistas en sección transversal de partes de secciones del barril del fuselaje.

La Figura 6 es una vista isométrica parcial esquemática de un sistema para la fabricación de secciones del barril.

Las Figuras 7A y 7B son vistas isométricas parciales esquemáticas, agrandadas, de una estación de carga de montantes de refuerzo de la sección del barril que ilustra dos etapas de un método para cargar montantes de refuerzo en un conjunto de herramienta en conformidad con una realización de la invención.

La Figura 8 es una vista isométrica parcial esquemática, agrandada, de una estación de estrato de la sección del barril.

La Figura 9 es una vista isométrica parcial esquemática, agrandada, de una estación de embolsado al vacío de la sección del barril.

La Figura 10 es una vista isométrica parcial esquemática, agrandada, de una estación de curado de la sección del barril.

La Figura 11 es una vista isométrica parcial esquemática, agrandada, de una estación de inspección de la sección del barril.

La Figura 12 es una vista isométrica parcial esquemática, agrandada, de una estación de conformado de la sección del barril.

La Figura 13 es una vista isométrica parcial esquemática, agrandada, de una estación de ensamblaje de la sección del barril.

Las Figuras 14A a 14C son vistas en sección transversal que ilustran etapas de un método para pegar un montante de refuerzo a un estrato en conformidad con una realización de la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

La siguiente descripción describe secciones del barril compuestas para los fuselajes de aviones y otras estructuras, así como métodos y sistemas para fabricar tales secciones del barril. A lo largo de esta descripción, el término sección del barril se utiliza por conveniencia para referirse en general a una estructura de carcasa cerrada que se extiende 360 grados alrededor de un eje. Tales estructuras pueden incluir, por ejemplo, carcasas cilíndricas que tienen forma circular, oval, elíptica, de huevo, y otras formas en sección transversal simétricas o asimétricas. Tales estructuras pueden incluir además carcasas no cilíndricas, encerradas. Ciertos detalles se establecen en la siguiente descripción y en particular, en las Figuras 6-10 y 14A-14C para proporcionar una comprensión completa de varias realizaciones de la invención. Otros detalles que describen estructuras y sistemas bien conocidos asociados a menudo con estructuras de avión y técnicas de fabricación compuestas no se describen en la siguiente descripción para evitar una complicación innecesaria de la descripción de las diversas realizaciones de la invención.

Muchos de los detalles, dimensiones, ángulos, y otras características mostradas en las Figuras son meramente ilustrativos en las realizaciones particulares de la invención. De acuerdo con lo anterior, otras realizaciones pueden tener otros detalles, dimensiones, ángulos y características sin separarse del alcance de la presente invención. Adicionalmente, se pueden realizar realizaciones adicionales sin muchos de los detalles descritos a continuación.

En las Figuras, los números de referencia idénticos identifican elementos idénticos o, al menos similares. Para facilitar la discusión de cualquier elemento particular, los dígitos o el dígito más significativo de cualquier número de referencia tiene relación con la Figura en que dicho elemento ha sido introducido por primera vez. Por ejemplo, el elemento 110 se introduce por primera vez y se describe en referencia a la Figura 1.

La Figura 1 es una vista isométrica parcialmente oculta de un avión 100 que tiene un fuselaje 102 que incluye una pluralidad de secciones del barril 110. En un aspecto, cada una de las secciones del barril 110 puede ser fabricada individualmente como una sección de una pieza en materiales compuestos, como por ejemplo fibra de carbono y/o materiales de grafito – epoxi. Tras la fabricación, las secciones del barril 110 pueden ser unidas entre sí mediante pegado con adhesivo y/o acoplamiento mecánico a lo largo de las uniones circunferenciales 112 para formar el fuselaje 102.

En otro aspecto de esta realización, el fuselaje 102 puede incluir una cabina de pasajeros 104 configurada para contener una pluralidad de asientos de pasajeros 106. En las realizaciones ilustradas, la cabina de pasajeros 104 está configurada para contener al menos alrededor de 50 de los asientos de pasajeros 106, por ejemplo, entre 50 y 700 asientos de pasajeros. En otra realización, la cabina de pasajeros 104 puede ser configurada para contener entre 150 y 400 de los asientos de pasajeros 106. En otras realizaciones, la cabina de pasajeros 104 puede ser configurada para contener más o menos asientos o, alternativamente, los asientos de pasajeros 106 pueden ser omitidos y el espacio de la cabina se puede utilizar para otros propósitos, como por ejemplo transportar carga.

La Figura 2A es una vista isométrica interior, agrandada, parcialmente expandida de una parte de una de las secciones del barril 110 de la Figura 1. La Figura 2B es una vista isométrica ensamblada de la parte de la sección del barril de la Figura 2A. En referencia a las Figuras 2A y 2B en conjunto, la sección del barril 110 puede incluir una pluralidad de montantes de refuerzo 230 (identificados individualmente como montantes de refuerzo 230a – d) unidos al forro 220a. Cada uno de las montantes de refuerzo 230 puede incluir una parte elevada 234 que se proyecta alejándose del forro 220 y una pluralidad de partes del flanco 231 (identificadas como una pluralidad de primeras partes del flanco 231a que se extienden hacia el exterior desde un lateral del montante de refuerzo 230, y una pluralidad de segundas partes del flanco 231b que se extiende hacia fuera desde el lado opuesto del montante de refuerzo 230). Las partes del flanco 231 pueden estar entretejidas directamente con el forro 220. En la realización ilustrada, los montantes de refuerzo 230 tienen secciones con forma de sombrero. En otras realizaciones descritas más adelante, sin embargo, los montantes de refuerzo 230 pueden tener otras formas en sección transversal.

En una realización descrita con mayor detalle más adelante, el forro 220 y los montantes de refuerzo 230 pueden incluir materiales compuestos, como por ejemplo materiales de fibra de carbono. En esta realización, los montantes de refuerzo 230 pueden estar pegados al forro 220. Por ejemplo, en una realización descrita con detalle más abajo, los montantes de refuerzo 230 pueden ser pegados al forro 220 durante un proceso de curado en el que los montantes de refuerzo 230 y el forro 220 son curados conjuntamente a una temperatura y presión elevadas. En otra realización, los montantes de refuerzo 230 pueden estar curados previamente y pegados mediante adhesivo al forro 220 cuando se exponen a una presión y temperatura elevadas. En aún otras realizaciones, los montantes de refuerzo 230 pueden sujetarse mecánicamente al forro 220.

Cada uno de los montantes de refuerzo 230 puede ser colocado en el forro 220 de manera que la pluralidad de primeras partes del flanco 231a de los montantes de refuerzo 230 estén alineadas con la pluralidad de segundas partes del flanco 231b correspondientes del montante de refuerzo 230 adyacente. Por ejemplo, cada una de las primeras partes del flanco 231a pueden incluir un primer borde exterior 233a, y cada una de las segundas partes del flanco 231b pueden incluir un segundo borde exterior 233b correspondiente. En una realización, el primer borde exterior 233a puede estar separado del segundo borde exterior 233b una distancia D de aproximadamente 1,27 cm (0,5 pulgadas) o menos. En otra realización, la distancia D puede ser de alrededor de 0,508 cm (0,2 pulgadas) o menos, por ejemplo, alrededor de 0,254 cm (0,1 pulgadas). En aún otra realización, los montantes de refuerzo 230

pueden ser colocados en el forro 220 de manera que las primeras partes del flanco 231a contacten aproximadamente al menos las segundas partes del flanco 231b. En este caso, la distancia D es al menos aproximadamente cero. Cuando las partes del flanco 231 están alineadas de la manera anterior, las partes del flanco 231 pueden formar una pluralidad de superficies de soporte al menos aproximadamente continuas 235 que se extienden entre las partes elevadas 234 de los montantes de refuerzo 230.

La sección del barril 110 puede incluir además una pluralidad de miembros de soporte o bastidores 240 (identificados individualmente como un primer bastidor 241a y un segundo bastidor 240b). En la realización ilustrada, los bastidores 240 son bastidores de dos piezas que incluyen una primera sección del bastidor 241 y una segunda sección del bastidor 242. En esta realización, la segunda sección del bastidor 242 tiene una sección transversal en forma de C. En otras realizaciones, la segunda sección del bastidor 242 puede tener otras formas en sección transversal, como por ejemplo una sección transversal en forma de L. Todavía en otras realizaciones, los bastidores 240 pueden ser omitidos o, alternativamente, la sección del barril 110 puede incluir otros bastidores compuestos de más o menos secciones de bastidor.

La primera sección del bastidor 241 incluye una parte de la base 244 y una parte levantada 246 que se proyecta alejándose de la parte de la base 244. La parte levantada 246 puede incluir una pluralidad de aberturas, por ejemplo, "agujeros de ratón" 248 a través de las cuales se extienden las partes elevadas 234 de los montantes de refuerzo 230. La parte de la base 244 puede incluir una pluralidad de superficies de unión 243 que se extienden entre los agujeros de ratón 248. Las superficies de unión 243 están configuradas para contactar las correspondientes superficies de soporte 235 que se extienden entre las partes elevadas 234 de los montantes de refuerzo 230. Las superficies de unión 243 de la realización ilustrada carecen de cualquier junta de ensamblaje entre los agujeros de ratón 248 porque las superficies de soporte 235 correspondientes sobre las que se acoplan son al menos aproximadamente continuas entre los montantes de refuerzo 230 y no incluyen ningún escalón en la superficie o desalineación significativa. Una ventaja de esta característica es que se evita el coste añadido asociado a la fabricación de bastidores con juntas de ensamblaje. Tales costes pueden ser particularmente significativos cuando se trabaja con materiales compuestos porque, al contrario que cuando se crean juntas de ensamblaje o escalones en metales, que son maleables y pueden ser formados fácilmente, crear juntas de ensamblaje o escalones en superficie compuestas requiere típicamente herramientas especiales y/o maquinaria post-curado.

En una realización de la invención, la primera sección del bastidor 241 puede ser fijada a la sección del barril 110 en primer lugar, y a continuación la segunda sección del bastidor 242 puede ser fijada a la primera sección del bastidor 241. Cuando se fija la primera sección del bastidor 241 a la sección del barril 110, la parte de la base 244 de la primera sección del bastidor 241 es acoplada a las partes del flanco 231 de los montantes de refuerzo 230 sin estar unidas al forro 220. Es decir, las superficies de unión 243 de la parte de la base 244 contactan las superficies de soporte 235 pero no el forro 220. De esta manera, las partes del flanco 231 son intercaladas efectivamente entre la primera sección del bastidor 241 y el forro 220. En una realización, la primera sección del bastidor 241 puede ser remachada a la sección del barril 110 con una serie de remaches 252 adecuados, como se muestra en la Figura 2B. En otra realización, la parte de la base 244 puede ser pegada mediante adhesivo directamente a las partes del flanco 233.

Después de que la primera sección del bastidor 241 haya sido unida a la sección del barril 110, la segunda sección del bastidor 242 puede ser unida a la primera sección del bastidor 241. En una realización, la segunda sección del bastidor 242 puede ser remachada a la parte levantada 246 de la primera sección del bastidor 241 mediante una serie de remaches 250 adecuados, como se muestra en la Figura 2A. En otra realización, la segunda sección del bastidor 242 puede ser pegada mediante adhesivo a la parte levantada 246. Una ventaja de unir la segunda sección del bastidor 242 a la primera sección del bastidor 241 después de que la primera sección del bastidor 241 haya sido instalada es que la posición final de la segunda sección del bastidor 242 puede ser ajustada para compensar cualquier desalineación de la primera sección del bastidor 241 que pueda haberse producido durante la instalación de la primera sección del bastidor 241. En otras realizaciones, sin embargo, la primera sección del bastidor 241 puede ser fijada a la segunda sección del bastidor 242 en primer lugar, y a continuación el bastidor 240 puede ser fijado a la sección del barril 110 como una unidad completa.

En otra realización, las partes del flanco 231 de los montantes de refuerzo 230 pueden ser omitidas al menos parcialmente. En esta realización, una parte elevada puede estar formada sobre el forro 220 entre los montantes de refuerzo 230 mediante una capa o capas adicionales de material. La parte elevada puede ocupar el lugar de las partes del flanco 231 formando la superficie de soporte 235 a la que se une la parte de la base 244 de la primera sección del bastidor 241.

Las Figuras 3A y 3B son vistas superior y lateral, respectivamente, de una parte de una sección del barril 310. En referencia a las Figuras 3A y 3B en su conjunto, la sección del barril 310 puede incluir una pluralidad de primeros montantes de refuerzo 336 y una pluralidad de segundos montantes de refuerzo 338 unidos a un forro 320. Cada uno de los montantes de refuerzo 336 y 338 puede incluir una parte elevada 334 que se proyecta alejándose del forro 320. Cada uno de los primeros montantes de refuerzo 336 puede incluir además una primera parte del flanco 337a y una segunda parte del flanco 337b opuesta que son al menos generalmente rectas. Cada uno de los segundos montantes de refuerzo 338, sin embargo, puede incluir también una pluralidad de primeras partes del flanco 331a y

una pluralidad de segundas partes del flanco 331b opuestas que se extienden hacia fuera de la parte elevada 334 hasta al menos la proximidad de las partes del flanco 337 correspondientes de los primeros montantes de refuerzo 336 adyacentes. Un bastidor (no mostrado) puede acoplarse a las partes del flanco 331 y 337 como se ha descrito anteriormente en referencia a las Figuras 2A y 2B.

Las Figuras 4A y 4B son vistas superior y lateral, respectivamente, de una parte de una sección del barril 410. En referencia a las Figuras 4A y 4B en su conjunto la sección del barril 410 puede incluir una pluralidad de montantes de refuerzo asimétricos 450 fijados al forro 420. Cada uno de los montantes de refuerzo asimétricos 450 puede incluir una pluralidad de primeras partes del flanco 431 que se extienden hacia fuera desde un lateral de una parte elevada 434, y una segunda parte del flanco 437 que se extiende hacia fuera desde un lado opuesto de la parte elevada 434. La segunda parte del flanco 437 puede ser al menos aproximadamente recta. Las primeras partes del flanco 431, sin embargo, pueden proyectarse hacia fuera de la parte elevada 434 hasta al menos las proximidades de la segunda parte del flanco 437 correspondiente del montante de refuerzo adyacente 450. Un bastidor (no mostrado) puede estar unido a las partes del flanco 431 y 437 como se ha descrito anteriormente en referencia a las Figuras 2A y 2B.

Las Figuras 5A y 5B son vistas en sección transversal de un extremo de partes de la sección del barril 510a y 510b, respectivamente. En referencia en primer lugar a la Figura 5A, en un aspecto de esta realización, a la sección del barril 510a incluye una pluralidad de montantes de refuerzo 530a con sección en I unidos al forro 520a. Cada uno de los montantes de refuerzo con sección en I 530a puede incluir una pluralidad de primeras partes del flanco 531a y una pluralidad de segundas partes del flanco 531b que son al menos generalmente similares en su estructura y función a las partes del flanco 321 correspondientes descritas anteriormente en referencia a las Figuras 2A y 2B. En otro aspecto de esta realización, un bastidor 540a puede acoplarse a las partes del flanco 531 como se ha descrito anteriormente en referencia a las Figuras 2A y 2B.

En referencia a continuación a la Figura 5B, en un aspecto de esta realización, la sección del barril 510b incluye una pluralidad de montantes de refuerzo con sección en forma de C 530b unidos al forro 520b. Los montantes de refuerzo con sección en forma de C 530b pueden incluir partes del flanco 531 que son al menos generalmente similares en su estructura y función a las primeras partes del flanco 431 descritas anteriormente en referencia a las Figuras 4A y 4B. En otro aspecto de esta realización, un bastidor 540b puede acoplarse a las partes del flanco 531 como se ha descrito anteriormente en referencia a las Figuras 2A y 2B.

La Figura 6 es una vista isométrica esquemática parcial de un sistema para la fabricación de secciones del barril 600, dispuesto sobre el suelo de una fábrica 602. En un aspecto, el sistema para la fabricación de secciones del barril 600 incluye una disposición en línea de estaciones de fabricación configuradas para fabricar las secciones del barril de fuselaje descritas anteriormente en referencia a las Figuras 1-5B. Como descripción general, la fabricación de las secciones del barril empieza en una estación de carga de montantes de refuerzo 610 antes de trasladarse a una estación de laminación del forro 620. Tras la laminación del forro, la sección del barril (no mostrada) se mueve a una estación de vacío 630 para el moldeado al vacío antes de ser trasladada a una estación de curado 640. Desde aquí, la sección del barril se mueve sucesivamente a una estación de inspección 650, a una estación de montaje de accesorios 660 y a una estación de ensamblaje 670.

La disposición que sigue de estaciones de fabricación solo es una disposición que puede ser usada para fabricar las secciones de fuselaje del barril descritas anteriormente. Se pueden utilizar otras disposiciones de fabricación y/o otros tipos de estaciones de fabricación en lugar o adicionalmente a una o más de las estaciones de fabricación ilustradas en la Figura 6. Por ejemplo, en una realización, una o más de las estaciones de fabricación pueden estar situadas en una disposición paralela en lugar de en una disposición del tipo en línea ilustrada en la Figura 6. En otra disposición, dos o más de las estaciones de fabricación pueden ser combinadas para formar una única estación.

Las Figuras 7A y 7B son vistas isométricas esquemáticas parciales, agradadas, de la estación de carga de montantes de refuerzo 610 ilustrando dos pasos de un método para cargar una pluralidad de montantes de refuerzo 630 en un conjunto de herramientas de sección del barril 700 de acuerdo con una realización de la invención. En referencia en primer lugar a la Figura 7A, en un aspecto de esta realización, el conjunto de herramienta de sección del barril 700 incluye una fijación de herramienta rotativa 702 configurada para soportar una pluralidad de segmentos de herramienta 706 (identificados individualmente como segmentos de herramienta 706a – f) en una disposición cilíndrica. Los segmentos de herramienta 706 pueden ser fabricados en una pluralidad de materiales adecuados incluyendo acero, invar, aluminio, y materiales compuestos. Cada uno de los segmentos de herramienta 706 puede incluir una pluralidad de ranuras para montantes de refuerzo 708 configuradas para recibir cada una de ellas uno de las montantes de refuerzo 730 correspondiente. En una realización, los montantes de refuerzo 730 pueden ser montantes de refuerzo con sección en forma de sombrero (por ejemplo, montantes de refuerzo con forma de sombrero que son al menos similares en estructura y función generalmente a los montantes de refuerzo 230 descritos anteriormente en referencia a las Figuras 2A y 2B). En esta realización, cada uno de los montantes de refuerzo 730 está invertido en la ranura para montante de refuerzo 708 correspondiente de manera que las partes del flanco de los montantes de refuerzo (por ejemplo, las partes del flanco 231 de la Figura 2A) descansen en los rebajes correspondientes formados en los segmentos de herramienta 706 adyacentes a las ranuras para montantes de refuerzo 708.

En otro aspecto de esta realización, los montantes de refuerzo 730 pueden ser al menos en general no curados cuando se colocan en las ranuras para montantes de refuerzo 708. En la condición no curada, los montantes de refuerzo 730 son relativamente moldeables. Como resultado, puede ser necesaria herramienta adecuada (no mostrada) para al menos temporalmente mantener los montantes de refuerzo 730 en posición contra los segmentos de herramienta 706 tras la instalación en las ranuras para montantes de refuerzo 708. En otras realizaciones, los montantes de refuerzo 730 pueden estar al menos parcialmente curados, en cuyo caso puede ser necesaria menos herramientas o herramientas diferentes para mantener los montantes de refuerzo 730 en su lugar.

Una vez que los segmentos de herramienta 706 estén completamente cargados con los montantes de refuerzo 730, los segmentos de herramienta 706 son colocados en la fijación de herramienta 702, como se ilustra en la Figura 7B. En un aspecto de esta realización, la fijación de herramienta 702 está soportada de manera giratoria en una estructura de soporte de la herramienta 704 mediante una pluralidad de rodillos 705. Los rodillos 705 permiten que la fijación de la herramienta 702 gire alrededor de un eje longitudinal 707. Para evitar que los montantes de refuerzo 730 se salgan de las ranuras para montantes de refuerzo 708 durante la rotación, se envuelve una capa interior 721 de tejido de material compuesto alrededor de los segmentos de herramienta 706 para mantener los montantes de refuerzo 730 en su posición. En otras realizaciones, la capa interior 721 puede ser omitida y los montantes de refuerzo 730 pueden ser retenidos en posición por otros medios, incluyendo clips locales u otros medios. Después de que la capa interior 721 haya sido instalada totalmente, la estructura de soporte de herramienta 704 transporta el conjunto de herramienta 700 a la estación de estrato 620 (Figura 6) por los rieles del suelo 712.

El conjunto de herramienta 700 descrito anteriormente en referencia a las Figuras 7A y 7B no es más que un tipo de conjunto de herramienta que puede ser utilizado de acuerdo con la invención presente para colocar las montantes de refuerzo en una disposición cilíndrica antes de la aplicación de los materiales compuestos del forro. En otras realizaciones, se pueden utilizar otros tipos de conjunto de herramienta. Por ejemplo, en otra realización, un conjunto de herramienta similar puede utilizar un vástago central para soportar y girar la fijación de herramienta 702 en lugar de los rodillos externos 705. En otra realización adicional, los segmentos de herramienta individuales 706 pueden ser omitidos y en su lugar la fijación de herramienta 702 puede incluir una superficie del barril completa configurada para mantener las montantes de refuerzo 730. Este enfoque en particular puede ofrecer la ventaja de reducir el tiempo de carga de los montantes de refuerzo. Sin embargo, el otro enfoque de utilizar múltiples segmentos de herramienta puede tener la ventaja de reducir el tiempo requerido para separar la sección del barril terminada del conjunto de herramientas tras el curado.

La Figura 8 es una vista isométrica esquemática parcial, agrandada, de una estación de estrato 620. En un aspecto, la estación de estrato 620 incluye una máquina de colocación de fibra 814 (mostrada esquemáticamente) soportada de manera móvil en una viga riel 816. La viga riel 816 puede ser parte de una plataforma de trabajo 822 colocada adyacente al conjunto de herramienta 700 cuando el conjunto de herramienta 700 es situado en la estación de estrato 620. Aunque no se ilustra con detalle en la Figura 8 con el objeto de mantener la claridad, la máquina de colocación de fibra 814 puede incluir uno o más cabezales de suministro configurados para colimar múltiples haces de fibra 818. Adicionalmente, la máquina de colocación de fibra 814 puede incluir además equipo de soporte (como por ejemplo cestas, rodillos de compactación, etc.) utilizado típicamente en máquinas de colocación montadas en caballete, multiaxiales, para suministrar, fijar, cortar, y recomenzar los haces de fibras y/o otros materiales compuestos como por ejemplo tejidos, cintas, filamentos individuales, y otros materiales compuestos unidireccionales y multidireccionales preimpregnados y no preimpregnados y combinaciones de los mismos.

Durante la operación, la máquina de colocación de fibra 814 se mueve adelante y atrás a lo largo de la viga riel 816 laminando los haces de fibra colimados 818 sobre la capa interior 721 a medida que el conjunto de herramienta 700 gira alrededor del eje longitudinal 707. La máquina de colocación de fibra 814 puede incluir uno o más rodillos u otros dispositivos adecuados (no mostrados) para mantener la capa interior 721 en su lugar durante la aplicación de los haces de fibra 818 para evitar que se arrugue la capa interior 721. La máquina de colocación de fibra 814 puede aplicar múltiples capas con varios diseños. Por ejemplo, en una realización, la máquina de colocación de fibra 814 puede extender capas en una inclinación de $-45 / 0 / +45$ grados para proporcionar las propiedades estructurales deseadas. En otras realizaciones, se pueden utilizar otras orientaciones o diseños de la capa para conseguir otras propiedades estructurales. Adicionalmente, la colocación de capas de tejidos preimpregnados puede ser también aplicada sobre o entre capas de haces para proporcionar una resistencia adicional alrededor de los cortes y de otras características locales. De la manera anterior, los haces de fibra 818 junto con la capa interior 721 forman un forro cilíndrico continuo o estrato 820 que se extiende alrededor de una pluralidad de montantes de refuerzo 730 (Figura 7A y 7B).

En la realización descrita anteriormente, la máquina de colocación de fibra 814 aplica haces de fibra (por ejemplo, haces de fibra de carbono preimpregnados con una resina epoxi termoestable) al estrato 820. Tales haces de fibra pueden tener anchos de entre 0,1524 cm (0,06 pulgadas) a aproximadamente 1,27 cm (0,50 pulgadas) (por ejemplo, alrededor de 0,9652 cm (0,38 pulgadas)) tras ser aplastadas por un rodillo de compactación. En otras realizaciones, la máquina de colocación de fibra puede aplicar otros tipos de haces, por ejemplo haces de fibra de vidrio, haces de fibra de grafito, y/o haces que incluyen otros tipos de fibras de aramida y resinas.

En otra realización, la máquina de colocación de fibra 814 puede aplicar una cinta de fibra y/o tiras de cinta de fibra al estrato 820 a medida que el conjunto de herramienta 700 gira. La cinta de fibra puede incluir una pluralidad de fibras unidireccionales, por ejemplo fibras de carbono. Las fibras pueden estar entretejidas con otro material en una cinta de tejido, y/o las fibras pueden ser mantenidas unidas mediante un papel de soporte que se retira antes de la aplicación.

En una realización adicional, la máquina de colocación de fibra 814 puede aplicar filamentos individuales al estrato 820 en un proceso de arrollamiento del filamento. Aún en otra realización, la máquina de colocación de fibra 814 puede aplicar varias combinaciones de los materiales compuestos nombrados, así como hojas de tejido compuestas, al estrato 820. La capa final del material aplicado al estrato 820 puede incluir un tejido de hilos entretejidos que proporcionan capacidad para soportar carga estructural así como protección contra el impacto de rayos. En las realizaciones anteriores, el conjunto de herramienta 700 gira alrededor del eje longitudinal 707 a medida que la máquina de colocación de fibra 814 aplica el material. En otras realizaciones, sin embargo, el conjunto de herramienta 700 puede ser fijado en sentido rotativo, y la máquina de colocación de fibra 814 se puede mover alrededor del exterior del conjunto de herramienta 700 para aplicar el material. Una vez que ha sido aplicada la capa final de material, la estructura de soporte de la herramienta 704 transporta el conjunto de herramienta 700 de la estación de estrato 620 a la estación de vacío 630 (Figura 6) a través de los rieles 712.

La Figura 9 es una vista isométrica esquemática parcial, agrandada, de la estación de vacío 630. En un aspecto, la estación de vacío 630 incluye unos soportes de superficies de presión 924 opuestos (identificados individualmente como unos primeros soportes de superficies de presión 924a y unos segundos soportes de superficies de presión 924b) que se pueden mover para colocarlos en los lados opuestos de los rieles 712. Cada uno de los soportes de las superficies de presión 924 lleva su superficie de presión 926 correspondiente (identificada individualmente como una primera superficie de presión 926a y una segunda superficie de presión 926b). Durante la operación, los soportes de las superficies de presión 924 se mueven hacia dentro en dirección al conjunto de herramienta 700 para colocar las superficies de presión 926 correspondientes alrededor del estrato 820 en una configuración de abrazadera. En una realización, las superficies de presión 926 pueden incluir superficies de presión conformables y/o hojas redondeadas configuradas para aplicar una presión uniforme al estrato 820 durante el curado siguiente para producir una superficie exterior relativamente lisa. Una vez que las superficies de presión 926 han sido instaladas sobre el estrato 820, los soportes de las superficies de presión 924 son retraídos y se puede instalar una bolsa de vacío (no mostrada) alrededor de las superficies de presión 926 y del estrato 820. Una vez que la bolsa de vacío ha sido vaciada, el conjunto de herramienta 700 es levantado de la estructura de soporte de la herramienta 704 y trasladado a la estación de curado 640 (Figura 6) utilizando un puente grúa 912 sobre ella. En otras realizaciones, la bolsa de vacío puede ser omitida y el estrato 820 puede ser curado sin el vacío previo.

La Figura 10 es una vista isométrica esquemática parcial, agrandada, de la estación de curado 640. En un aspecto, el puente grúa 912 se extiende desde la estación de vacío 630 a una autoclave 1050 colocado en la estación de curado 640. El autoclave 1050 puede incluir una puerta 1051 en cada extremo (identificadas individualmente como primera puerta 1051a y segunda puerta 1051b). La primera puerta 1051a se abre para permitir que el conjunto de herramienta 700 se mueva introduciéndose en la autoclave 1050 por el puente grúa 912. Una vez que el conjunto de herramienta 700 está colocado totalmente dentro del autoclave 1050, una sección de la puerta 1013 del puente grúa 912 se retira del recorrido para permitir que la primera puerta 1051a regrese a su posición. La temperatura dentro del autoclave 1050 es elevada a continuación para curar el estrato 820 y los montantes de refuerzo 730 (no mostrados). En una realización, el autoclave 1050 puede curar el estrato 820 y los montantes de refuerzo 730 utilizando un ciclo de curado estándar de 176,7° C (350° F). En otras realizaciones, se pueden utilizar otros ciclos de curado dependiendo de varios factores como por ejemplo la composición del material, el grosor, etc. Una vez que las piezas se han enfriado, la segunda puerta 1051b se retira como se muestra en la Figura 11, y a continuación el conjunto de herramienta 700 se mueve al exterior del autoclave 1050 y hacia la estación de inspección 650 a través del puente grúa 912. En otras realizaciones, la estación de curado 640 puede incluir otro sistema para mover el conjunto de herramienta 700 para introducirlo y extraerlo del autoclave 1050. Tales sistemas pueden incluir, por ejemplo, un carro de autoclave, rieles montados en el suelo, etc.

La Figura 11 es una vista isométrica esquemática parcial, agrandada, de la estación de inspección 650. Cuando el conjunto de herramienta 700 llega a la estación de inspección 650, es bajada del puente grúa 912 hasta una estructura de soporte de la herramienta 1104. A continuación, el estrato 820 es desembolsado y se retiran las superficies de presión 926 (Figura 9). La estructura de soporte de la herramienta 1104 puede ser al menos generalmente similar en estructura y en función a la estructura de soporte de la herramienta 704 descrita anteriormente en referencia a las Figuras 7A y 7B. De acuerdo con lo anterior, la estructura de soporte de la herramienta 1104 puede incluir una pluralidad de rodillos 1105 configurados para girar el conjunto de herramienta 700 alrededor del eje longitudinal 707.

En un aspecto de esta realización la estación de inspección 650 incluye una máquina de inspección 1160 soportada de manera móvil adyacente a la estructura de soporte de la herramienta 1104. La máquina de inspección 1160 puede ser configurada para ser movida adelante y atrás a lo largo de la longitud del estrato 820 a medida que el soporte de herramienta 700 gira para inspeccionar la integridad estructural del estrato 820. En una realización, la máquina de inspección 1160 puede incluir un dispositivo de inspección ultrasónico para localizar huecos en el

estrato 820. En otras realizaciones, se puede utilizar otros tipos de equipo de inspección adecuados conocidos en la técnica para inspeccionar el estrato 820. Tal equipo puede incluir, por ejemplo, un aparato de inspección de pulso – eco o un aparato de inspección termográfico. Una vez que el estrato 820 ha sido inspeccionado en su totalidad, el conjunto de herramienta 700 es elevado de nuevo por el puente grúa 912 y movido a la estación de montaje de accesorios 660 (Figura 6).

La Figura 12 es una vista isométrica esquemática parcial, agrandada, de la estación de montaje de accesorios 660. Cuando el conjunto de herramienta 700 llega a la estación de montaje de accesorios 660, es bajada del puente grúa 912 hasta una estructura de soporte de la herramienta 1204. La estructura de soporte de la herramienta 1204 puede ser al menos generalmente similar en estructura y en función a la estructura de soporte de la herramienta 704 y 1104 descrita anteriormente. De acuerdo con ello, la estructura de soporte de la herramienta 1204 puede incluir una pluralidad de rodillos 1205 configurados para girar el conjunto de herramienta 700 alrededor del eje longitudinal 707.

En un aspecto de esta realización, la estación de montaje de accesorios 660 incluye un trazador CNC (controlado numéricamente por ordenador) 1270 y un dispositivo de fresa CNC 1272 soportado de manera móvil adyacente a la estructura de soporte de la herramienta 1204. Utilizando un dispositivo localizador determinado, el trazado CNC 1270 puede ser configurado para realizar una pluralidad de huecos para ventana 1228 en el estrato 820. El conjunto de herramienta 700 puede ser girado alrededor del eje longitudinal 707 para facilitar la localización precisa de los huecos para las ventanas 1228. De manera similar, el dispositivo de fresa CNC 1272 puede estar configurado para perforar una pluralidad de uniones y/o orificios de ensamblaje en el estrato 820 en este momento. Tras estas operaciones de montaje de accesorios y corte, los anillos de soporte del barril (no mostrados) son colocados dentro del estrato 820 para mantener el perfil de la virola mientras los segmentos herramienta 706 (Figura 7A y 7B) son retirados. Los segmentos de herramienta 706 pueden ser a continuación devueltos a la estación de carga de montantes de refuerzo 610 (Figura 6) y preparados para el siguiente ciclo de fabricación. Una vez que los segmentos herramienta 706 han sido retirados, la estructura de soporte de la herramienta 1204 trasporta el conjunto de herramienta 700 desde la estación de montaje de accesorios 660 hasta la estación de montaje final 670 (Figura 6) a través de los rieles del suelo 702.

La Figura 13 es una vista isométrica esquemática parcial, agrandada, de la estación de ensamblaje 670. En un aspecto de esta realización, la estación de montaje final 670 puede incluir una plataforma de trabajo interna 1380 configurada para soportar una máquina de inspección (no mostrada), como por ejemplo una máquina de inspección de ultrasonidos robotizada, para inspeccionar la integridad estructural del estrato 820 desde la superficie interior. Tras esta inspección, una pluralidad de secciones del bastidor 1340 puede unirse a los montantes de refuerzo 730 y/o el estrato 820 desde dentro del conjunto de herramienta 700.

En una realización, las secciones del bastidor 1340 pueden ser al menos en general similares en estructura y función a los bastidores 240 y/o los bastidores 540 descritos anteriormente en referencia a las Figuras 2A – B y 5A – B, respectivamente. En otras realizaciones, las secciones del bastidor 1340 pueden tener otras formas o, alternativamente, pueden ser omitidas. Las secciones del bastidor 1340 pueden ser colocadas utilizando los orificios de ensamblaje determinados taladrados previamente en la estación de montaje de accesorios 660 (Figura 12), y pueden ser fijados utilizando un proceso de sellado y abrochado semiautomatizado. El conjunto de herramienta 700 puede girar alrededor del eje longitudinal 707 para facilitar la instalación de las secciones del bastidor 1340. Adicionalmente, un módulo de suelo preensamblado (no mostrado) puede ser insertado, colocado, y fijado en salientes del bastidor en este momento. En un aspecto adicional de esta realización, las operaciones de fabricación que siguen terminan el ensamblaje estructural básico de la sección del barril del fuselaje 110 hasta un punto en el que pueden ser instaladas cargas preensambladas y equipos interiores. Tras esto, la sección del barril 110 puede ser unida a secciones del barril adyacentes para el ensamblaje final del fuselaje 102 ilustrado en la Figura 1.

Las Figuras 14A - 14C son vistas de cortes del extremo que ilustran varias etapas de un método para pegar un montante de refuerzo 1430 a un estrato 1420 de acuerdo con una realización de la invención. En referencia en primer lugar a la Figura 14A, el montante de refuerzo sin curar 1430 puede ser colocado en una herramienta 1406. El montante de refuerzo 1430 puede ser un montante de refuerzo de sección en forma de sombrero (por ejemplo, una montante de refuerzo con sección en forma de sombrero que es al menos en general similar en estructura y función a los montantes de refuerzo 230 y 730 descritos anteriormente en referencia a las Figuras 2A – 2B y a las Figuras 7A – 7B, respectivamente). Adicionalmente, la herramienta 1406 puede ser al menos en general similar en estructura y función al segmento de herramienta 706 descrito anteriormente en referencia a las Figuras 7A – 7B. Después de que el montante de refuerzo 1430 esté colocado en la herramienta 1406, un cojín tubular 1480 que soporta una pieza de tejido 1482 (o cinta, etc.) es colocado dentro del montante de refuerzo 1430 de manera que el tejido 1482 contacte la superficie interior 1432 del montante de refuerzo 1430 entre las partes del flanco opuestas 1431A y 1431B.

En referencia a continuación a la Figura 14B, una vez que el cojín 1480 y el tejido 1482 estén colocados dentro del montante de refuerzo 1430, se estratifican materiales compuestos sobre el segmento de herramienta 1406 para formar un forro 1420 que contacta las partes del flanco 1431 y el tejido 1482. En un aspecto de esta realización, el forro 1420 puede ser al menos en general similar en estructura y función al forro 220 y al estrato 820 descritos anteriormente en referencia a las Figuras 2A – 2B y a la Figura 8, respectivamente.

En referencia a continuación a la Figura 14C, una superficie compresible o porción de virola 1490 se coloca sobre el forro 1420. A continuación, una bolsa de vacío 1492 se coloca alrededor de la porción de virola 1490 y del segmento de herramienta 1406. El espacio entre la bolsa de vacío 1492 y el cojín tubular 1480 es a continuación evacuado para aplicar una presión uniforme sobre las partes compuestas (esto es, la montante de refuerzo 1430, el forro 1420, y el tejido 1482). Las partes compuestas son curadas a continuación a una temperatura elevada mientras se encuentran al vacío. Tras ser curadas, la combinación de montantes de refuerzo y estrato es desembolsada y retirada del segmento de herramienta 1406.

En una realización del método descrito anteriormente mediante referencia a las Figuras 14A – C, las montantes de refuerzo 1430 pueden ser fabricadas extendiendo una o más capas de material directamente sobre la herramienta 1406. En otra realización, las montantes de refuerzo pueden estar curadas previamente, o al menos parcialmente curadas previamente, antes de su colocación en la herramienta 1406. Cuando se utilizan montantes de refuerzo curadas previamente, éstas pueden pegarse secundariamente al forro 1420 con un adhesivo durante el siguiente proceso de curado.

Una característica del método descrito anteriormente es que el tejido 1482 sirve como un dobléz interior pegando la superficie interior del montante de refuerzo 1430 a una parte adyacente del forro 1420 entre las partes del flanco opuestas 1431. Una ventaja de esta característica es que el tejido 1482 reduce las tensiones de cizalladura en las partes del flanco 1431. Como resultado, hay menos tendencia de que el montante de refuerzo 1430 se despreque del forro 1420 bajo las tensiones cíclicas altas que se pueden producir durante el servicio.

De todo lo anterior, se apreciará que las realizaciones específicas de la invención han sido descritas aquí a modo de ilustración, pero que se pueden hacer varias modificaciones sin desviarse del alcance de la invención. Por ejemplo, aunque las diferentes secciones del barril descritas anteriormente han sido descritas en el contexto de estructuras de aviones, en otras realizaciones, tales secciones pueden ser utilizadas en otras aplicaciones estructurales, como por ejemplo espacio, agua, y en aplicaciones de vehículos terrestres. De acuerdo con ello, la invención no está limitada, excepto por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para fabricar una sección de barril de un fuselaje de avión, comprendiendo el método:

5 posicionar una pluralidad de montantes de refuerzo longitudinales (730) en un conjunto de mandril (700, 706);
retener la pluralidad de montantes de refuerzo (730) en posición sobre el conjunto de mandril (700, 706)
envolviendo una capa más interna (721) de tela de material compuesto alrededor del conjunto de mandril
(700, 706) y los montantes de refuerzo (730);
10 envolver el material compuesto (818) 360 grados alrededor de los montantes de refuerzo (730) y sobre la
capa más interna (721);
posicionar una o más superficies de presión (926) alrededor del exterior del material compuesto (818);
aplicar presión a una o más superficies de presión (926) para comprimir el material compuesto (818) contra el
conjunto de mandril (700); y
15 co-curar montantes de refuerzo (730), la capa más interna (721) y el material compuesto (818) para unir los
montantes de refuerzo (730) a una superficie interior de la capa más interna (721) de tela de material
compuesto.

20 2. El método de la reivindicación 1, en el que envolver el material compuesto (818) 360 grados alrededor de los
montantes de refuerzo (730) y sobre la capa más interna (721) incluye la formación de un estrato de material
compuesto (820) que se extiende 360° alrededor de los montantes de refuerzo (730), y en el que las superficies de
presión (926) se posicionan alrededor de la lámina (820) en una configuración de abrazadera.

25 3. El método de la reivindicación 1, en el que envolver el material compuesto (818) 360 grados alrededor de los
montantes de refuerzo (730) y sobre la capa más interna (721) incluye la formación de un estrato de material
compuesto (820) que se extiende 360° alrededor de los montantes de refuerzo (730), y en el que las superficies de
presión (926) incluyen hojas de prensado conformables configuradas para aplicar una presión uniforme al estrato
(820) durante el co-curado para producir una superficie exterior relativamente suave.

30 4. El método de la reivindicación 1, en el que envolver el material compuesto (818) 360 grados alrededor de los
montantes de refuerzo (730) y sobre la capa más interna (721) incluye la formación de un estrato de material
compuesto (820) que se extiende 360° alrededor de los montantes de refuerzo (730), y en el que el procedimiento
comprende además la instalación de una bolsa de vacío sobre las superficies de presión (926) y alrededor de la
parte exterior del estrato (820).

35 5. El método de la reivindicación 1, que comprende además hacer girar el conjunto de mandril (700, 706), en el que
envolver el material compuesto (818) 360 grados alrededor de los montantes de refuerzo (730) y sobre la capa más
interna (721) incluye aplicar una pluralidad de haces de fibras (818) sobre la pluralidad de montantes de refuerzo
(730) y sobre la capa más interna (721) en el conjunto del mandril giratorio (700, 706).

40

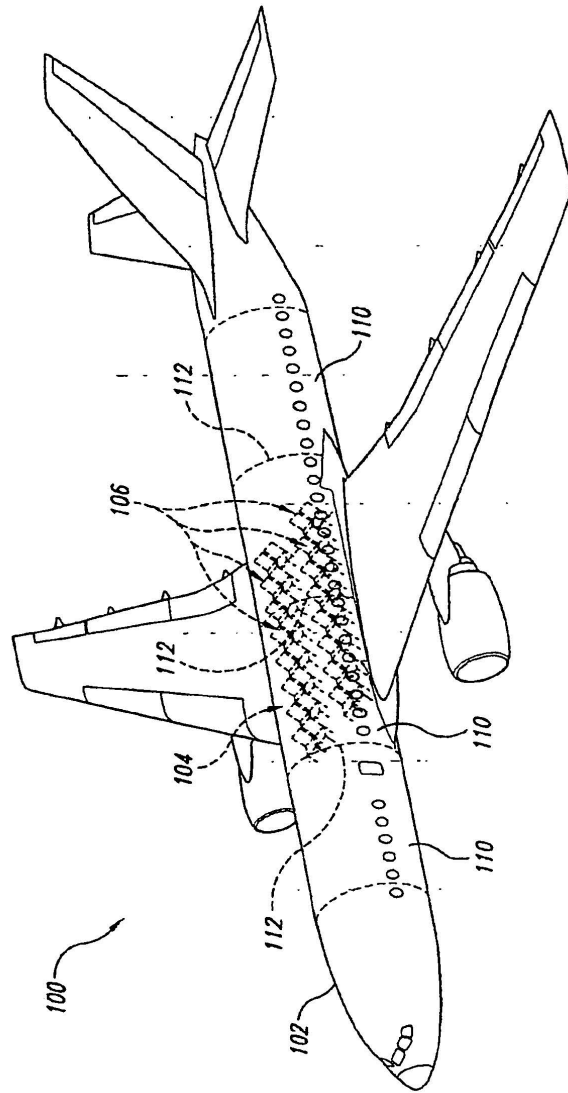
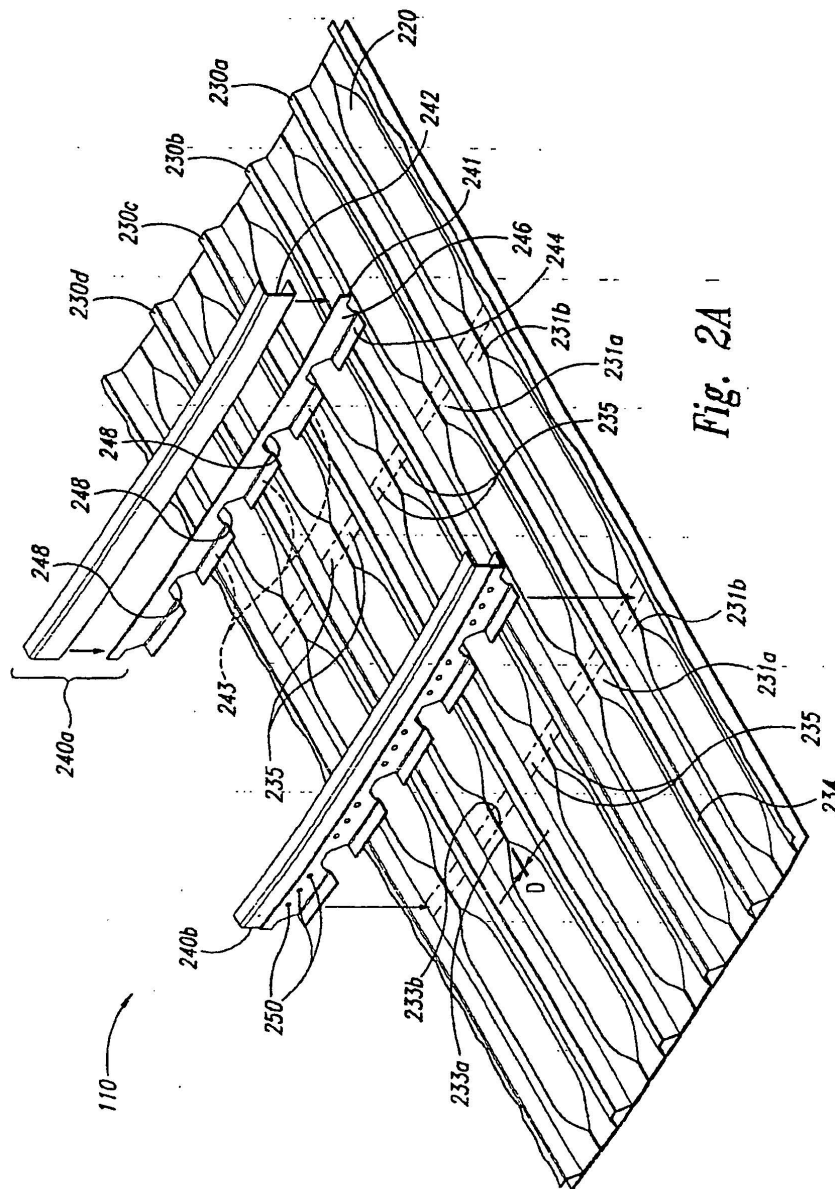
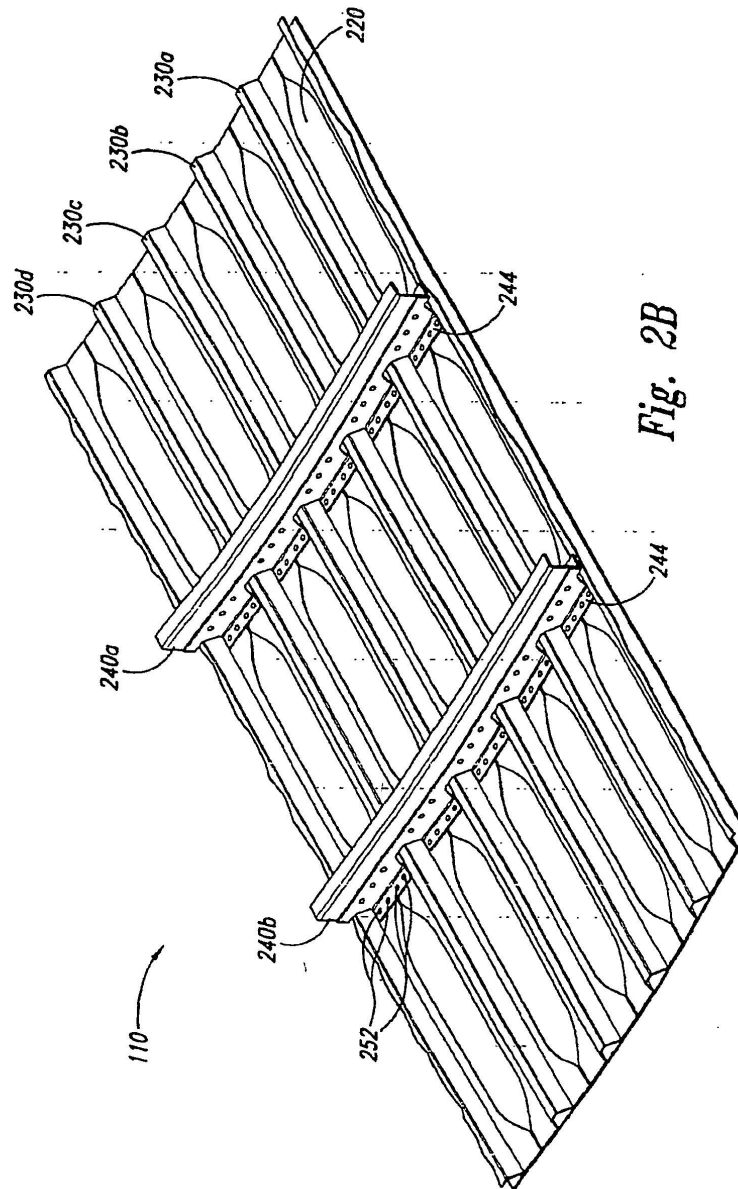


Fig. 1





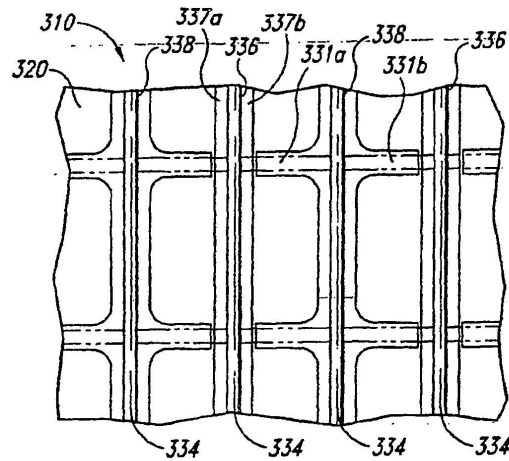


Fig. 3A

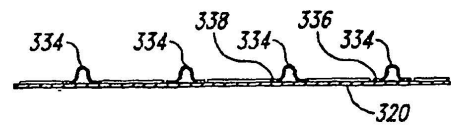


Fig. 3B

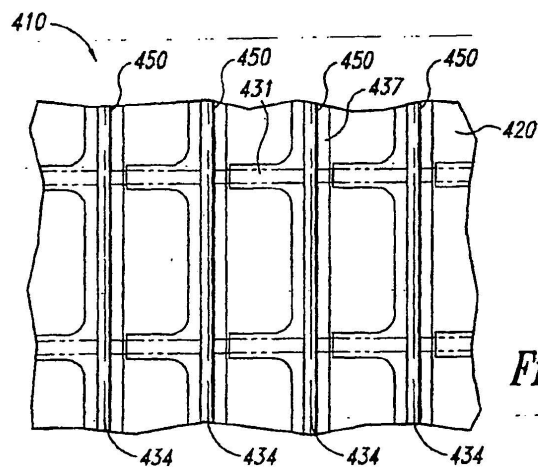


Fig. 4A

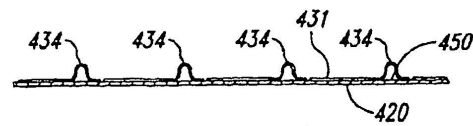


Fig. 4B

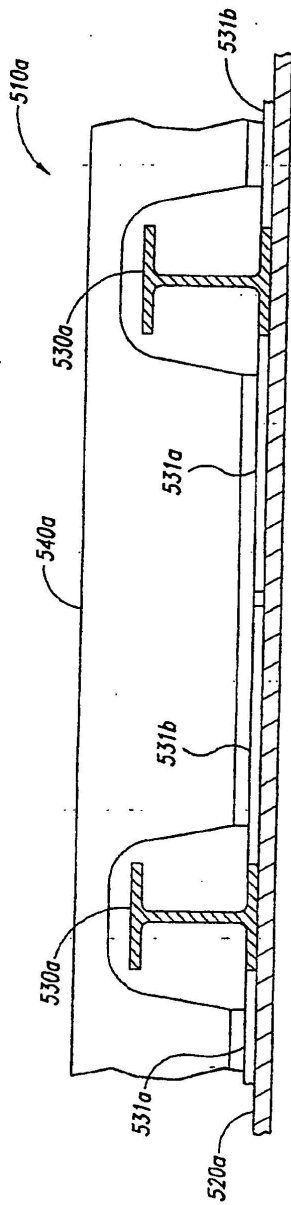


Fig. 5A

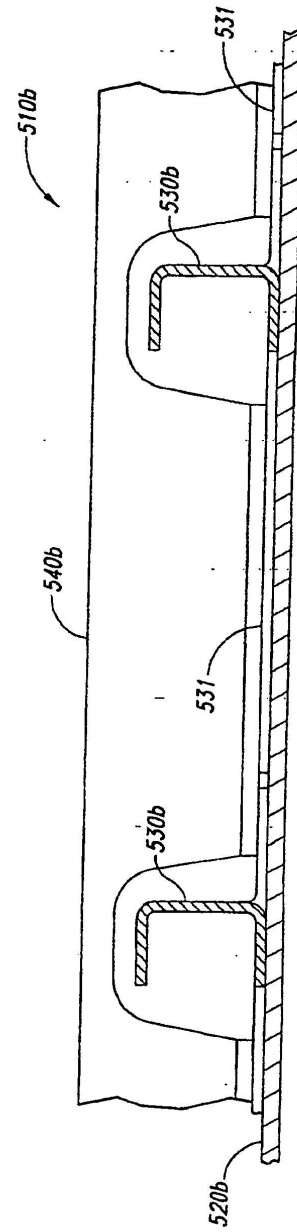


Fig. 5B

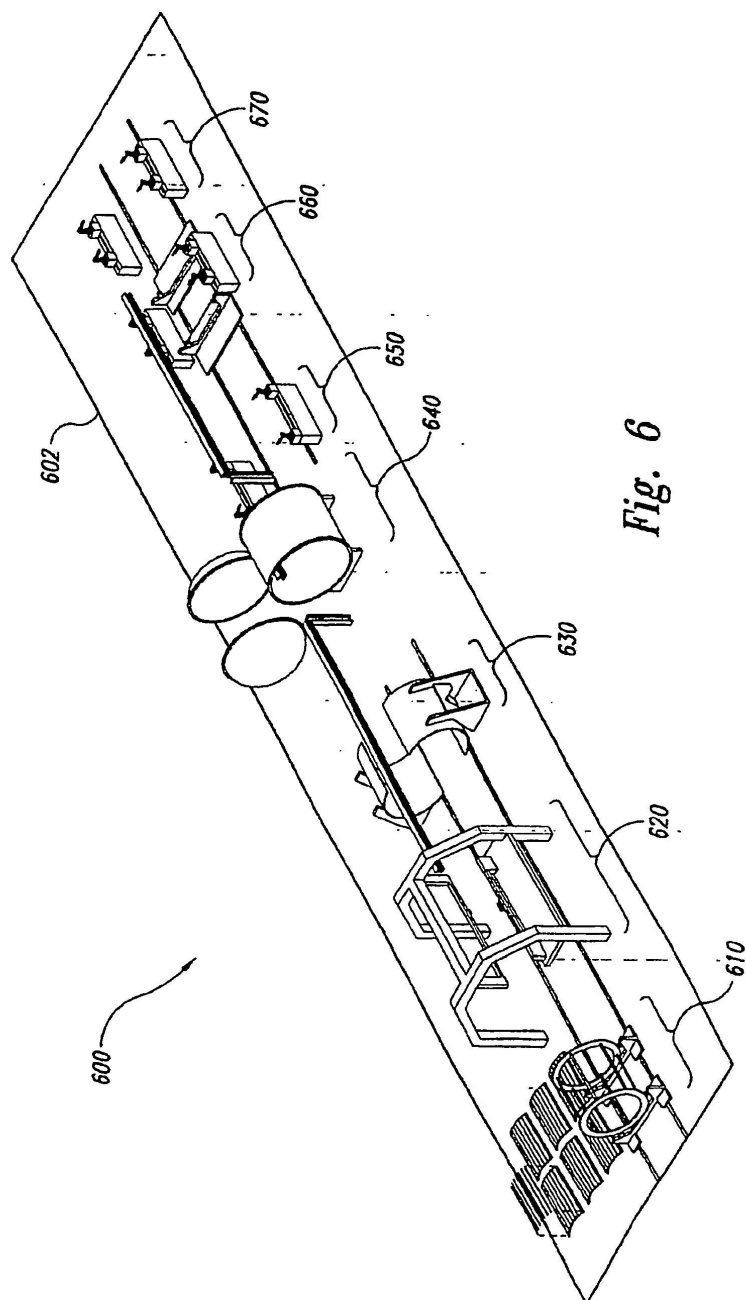
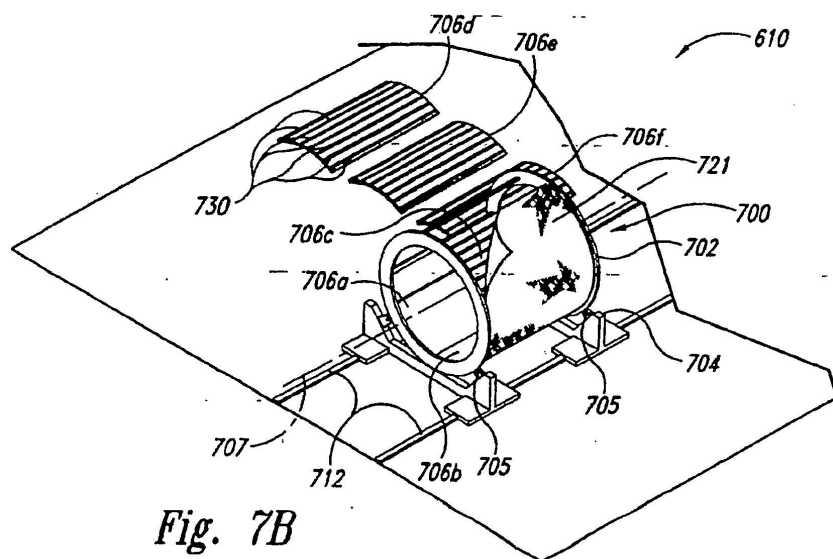
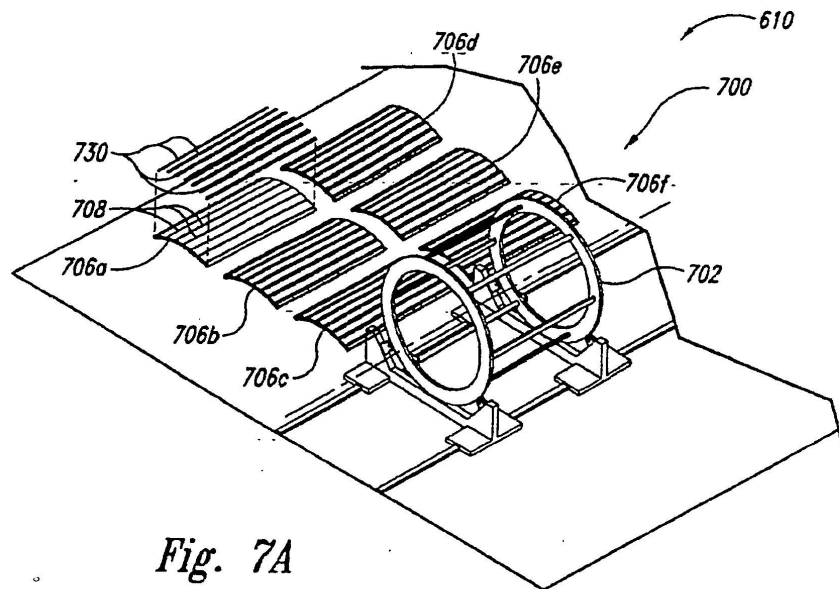
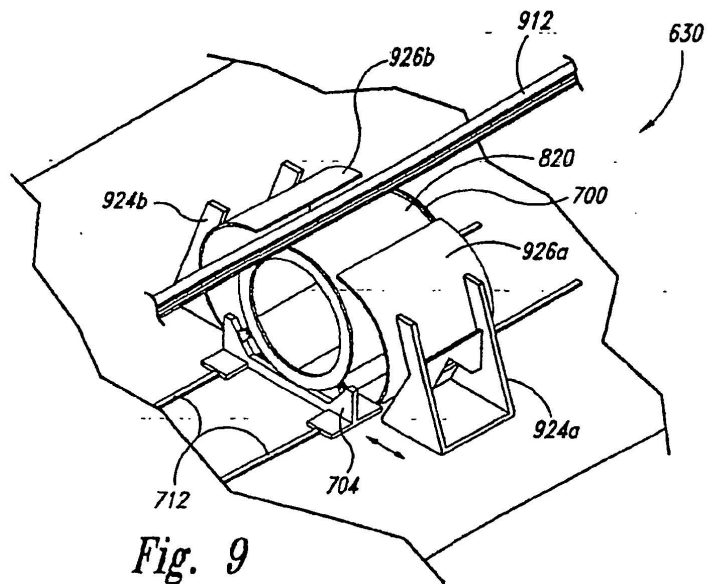
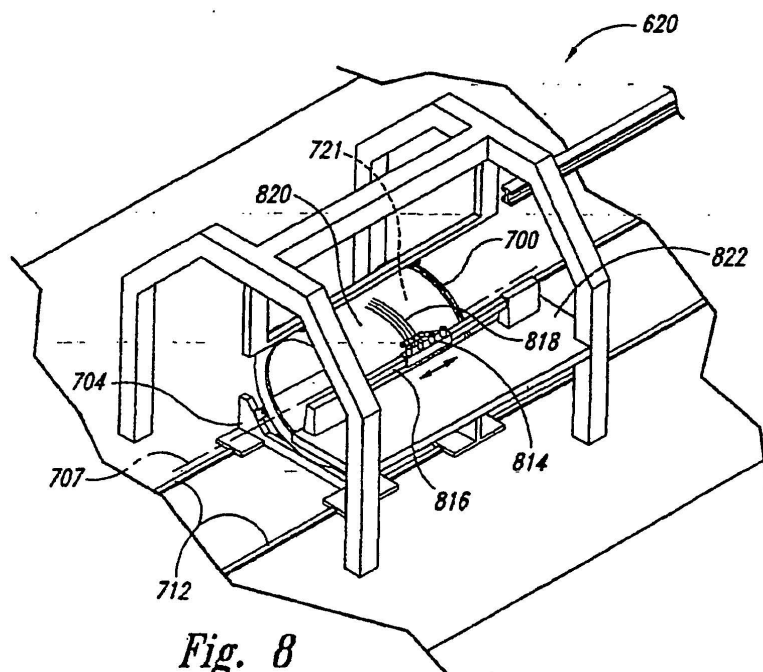
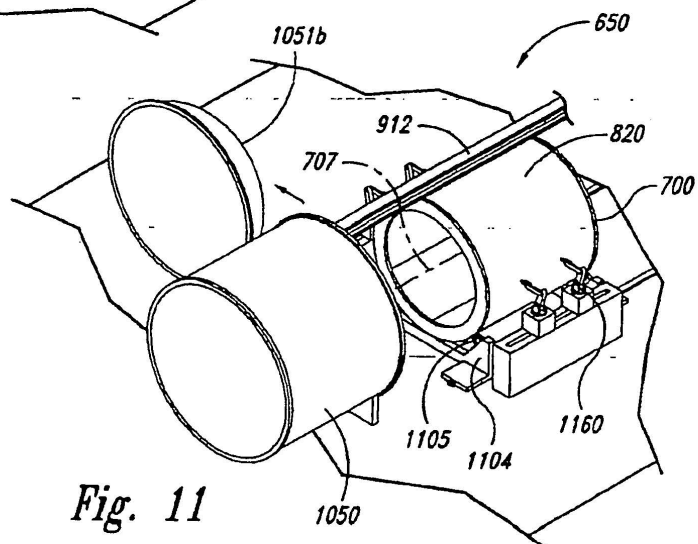
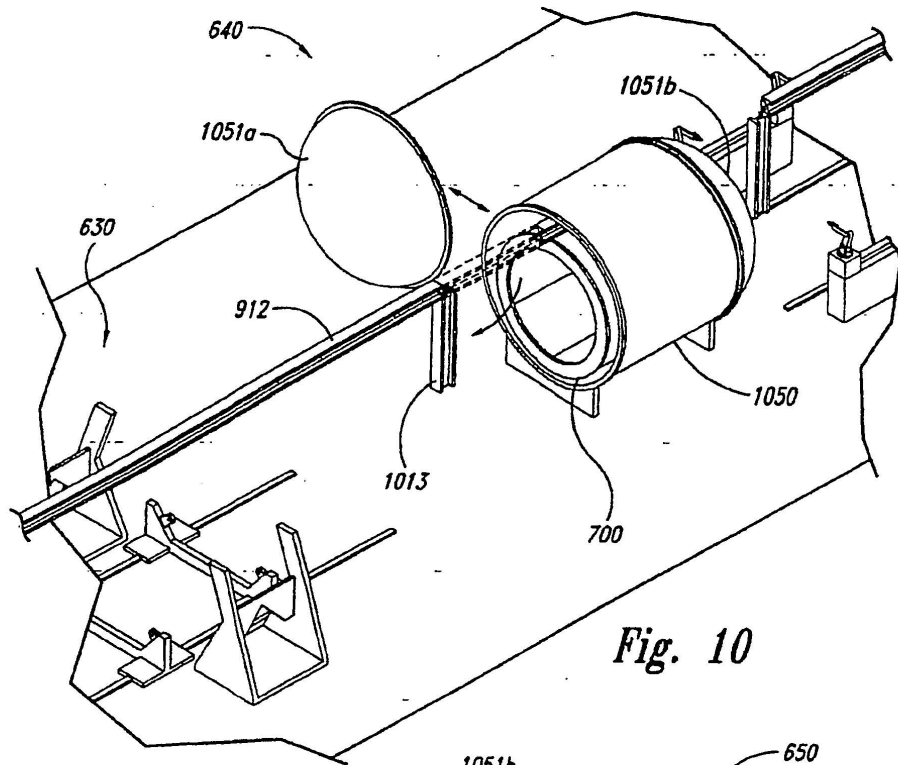


Fig. 6







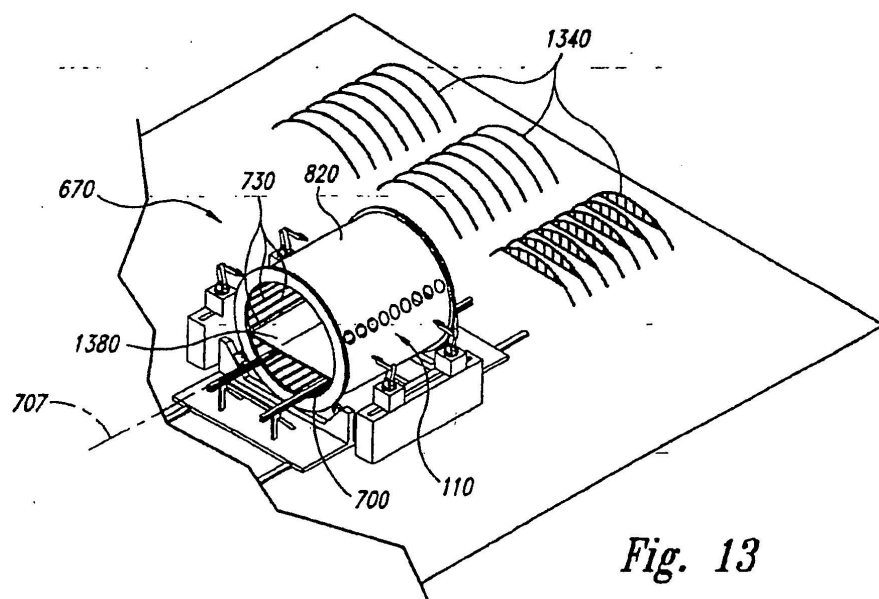
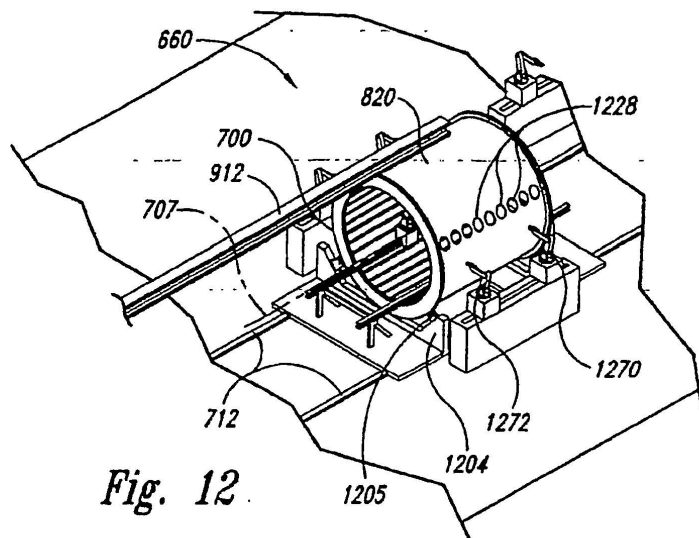


Fig. 14A

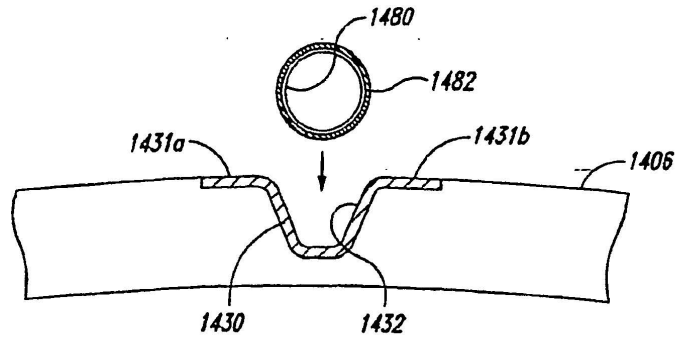


Fig. 14B

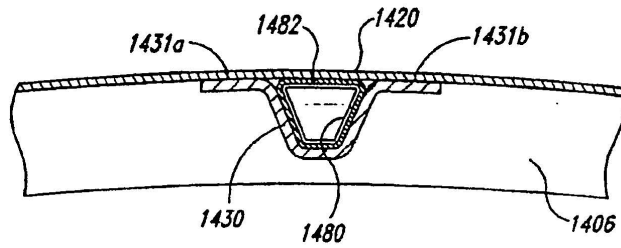


Fig. 14C

