

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 469 843**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/32** (2006.01)

**B29C 70/38** (2006.01)

**B29C 70/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.10.2010 E 10186688 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.03.2014 EP 2319682**

54 Título: **Formación automatizada de estructura anular compuesta**

30 Prioridad:

**10.11.2009 US 615908**

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

**20.06.2014**

73 Titular/es:

**ALLIANT TECHSYSTEMS INC. (100.0%)  
7480 Flying Cloud Drive, MN05-1W  
Minneapolis, MN 55344-3720, US**

72 Inventor/es:

**MADSEN, CHRISTOPHER J.;  
MCNABB, ERIC;  
SCHOWENGERDT, JOHN;  
HEALEY, JOHN B.;  
ROSEVEAR, TODD y  
FEHLMANN, KEVIN**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 469 843 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**

Formación automatizada de estructura anular compuesta

**Antecedentes**

5 En la industria, incluidas las aplicaciones aeroespaciales, existe la necesidad de estructuras de gran fortaleza y peso ligero. Para cumplir estos requisitos, a menudo se utilizan materiales compuestos reforzados con fibra. Sin embargo, las estructuras compuestas hechas a partir de materiales compuestos reforzados con fibra que tienen ciertas formas son difíciles de fabricar con las características deseadas de fortaleza. Por ejemplo, las estructuras compuestas con forma anular se hacen típicamente estratificando capas a mano utilizando procesos intermedios de desgruesado (*debulking*). Esto es un proceso costoso que emplea una cantidad significativa de tiempo para completarse a menudo con menos de los resultados deseados.

10 El documento US 7175795 (B2) describe que un material semiacabado textil de fibra se alimenta directamente y se reforma sobre un portador y una herramienta de reforma, en la que se fija con un pegamento. El portador tiene un contorno que coincide con la forma negativa o positiva de la geometría requerida final de una preforma que se va a fabricar. El artículo semiacabado reformado fijado con el pegamento se retira del portador para proporcionar la preforma. Varias preformas con diferentes formas en sección transversal se unen juntas, se compactan para formar un componente denso que tiene casi el contorno terminado necesario, se impregnan con un sistema de matriz que incluye una resina adhesiva curable, y luego se curan a temperatura y/o a presión elevadas.

15 El documento US 7513769 (B2) describe un método y un aparato para formar unos miembros estructurales compuestos alargados con una geometría deseada en sección transversal tomada transversa a la longitud del miembro. Un aparato puede incluir una base con un mandril substancialmente alargado montado sobre el mismo. Uno o más rodillos configurados por lo menos parcialmente para acoplarse complementariamente al mandril se configuran para rodar sobre una o más bandas de material compuesto sobre el mandril y apretarlas.

20 Por las razones indicadas antes y por otras indicadas más adelante que se harán evidentes para los expertos en la técnica tras leer y entender la presente memoria descriptiva, en la técnica existe la necesidad de un método y un sistema eficientes y efectivos para formar estructuras compuestas con forma anular con las características deseadas.

**Compendio de la invención**

25 Los problemas mencionados anteriormente de los sistemas actuales son abordados por unas realizaciones de la presente invención y serán comprendidos leyendo y estudiando la siguiente memoria descriptiva. El siguiente compendio se hace a modo de ejemplo y no como una limitación. Solamente se proporciona para ayudar al lector a entender algunos de los aspectos de la invención.

30 En una realización, se proporciona un aparato para formar estructuras compuestas anulares. El aparato incluye una herramienta con forma anular y un cabezal conformador. La herramienta con forma anular incluye una superficie conformadora con una geometría de sección transversal seleccionada. El cabezal conformador se configura para formar capas continuas de bandas, una banda cada vez, circunferencialmente alrededor de la superficie conformadora de la herramienta.

**Breve descripción de los dibujos**

35 La presente invención puede entenderse más fácilmente, y unas ventajas y usos adicionales de la misma serán evidentes más fácilmente, cuando se consideren a la vista de la descripción detallada y de las figuras siguientes, en las que:

La Figura 1A es una vista isométrica de una herramienta con forma anular de una realización de la presente invención;

La Figura 1B es una vista lateral de la herramienta de la Figura 1A;

La Figura 1C es una vista superior de la herramienta de la Figura 1C;

40 La Figura 1D es una vista lateral en sección transversal a lo largo de la línea AA de la Figura 1C;

Las Figuras 1E a 1I son unas vistas laterales en sección transversal de unas estructuras compuestas anulares formadas que ilustran unas posibles geometrías en sección transversal;

Las Figuras 1J a 1L son unas vistas laterales en sección transversal de más de una estructura compuesta anular formada acopladas juntas;

50 La Figura 2A es una vista superior de un puente acoplado a la herramienta de una realización que no forma parte de la presente invención;

La Figura 2B es una vista lateral del puente y la herramienta de la Figura 2A;

La Figura 2C es otra vista superior de un puente y una herramienta;

La Figura 3A es una ilustración de un rodillo que compacta una capa de bandas en una primera dirección de una realización que no forma parte de la presente invención;

5 La Figura 3B es una ilustración del rodillo que compacta la capa de bandas en una segunda dirección

La Figura 4 es un diagrama de flujo de conformación de una realización que no forma parte de la presente invención;

Las Figuras 5A y 5B son unas ilustraciones de unas estructuras compuestas formadas de unas realizaciones de la presente invención;

10 La Figura 6A es una vista lateral en perspectiva de una cabezal conformador y una base de cabezal conformador de otra realización de una herramienta y una estructura conformadora de la presente invención;

La Figura 6B es una ilustración del cabezal conformador, un conjunto de manejo de herramienta, y un conjunto de suministro de material de una realización de la presente invención;

La Figura 6C es una vista lateral en perspectiva de otra herramienta de una realización de la presente invención;

15 La Figura 6D es una vista lateral en perspectiva de la herramienta de la Figura 6D montada en el conjunto de manejo de herramienta de la Figura 6B;

La Figura 6E es un diagrama de bloques de un sistema de control de una realización de la presente invención; y

La Figura 7 es una ilustración de la conformación de una realización de la presente invención.

20 Según una práctica común, las diversas características descritas no se dibujan a escala sino que se dibujan para enfatizar unas características específicas pertinentes a la presente invención. Los caracteres de referencia denotan elementos semejantes por todas las Figuras y el texto.

### Descripción detallada

25 En la siguiente descripción detallada, se hace referencia a los dibujos acompañantes, que forman parte de la misma, y en los que se muestran a modo de ilustración unas realizaciones específicas en las que pueden ponerse en práctica la invención. Estas realizaciones se describen con detalle suficiente como para permitir a los expertos en la técnica la puesta en práctica de la invención, y hay que entender que pueden utilizarse otras realizaciones y que pueden hacerse cambios lógicos, eléctricos o mecánicos sin salir del espíritu y el alcance de la presente invención. La siguiente descripción detallada, por lo tanto, no debe tomarse en un sentido limitativo, y el alcance de la presente invención solo está definido por las reivindicaciones y los equivalentes de las mismas.

30 Unas realizaciones de la presente invención proporcionan un método y un sistema para fabricar estructuras anulares cerradas hechas rígidas a partir de compuestos reforzados de fibra. El proceso a máquina permite la conformación automatizada de material continuo o discontinuo en estructuras anulares hechas rígidas en una sección transversal constante, incluidas unas bandas parciales en ubicaciones locales. Unas realizaciones permiten además un proceso continuo de envoltura del material para estratificar una banda circunferencial completa con compactación de rodillo y formación de banda a banda. Esto permite la fabricación automatizada y produce una pieza con características específicas superiores de fortaleza con un menor coste que una estratificación a mano sin la necesidad de procesos intermedios de desgruesado. Los materiales utilizados para formar las estructuras compuestas se describen generalmente como capas de bandas. Las capas de bandas pueden hacerse de materiales que exhiben unas características deseadas que incluyen pero se limitan a material pre-impregnado y material de fibra seca. El material pre-impregnado y el material de fibra seca pueden incluir pero no se limitan a cintas, telas tejidas, telas no tejidas y telas no onduladas.

35 Haciendo referencia a la Figura 1A, se ilustra una vista isométrica de una herramienta con forma anular 100 de una realización. La herramienta 100 incluye una superficie interior 102 y una superficie exterior 104. En esta realización, la herramienta 100 descansa sobre unos bolsillos elevadores 106a y 106b. Los bolsillos elevadores 106a y 106b permiten mover la herramienta con vehículos de movimiento de equipos pesados, tal como una carretilla elevadora. 45 En la Figura 1B se ilustra una vista lateral de la herramienta 100. Como se ilustra, la superficie exterior 104 de esta realización de la herramienta 100 incluye unos rebordes 108a y 108b. La superficie exterior 104 y los rebordes 108a y 108b forman una superficie conformadora de la herramienta 100. La Figura 1C es la vista superior de la herramienta 100. Como se ilustra, la herramienta 100 en esta realización tiene forma anular. La figura 1D ilustra una vista en sección transversal de la herramienta 100 por la línea AA de la Figura 1C. En esta ilustración se muestra un estrato de material compuesto 110 en la superficie conformadora compuesta por la superficie exterior 104 y los rebordes 108a y 108b de la herramienta 100. Además, en esta realización la herramienta 100 se ha diseñado para desarmarse con la finalidad de extraer la pieza. En particular, en esta realización el reborde 108a se separa de la 50

parte restante de la herramienta 100 mediante la retirada de unas sujeciones 107 que están espaciadas a lo largo de la herramienta 100 una vez se ha formado y curado el estrato de material compuesto 110. Esto permite una fácil extracción de las estructuras compuestas formadas desde la herramienta 100. Como se ilustra, la geometría en sección transversal del estrato de material compuesto es en forma de C. Sin embargo, se contempla cualquier geometría en sección transversal y la presente invención no se limita a forma de C. Esto es, la superficie conformadora de la herramienta puede tener cualquier geometría que se desee en sección transversal para formar estructuras compuestas que tienen las geometrías deseadas en sección transversal. Por ejemplo, unas posibles geometrías en sección transversal 120, 122, 124, 126 y 128 de estructuras compuestas formadas de circunferencia completa se ilustran en las Figuras 1E, 1F, 1G, 1H y 1I. Además, también pueden formarse geometrías en sección transversal 130, 132 y 134 mediante el acoplamiento de dos o más estructuras compuestas de circunferencia completa como se ilustra en las Figuras 1J, 1K y 1L. De ahí, la presente invención no se limita a geometrías específicas en sección transversal.

Las Figuras 2A, 2B y 2C ilustran una realización que no forma parte de la invención de un mecanismo utilizado para aplicar el estrato de material compuesto en la herramienta 100. En particular, la Figura 2A ilustra una vista superior de un puente acoplado rotacionalmente a la herramienta 100. El puente incluye un bastidor 202 de puente. El bastidor 202 tiene un primer carril 130a y un segundo carril 130b. El primer y el segundo carril 130a y 130b en esta realización se extienden más allá de un diámetro de la herramienta 100. El primer carril 130a está espaciado del segundo carril 130b mediante unos miembros espaciadores 132a, 132b, 132c, 132d, 132e y 132f. Además, entre los carriles 130a y 130b, se añaden unos soportes 134a, 134b, 134c para añadir un soporte adicional al bastidor 202 de puente. El puente 200 tiene un primer extremo 204a y un segundo extremo 204b. En esta realización, el miembro espaciador 132a está próximo al primer extremo 204a del puente y el miembro espaciador 132f está próximo al segundo extremo 204b del puente 200. En la Figura 2a se ilustran además unos soportes de conexión 138a colocados entre el miembro espaciador 132a y 132b y el soporte de conexión 138b, conectado entre los miembros espaciadores 132e y 132f. Además conectados al bastidor 202 del puente 200 hay unos soportes 136a y 136b de rodillo de guía, cada uno de los soportes 136a, 136b de rodillo de guía se extiende a través de una anchura del bastidor 202 definida por los carriles 130a y 130b. En el extremo de cada soporte 136a y 136b de rodillo de guía se conecta un respectivo rodillo de guía 206a, 206b, 206c y 206d. Los rodillos de guía 206a, 206b, 206c y 206d se diseñan para acoplarse a la superficie interior 102 de la herramienta 100. En particular, los rodillos de guía 206a, 206b, 206c y 206d guían a la herramienta 100 de puente a medida que rota alrededor de la herramienta 100. En una realización, los soportes 136a y 136b de rodillo de guía son ajustables de modo que se pueden albergar diferentes diámetros de la superficie interior del bastidor.

La Figura 2B y la Figura 2C ilustran además cómo se acopla rotacionalmente el puente 200 a la herramienta 100. En particular, la Figura 2B ilustra una vista lateral en sección transversal de la herramienta 100 con el puente 200 acoplado a la misma y la Figura 2C es otra vista superior del puente 200 en la herramienta 100. Como se ilustra, el puente 200 incluye una pluralidad de rodillos capturadores 210a y 210b y rodillos de soporte 208a, 208b, 208c y 208d. Los rodillos capturadores 210a y 210b se acoplan al bastidor 202 a través de unos miembros de soporte 209 de rodillo capturador. Los rodillos capturadores 210a y 210b se acoplan a una primera superficie 103a de un labio 103 que se extiende desde la superficie interior de la herramienta 100. Mientras tanto los rodillos de soporte 208a, 208b, 208c y 208d se acoplan a una segunda superficie 103b del labio 103 de la herramienta. De ahí, el labio 103 de la herramienta 100 se acopla entre los rodillos de guía 210a y 210b y los rodillos de soporte 208a, 208b, 208c y 208d. Los rodillos de soporte 208a, 208b, 208c y 208d se acoplan al bastidor 202 del puente 200 a través de unas escuadras de soporte 207a, 207b, 207c y 207d. Los rodillos capturadores 210a y 210b y los rodillos de soporte 208a, 208b, 208c y 208d mantienen el puente 200 sobre la herramienta 100 cuando el puente 200 rota alrededor de la herramienta. Acoplado próximo al segundo extremo del puente 200 hay un cabezal conformador 220. Este cabezal conformador 220 se ilustra como que incluye unos rodillos 222, 224 y 226. El cabezal conformador 220 aplica y forma simultáneamente unas capas continuas de bandas, una cada vez, sobre la superficie conformadora de la herramienta 100. En adelante se comenta el cabezal conformador 220. Próximo al primer extremo 204a del puente 200 se acopla un rodillo de compactación 230. El rodillo de compactación 230 se utiliza para compactar las capas de bandas sobre la superficie conformadora de la herramienta 100. El puente 200 puede rotar con respecto a la herramienta en dos sentidos. De ahí, una vez que se ha formado una capa de bandas sobre la superficie conformadora de la herramienta 100 con el puente 200 rotando en un primer sentido con respecto a la herramienta 100, el puente 200 puede revertir su sentido con respecto a la herramienta 100 de modo que el rodillo de compactación 230 puede aplicarse en dos sentidos como se ilustra en las Figuras 3A y 3B. En particular, la Figura 3A ilustra el rodillo de compactación 230 que compacta la capa de bandas 300 en un primer sentido y la Figura 3B ilustra el rodillo de compactación 230 que compacta la capa de bandas 300 en un segundo sentido. Aunque las Figuras 2A, 2B y 2C ilustran el uso del puente 200 que forma un material compuesto sobre una superficie exterior conformadora de la herramienta 100 pueden aplicarse los mismos principios a una superficie conformadora que se forma en la superficie interior de la herramienta 100. De ahí en esta realización (no se muestra), el cabezal conformador 200 conectado al bastidor 202 del puente estaría próximo a la superficie interior de la herramienta 100. Por consiguiente, la presente invención no se limita a superficies conformadoras en el exterior de la herramienta 100.

Haciendo referencia a la Figura 4, se ilustra un diagrama de flujo de formación 400 de una realización. El diagrama de flujo 400 en esta realización comienza produciendo primero una capa de bandas (402). En una realización las

capas de bandas se crean cortando un material alimentado para lograr una orientación deseada de fibra de ángulo. Las secciones cortadas de fibra se empalman luego juntas para formar una capa de bandas que tiene una orientación deseada de ángulo y una longitud deseada. La capa plana de bandas se enrolla típicamente luego en un rodillo de suministro hasta que está preparado para el uso. En una realización la anchura del rodillo de banda se corta con la anchura total de la herramienta. De ahí, en esta realización las bandas son continuas desde orilla de reborde a orilla de reborde. Luego, se prepara (404) la herramienta 100. En una realización la herramienta se prepara aplicando un revestimiento de liberación que permite a la pieza compuesta formada ser extraída de la herramienta 100. Luego, se aplica una banda impregnada de piel en unas zonas deseadas de la superficie conformadora de la herramienta 100 en una realización (406). En una realización, la herramienta se calienta para aumentar la adhesión de la capa de bandas sobre la herramienta 100. Las capas de bandas se aplican entonces a la superficie conformadora con el cabezal conformador 220, una capa de bandas cada vez (408). En una realización, el material se enrolla continuamente alrededor de la herramienta. En una realización el cabezal conformador 220 aplica cada capa de bandas en un estrato equilibrado, simétrico, cuasi-isotrópico. Además, el cabezal conformador 220 aplica y forma simultáneamente las capas de bandas sobre la superficie conformadora de la herramienta 100. En una realización, las capas de bandas se aplican a mano y el cabezal conformador 220 forma las capas. Las capas de bandas se compactan individualmente con los rodillos del cabezal conformador (410). En una realización, los extremos de banda se superponen circunferencialmente entre sí unos 25,4 milímetros. En una realización se aplica una banda de piel a los rincones y los rebordes en la cara exterior de laminados para controlar la riqueza de resina (412). Luego, en (414) se aplica un proceso de ensacado. Además en una realización, se utiliza un reforzador de rincón en por lo menos un rincón (416). La pieza ensacada se cura luego en una autoclave con un calor y presión seleccionados (418). Una vez se ha curado la pieza, la estructura compuesta formada se extrae de la herramienta (410). La pieza final se saca entonces del saco y se recorta (420). En una realización, el puente 200 se utiliza en el proceso de recorte.

Las Figuras 5A y 5B ilustran una estructura compuesta formada 500 y 501 creada con una herramienta similar a la herramienta 100 (descrita antes) o la herramienta 600 (descrita más adelante). Como se ilustra en estos ejemplos, las estructuras compuestas 500 y 501 son generalmente circulares (anulares) con una estructura compuesta 500 que tiene una geometría en sección transversal con forma de C y la estructura compuesta 501 que tiene una geometría en sección transversal con forma de Z. Aunque las Figuras 2A, 2B y 2C ilustran un cabezal conformador 220 conectado a un puente 200 que rota con respecto a la herramienta 100 en otras realizaciones el cabezal conformador es estacionario y se mueve la herramienta. Por ejemplo, haciendo referencia a la Figura 6A, se ilustra un cabezal conformador 604 sobre una base 602 de cabezal conformador. En esta realización, la base 602 de cabezal conformador incluye una placa 654 de base que se acopla con una superficie sobre la que descansa la base 602 de cabezal conformador. Conectada a la placa 654 de base hay una pista 640 de cable y unos miembros alargados 652a y 652b. Un primer soporte 601 de base de la base 602 se acopla de manera deslizante a la placa 654 de base. En particular, unas guías (o deslizaderas) 650 acopladas con el primer soporte 601 de base de la base 602 de cabezal conformador se acoplan de manera deslizante a los miembros alargados 652a y 652b para controlar el movimiento del soporte 601 de base con respecto a la placa 654 de base de la base 602. La pista 640 de cable se utiliza para mover el primer soporte 601 de base con respecto a la placa 654 de base de la base 602. Este movimiento permite al cabezal conformador 604 moverse acercándose y alejándose de una herramienta como se menciona aún más en adelante.

En esta realización el primer soporte 601 de base se acopla a un segundo soporte 603 de base de la base 602 de cabezal conformador. El segundo soporte 603 de base se acopla a su vez con el cabezal conformador 604. En esta realización el cabezal conformador 604 tiene forma generalmente de C. En esta realización, el cabezal conformador 604 incluye unos miembros alargados curvos 632a, 632b, 632c y 632d de bastidor. Acopladas entre los miembros 632a, 632b, 632c y 632d de bastidor hay unas placas de conexión 630a, 630b, 630c, 630d, 630e y 630f. Las escuadras 628 se acoplan selectivamente a las placas de conexión 603a, 630b, 630c, 630d, 630e y 630f. Los cuerpos 624 de cilindro de aire (de cilindros de aire) se acoplan a las escuadras 628 en unas ubicaciones seleccionadas. De ahí, con esta disposición puede lograrse la colocación de los rodillos 620 y 622 en unas ubicaciones específicas. Las varillas 626 (de los cilindros de aire) se extienden selectivamente afuera de cada respectivo cuerpo 624 de cilindro de aire para acoplar los respectivos rodillos conformadores 620 y 622 con la superficie conformadora de la herramienta. En particular, los cuerpos 624 de cilindro de aire ejercen una fuerza seleccionada en las capas de bandas con los respectivos rodillos conformadores 620 y 622 para formar las capas de bandas sobre la superficie conformadora de la herramienta. Un ejemplo de fuerza ejercida es de 45,4 kg (100 libras). En una realización, una vez que se ha completado la conformación de las capas de banda, las varillas 626 se retraen luego en sus respectivos cuerpos 624 de cilindro de aire.

Haciendo referencia a la Figura 6B se muestra una ilustración de cabezal conformador 604, un conjunto 660 de manejo de herramienta y un conjunto 608 de suministro de material de una realización. El conjunto 660 de manejo de herramienta incluye una base 662 de sujeción de herramienta sobre la que se extiende un soporte 661 de conexión de herramienta. Un miembro 664 de conexión de herramienta se acopla rotacionalmente al soporte 661 de conexión de herramienta. Un motor (no se muestra) hace rotar el miembro 664 de conexión de herramienta con respecto al soporte 661 de sujeción de herramienta del conjunto 660 de sujeción de herramienta con una velocidad angular seleccionada. El conjunto 608 de suministro de material sostiene rotacionalmente un rollo de material 610 que es colocado en una herramienta por un operario 612 en esta realización. Un ejemplo de una herramienta 600 se ilustra

en la Figura 6C. La herramienta 600 se monta en el miembro 664 de conexión de herramienta del conjunto 660 de sujeción de herramienta ilustrado en la Figura 6D. La Figura 6D ilustra la aplicación y conformación del material sobre la herramienta 600 en esta realización. Como se ilustra, la herramienta 600 rota sobre el conjunto 660 de sujeción de herramienta a medida que el operario 612 aplica el material (capa de bandas) a la herramienta 600. El cabezal conformador 604 que incluye los rodillos conformadores 620 y 622 forma la capa de bandas sobre la herramienta 600. Una vez que se han formado las capas de bandas, el cabezal conformador 604 es echa para atrás desde la herramienta 600 por medio de las deslizaderas 650. La herramienta 100 con la capa formada de bandas 610 puede retirarse entonces para el curado. La Figura 6E ilustra un diagrama de bloques de un sistema de control 680 utilizado para hacer funcionar el aparato de conformación de compuesto como se ilustra en la Figura 6D. Como se ilustra, un controlador 682 recibe el aporte de un operario tal como, pero no limitado a, cuántas revoluciones deben hacerse con la herramienta 600 antes de parar y la velocidad angular de la herramienta 600 durante las revoluciones. En respuesta a los aportes del operario, el controlador 682 controla el motor 684 para conseguir las prestaciones deseadas. El controlador 682 en esta realización también controla un elemento calentador 686 utilizado para calentar las fibras de banda y/o la herramienta para ayudar a la adhesión de la banda sobre la herramienta. El elemento calentador 686 puede ser cualquier tipo de elemento calentador incluido, pero no limitados a, un elemento calentador de convección, un elemento calentador de infrarrojos y un elemento calentador de conducción. El controlador 682 en esta realización también está en comunicación con un control de accionamiento 688. El control de accionamiento 688 se acopla para controlar cada uno de los dispositivos de accionamiento 624 mencionados antes. De ahí, el controlador 682 en respuesta a un aporte de operario dirige el control de accionamiento 688 para mover por consiguiente los cilindros de aire 626 de los respectivos dispositivos de accionamiento 624.

Como se ha mencionado antes, las realizaciones de la presente invención utilizan un cabezal conformador. Otro ejemplo de un cabezal conformador que incluye un alimentador automático de banda (dispositivo dispensador 724) puede encontrarse en la patente de EE.UU. comúnmente cedida n°. 7.513.769 (Benson et al), presentada el 30 de julio de 2004, titulada "Apparatus and Methods for Forming Composite Stiffeners and Reinforcing Structures" que en esta memoria se incorpora por referencia. Una descripción de un cabezal conformador se muestra en el diagrama esquemático de la figura 7. En particular, la Figura 7 proporciona un ejemplo de un dispositivo 724 dispensador de material y el cabezal conformador 726. Desde un rodillo de suministro y tensión 742 se alimenta un material 740 (p. ej., una capa de bandas o tela pre-impregnada) y sobre un rodillo de desvío 744 motivado por un par de rodillos de alimentación 746. El material 740 pasa más allá de un dispositivo de corte 748 que puede utilizarse para cortar el material a una longitud o anchura especificadas o a ambas como se ha descrito antes en esta memoria con respecto a otras realizaciones de la presente invención. El material 740 se dispone luego sobre una parte de una herramienta 706A mediante un rodillo de adhesión 750.

Cabe señalar que el rodillo de adhesión 750 (y los subsiguientes rodillos que encuentra el material 740) se muestra en una primera vista en alzado con una segunda vista rotada en alzado representada inmediatamente por debajo para proporcionar una comprensión adicional de cómo se conforma el material 740 por la interacción de diversos rodillos con el material 740 y la herramienta subyacente 706A.

El cabezal conformador 726 incluye una pluralidad de rodillos 728A-728D utilizados para conformar y desguesar el material 740 dispuesto sobre la herramienta 706A (o sobre bandas de material conformadas anteriormente dispuestas sobre la herramienta 706A). De este modo, por ejemplo, un primer rodillo 728A se acopla a la herramienta 706A para adaptar generalmente el material 740 a la forma de la herramienta 706A. En segundo lugar, puede utilizarse un grupo de rodillos 728B para presionar el material contra las paredes laterales 754 de la herramienta 706A. Si se desea, esto puede conseguirse con múltiples grupos de rodillos 728B que trabajan desde la parte superior de la herramienta 706A a la parte inferior como se representa en las vistas giradas de alzado de los rodillos 728B. Otro grupo de rodillos 728C puede utilizarse para presionar el material 740 hacia los rincones interiores 756 de la herramienta 706A. Puede utilizarse un enjugador 758 (o zapata) para ayudar a tirar de las arrugas del material en una o más ubicaciones intermedias entre los rodillos 728A-728D. Por último puede utilizarse un grupo de rodillos 728D para presionar y formar los miembros de reborde de la estructura compuesta 702.

Cabe señalar que el proceso de formar la estructura compuesta 702 incluye formar, conformar y desguesar el material 740 de dentro afuera. Es decir, el rodillo de adhesión 750 aplica presión a la herramienta 706A y al material 740 dispuesto sobre la misma en el centro, cada uno de los rodillos subsiguientes 728A-728D aplica presión secuencialmente en una ubicación aún más hacia las orillas exteriores del material 740. Se ha determinado que este tipo de proceso es eficiente y efectivo para quitar arrugas y vacíos de aire entre bandas laminares de material, produciendo de ese modo un miembro compuesto sumamente consolidado y desguesado.

Un rodillo receptor 760 puede asociarse con el cabezal conformador 726 (o acoplarse independientemente con el conjunto de carro 710) para recoger el material portador 762 (también denominado como respaldo) que puede disponerse en una superficie de, por ejemplo, un material pre-impregnado que se utiliza para formar la estructura compuesta 702. El material portador 762, que puede incluir un material de polímero adecuado, no sólo mantiene el material pre-impregnado para evitar que se adhiera a sí mismo cuando está en forma enrollada (es decir, tal como cuando está sobre el rodillo de suministro y tensión 742) sino que también puede permanecer en el material 740 mientras el material 740 se está conformando, formando y desguesando de modo que los diversos rodillos 750 y 728A-728D no se pegan al material 740 ni recogen o acumulan la resina de una superficie del mismo.

Adicionalmente, la presencia de tal material portador 762 puede servir para proteger el material 740 utilizado para formar una estructura compuesta 702 cuando los diversos rodillos 728 aprietan y rozan contra el material 740 durante la formación de la estructura compuesta 702.

- 5 Aunque en esta memoria se han ilustrado y descrito unas realizaciones específicas, los expertos en la técnica apreciarán que cualquier disposición, que se calcule para lograr la misma finalidad, puede sustituir a la realización específica mostrada. Esta solicitud está pensada para abarcar cualquier adaptación o variación de la presente invención. Por lo tanto, se pretende manifiestamente que esta invención esté limitada sólo por las reivindicaciones y los equivalentes de las mismas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para formar una estructura compuesta anular (500, 501, 702), el método comprende:  
hacer rotar una herramienta anular (600);  
5 aplicar capas continuas de bandas (300) por lo menos una banda cada vez en una superficie conformadora de la herramienta anular (600) que tiene una geometría seleccionada en sección transversal; y  
conformar la capa de bandas (300) sobre la herramienta anular de circunferencia completa (600),  
en donde la conformación se hace con un cabezal conformador (604) montado sobre una base (602),  
el cabezal conformador (604) comprende unos miembros curvos (632a, 632b, 632c y 632b) de bastidor,  
10 la forma del cabezal conformador (604) tiene una configuración generalmente con forma de C que coincide con un contorno de la herramienta anular, el cabezal conformador (604) incluye además unas placas de conexión (630a, 630b, 630c, 630d, 630e y 630f) acopladas a los miembros curvos (632a, 632b, 632c y 632b) de bastidor, unas escuadras (628) montadas selectivamente en las placas de conexión (630a, 630b, 630c, 630d, 630e y 630f) para colocar una pluralidad de cuerpos (624) de cilindro de aire en relación con la herramienta, los cuerpos (624) de cilindro de aire ejercen una fuerza seleccionada sobre las capas de bandas (300) con una pluralidad de rodillos (620 y 622), y  
15 la base (602) comprende una placa (654) de base y un soporte de base (601) acoplado de manera deslizante a la placa (654) de base para permitir un movimiento del soporte (601) de base con respecto a la placa (654) de base para permitir un movimiento del cabezal conformador (604) acercándose y alejándose de la herramienta anular (600).
- 20 2. El método de la reivindicación 1, que comprende además:  
compactar la capa de bandas (300) sobre la herramienta (600).
3. El método de la reivindicación 1, en donde el cabezal conformador (604) incluye por lo menos un rodillo adaptado a una superficie de la herramienta (600).
4. El método de la reivindicación 1, en donde el cabezal conformador (604) incluye por lo menos un enjugador (758) para suavizar por lo menos una capa de bandas.
- 25 5. El método de la reivindicación 1, que comprende además:  
producir un rollo de banda que tiene una orientación seleccionada.
6. El método de la reivindicación 1, que comprende además uno entre aplicar las capas de bandas (300) a mano a la superficie conformadora de la herramienta (600) y aplicar automáticamente las capas de bandas (300) a la superficie conformadora de la herramienta (600) con el cabezal conformador (604).
- 30 7. El método de la reivindicación 1, que comprende además:  
preparar la herramienta (600) con un revestimiento de liberación para permitir la extracción de la estructura compuesta.
8. El método de la reivindicación 1, que comprende además:  
35 mover el cabezal conformador (604) con respeto a la herramienta (600) al conformar las capas de bandas (300).
9. El método de la reivindicación 1, que comprende además:  
mover la herramienta (600) con respeto al cabezal conformador (604) al conformar las capas de bandas (300).
10. El método de la reivindicación 1, que comprende además:  
superponer circunferencialmente los extremos de las capas de bandas (300).
- 40 11. El método de la reivindicación 1, que comprende además:  
enrollar continuamente más de una capa de bandas sobre la superficie conformadora de una herramienta anular de circunferencia completa (600).
12. El método de la reivindicación 1, que comprende además:

aplicar un proceso de ensacar;

aplicar calor y presión con un autoclave para curar las capas de bandas (300);

extraer de la herramienta (600) la estructura compuesta formada (500, 501, 702); y

sacar del saco y recortar la estructura compuesta (500, 501, 702) después del curado.

- 5 13. El método de la reivindicación 1, en donde las capas de bandas (300) se forman de uno entre material de fibra pre-impregnada y material de fibra seca.
14. El método de la reivindicación 13, en donde el material es por lo menos uno de cinta, tela tejida, tela no tejida y tela no ondulada.
15. El método de la reivindicación 1, que comprende además:
- 10 ensamblar juntas por lo menos dos estructuras compuestas formadas (500, 501, 702) para formar una geometría de sección transversal deseada.
16. Un aparato para formar estructuras compuestas anulares (500, 501, 702), el aparato comprende:  
una herramienta anular (600) que tiene una superficie conformadora con una geometría de sección transversal seleccionada y
- 15 un cabezal conformador (604) montado en una base (602) configurada para formar capas continuas de bandas (300) una banda cada vez circunferencialmente alrededor de la superficie conformadora de la herramienta (600), el cabezal conformador (604) incluye unos miembros curvados de bastidor (632a, 632b, 632c y 632b) que forman el cabezal conformador con una configuración con forma generalmente de C que coincide con un contorno de la herramienta con forma anular (600), caracterizado porque
- 20 el cabezal conformador (604) incluye además unas placas de conexión (630a, 630b, 630c, 630d, 630e y 630f) acopladas a los miembros curvos (632a, 632b, 632c y 632b) de bastidor, unas escuadras (628) montadas selectivamente en las placas de conexión (630a, 630b, 630c, 630d, 630e y 630f) para colocar una pluralidad de cuerpos (624) de cilindro de aire en relación con la herramienta, los cuerpos (624) de cilindro de aire ejercen una fuerza seleccionada sobre las capas de bandas (300) con una pluralidad de rodillos (620 y 622), y
- 25 la base (602) comprende además una placa (654) de base y un soporte (601) de base acoplado de manera deslizante a la placa (654) de base para permitir un movimiento del soporte (601) de base con respecto a la placa (654) de base para permitir un movimiento del cabezal conformador (604) acercándose y alejándose de la herramienta anular (600).
- 30 17. El aparato de la reivindicación 16, en donde la herramienta (600) se configura para rotar con respecto a la herramienta conformadora (604).
18. El aparato de la reivindicación 16, en donde el cabezal conformador (604) se configura para rotar con respecto a la herramienta (600).
19. El aparato de la reivindicación 16, que comprende además:  
un conjunto (660) de sujeción de herramienta configurado para sostener rotacionalmente la herramienta (600); y
- 35 un motor (684) configurado para hacer rotar la herramienta (600) alrededor del conjunto (660) de sujeción de herramienta.
20. El aparato de la reivindicación 16, que comprende además:  
un conjunto (608) de suministro de material configurado para sostener un rollo de banda que se va a colocar sobre la herramienta (600).
- 40 21. El aparato de la reivindicación 16, que comprende además:  
un controlador (682) para controlar la rotación de la herramienta (600) sobre el conjunto (660) de sujeción de herramienta.
22. El aparato de la reivindicación 16, que comprende además:  
una base de cabezal conformador configurada para sostener y colocar el cabezal conformador (604) con respecto a
- 45 la superficie conformadora de la herramienta (600).
23. El aparato de la reivindicación 16, que comprende además;

un conjunto (660) de sujeción de herramienta configurado para sostener rotacionalmente la herramienta (600) con una orientación vertical;

un motor (684) configurado para hacer rotar la herramienta (600) alrededor del conjunto (660) de sujeción de herramienta;

- 5 una base de cabezal conformador configurada para sostener y colocar el cabezal conformador (604) con respecto al conjunto (660) de sujeción de herramienta; y

un conjunto (608) de suministro de material configurado para sostener un rollo de banda que se va a colocar sobre la herramienta (600).

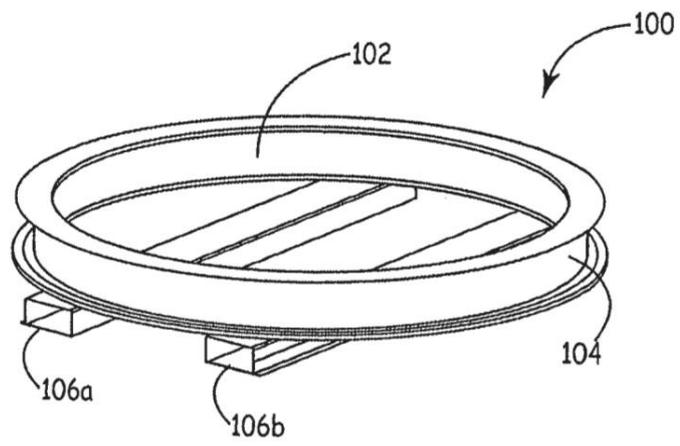


FIG. 1A

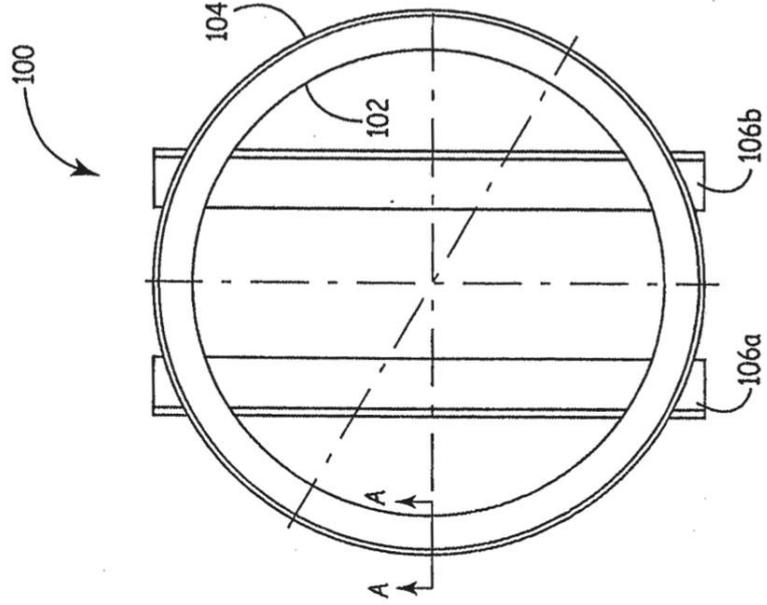


FIG. 1C

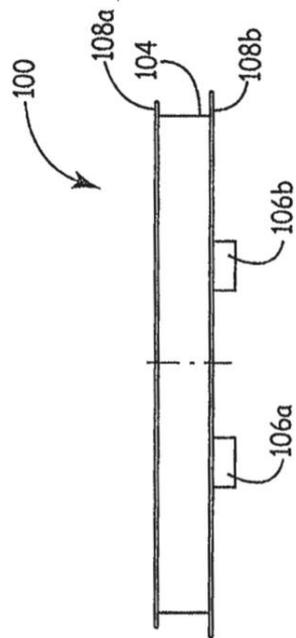


FIG. 1B

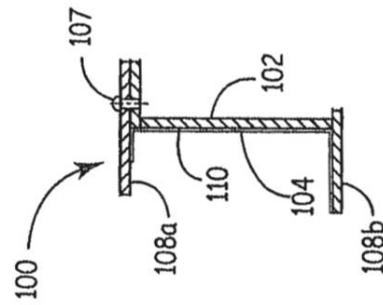
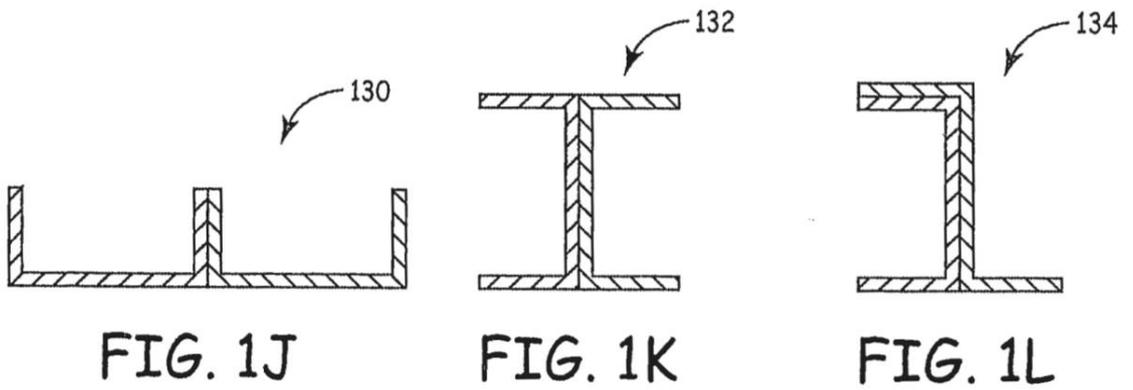
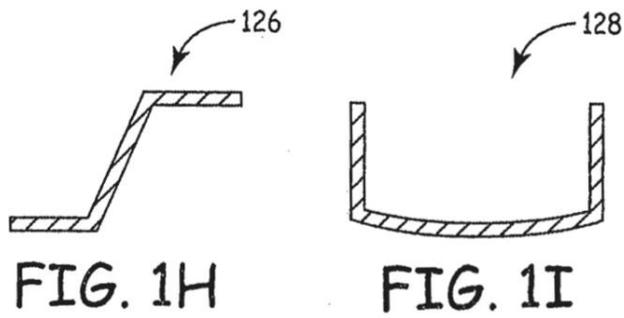
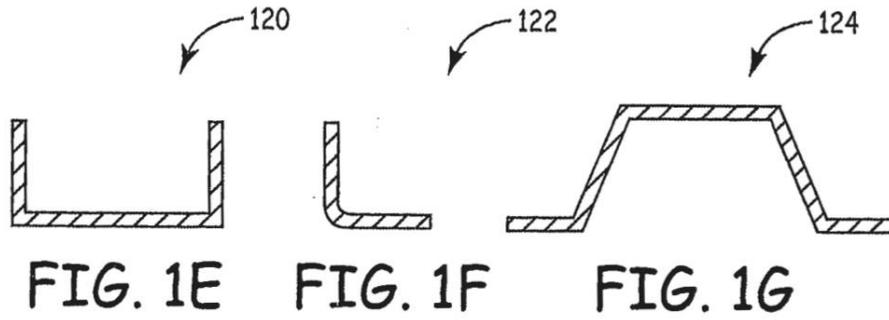


FIG. 1D



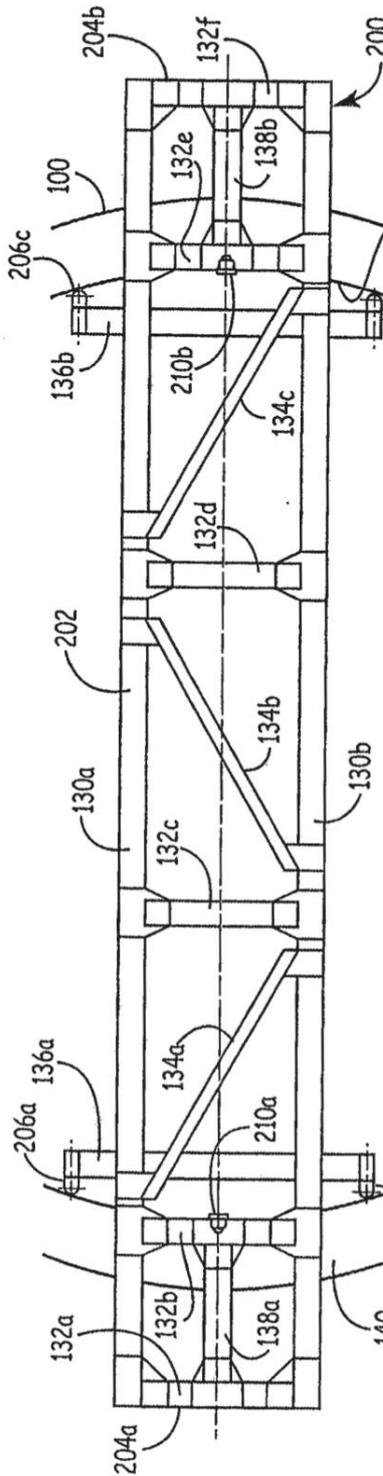


FIG. 2A

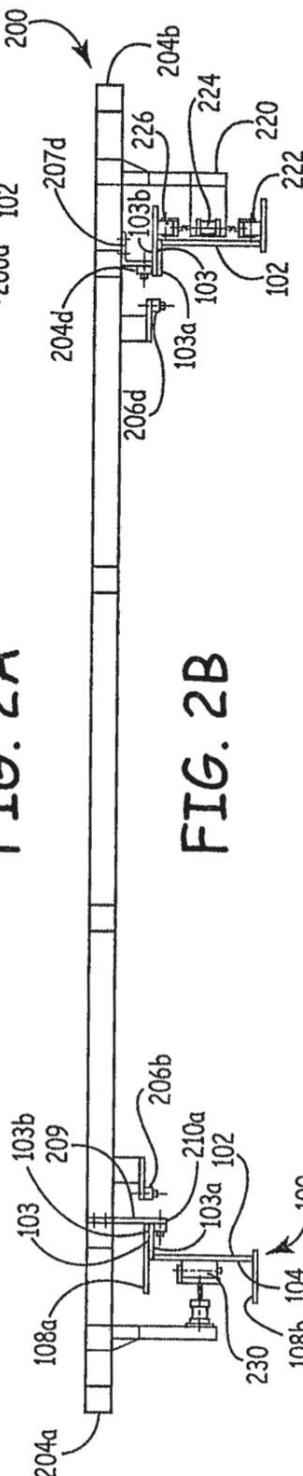


FIG. 2B

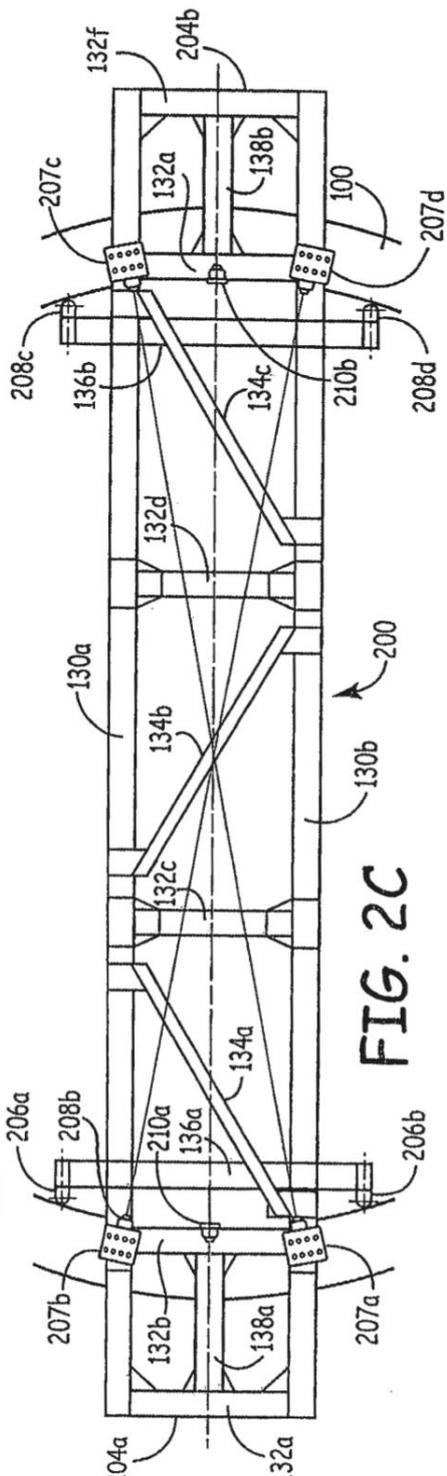


FIG. 2C

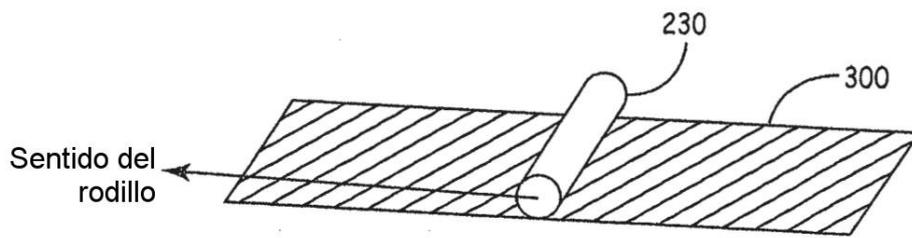


FIG. 3A

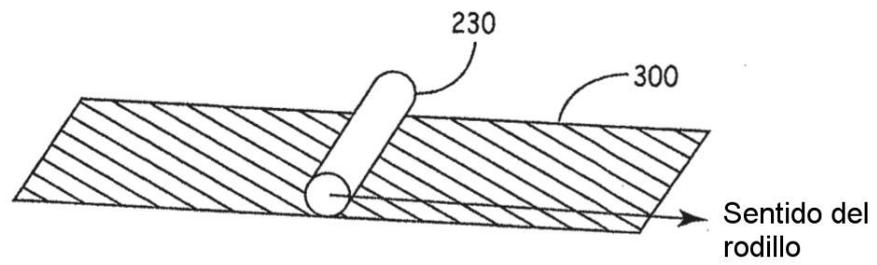


FIG. 3B

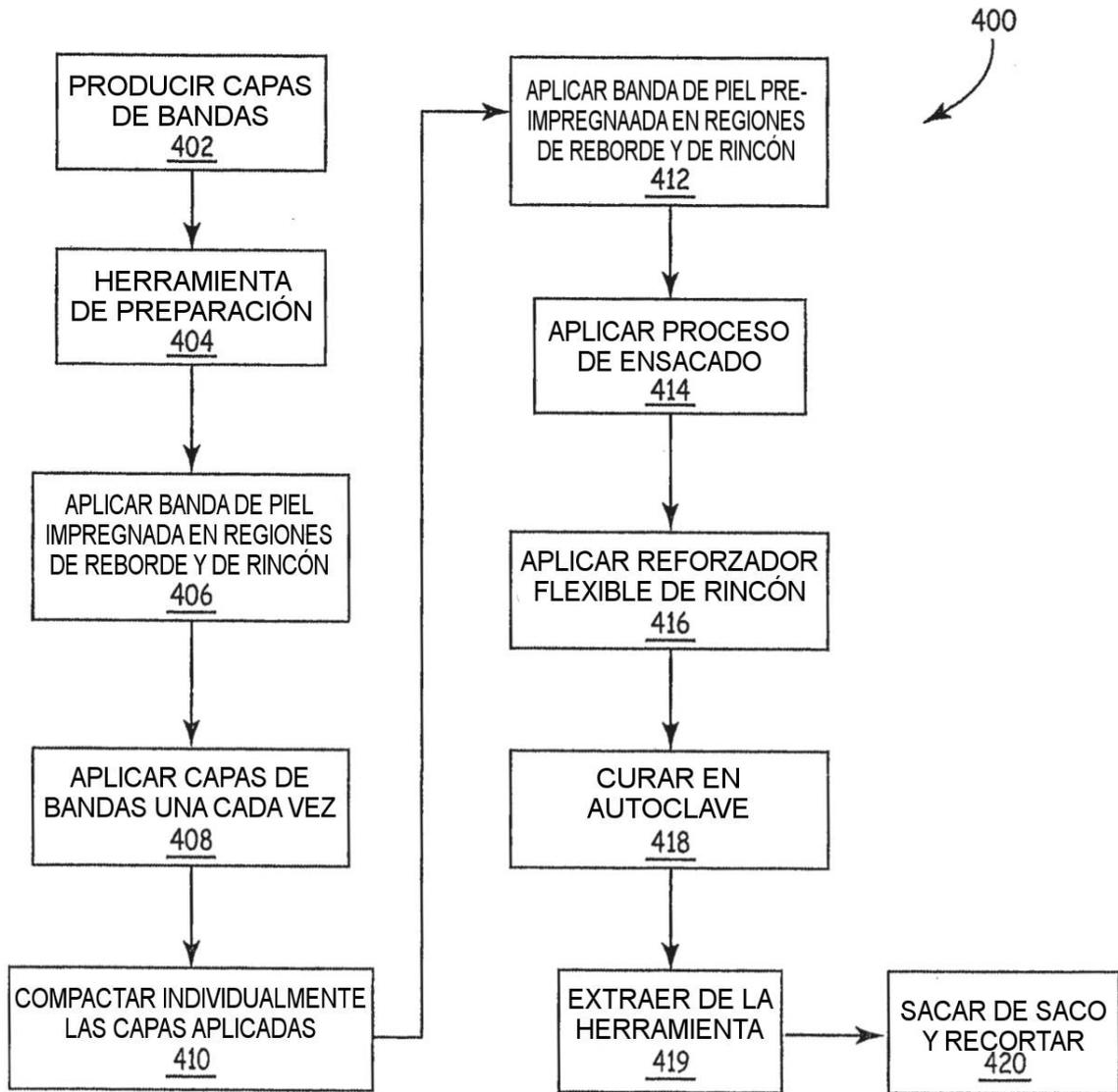


FIG. 4

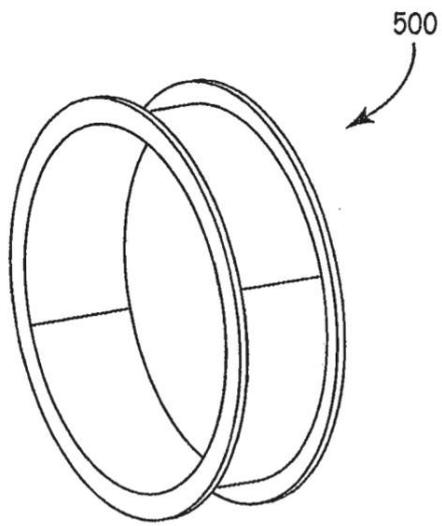


FIG. 5A

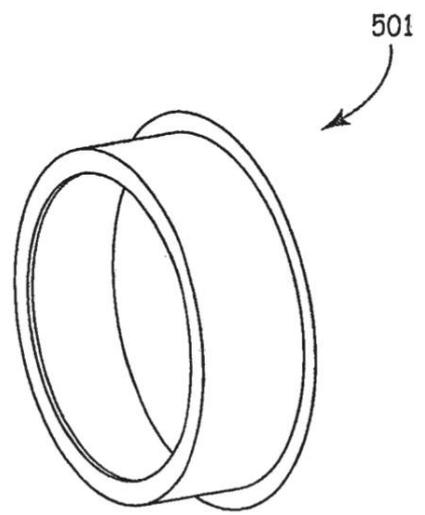


FIG. 5B

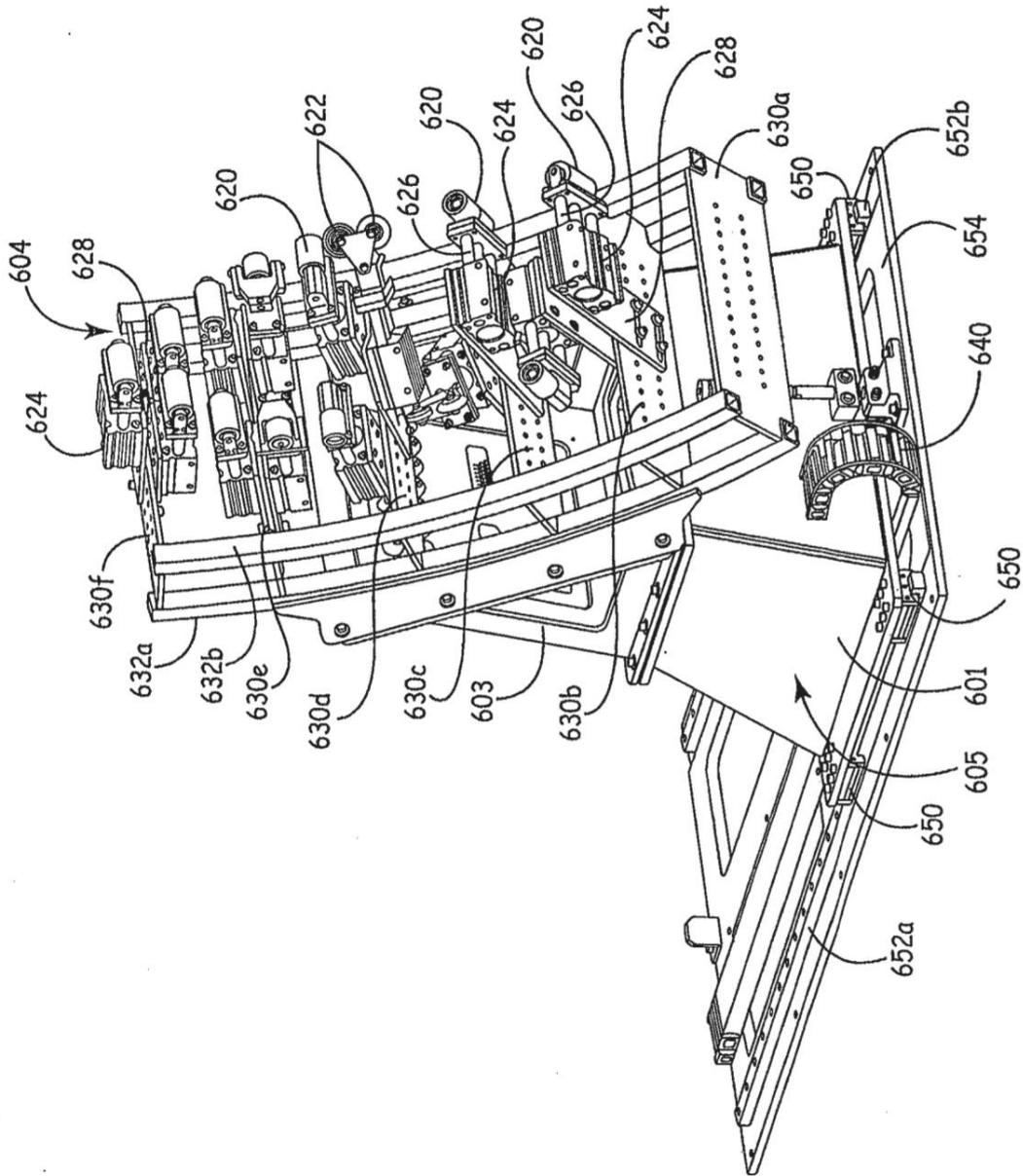


FIG. 6A

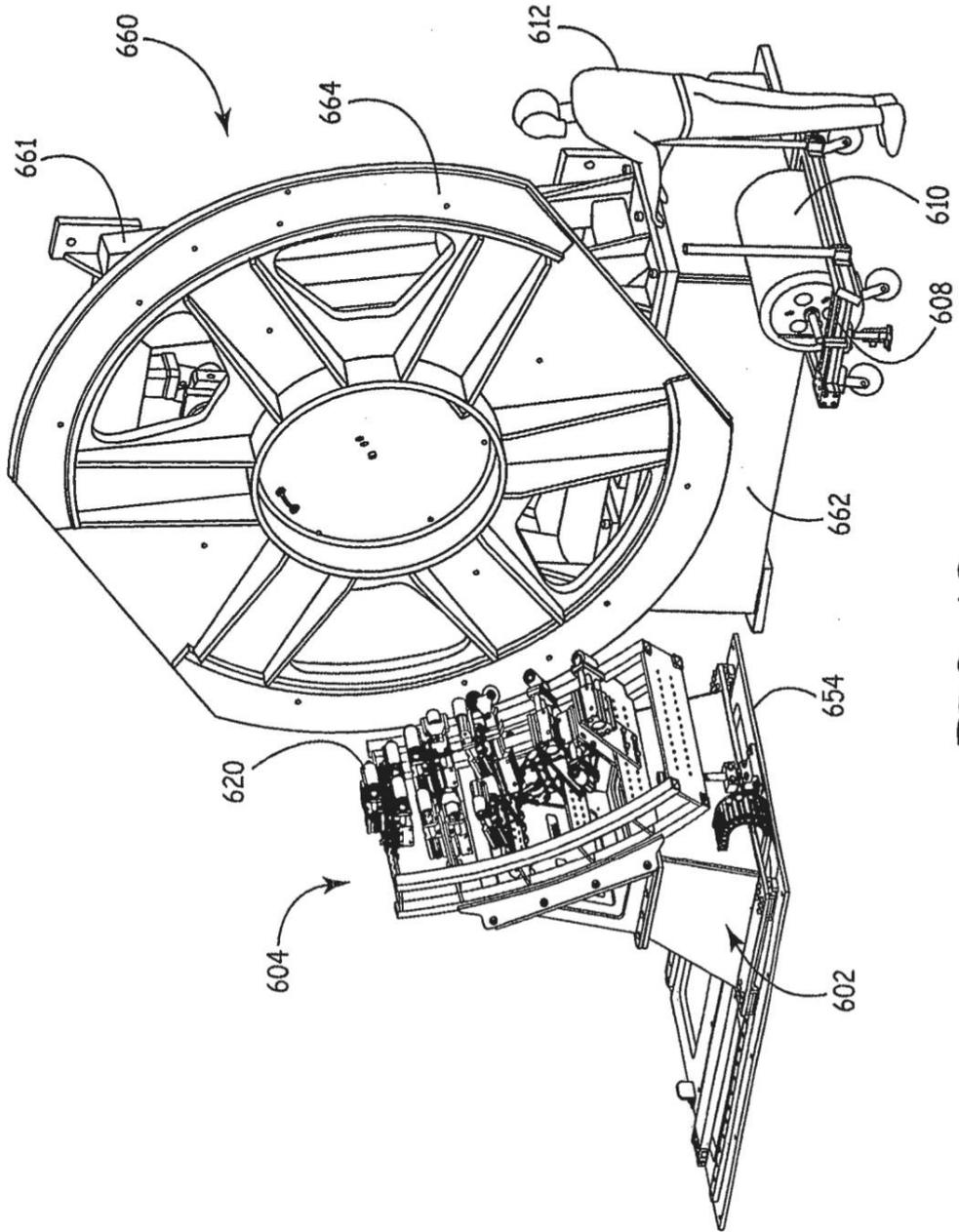


FIG. 6B

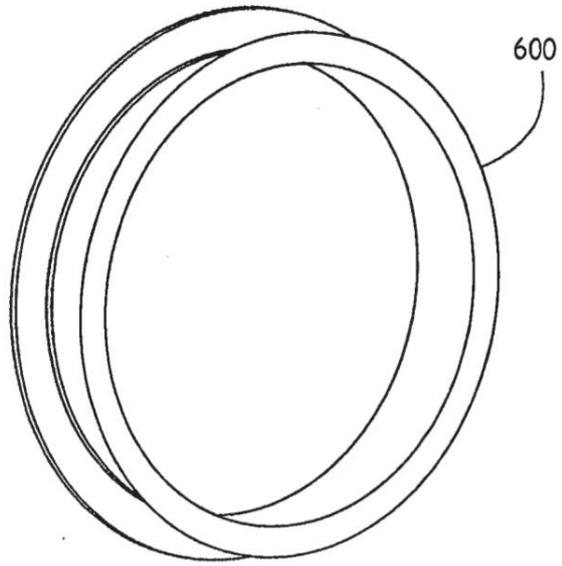
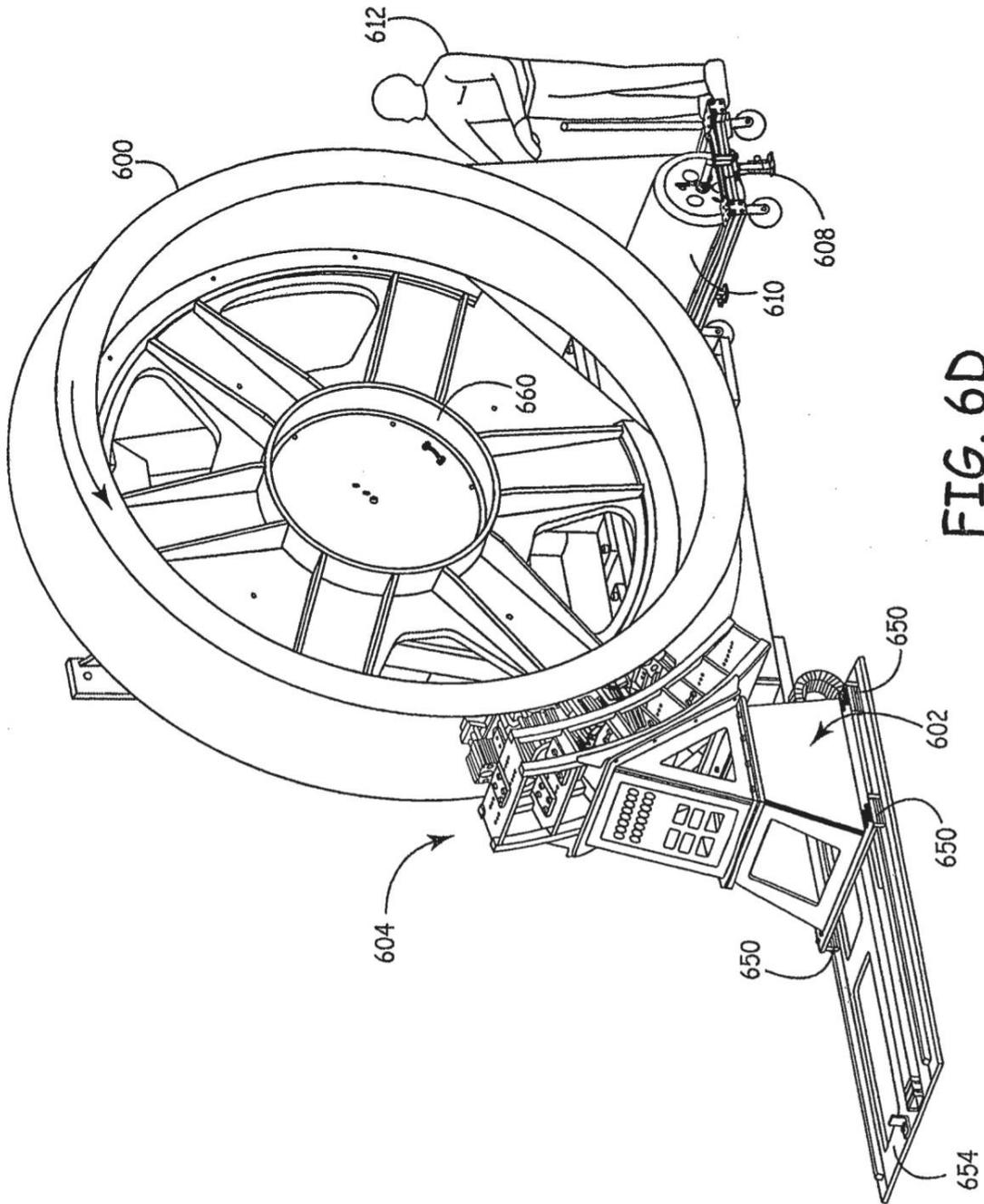


FIG. 6C



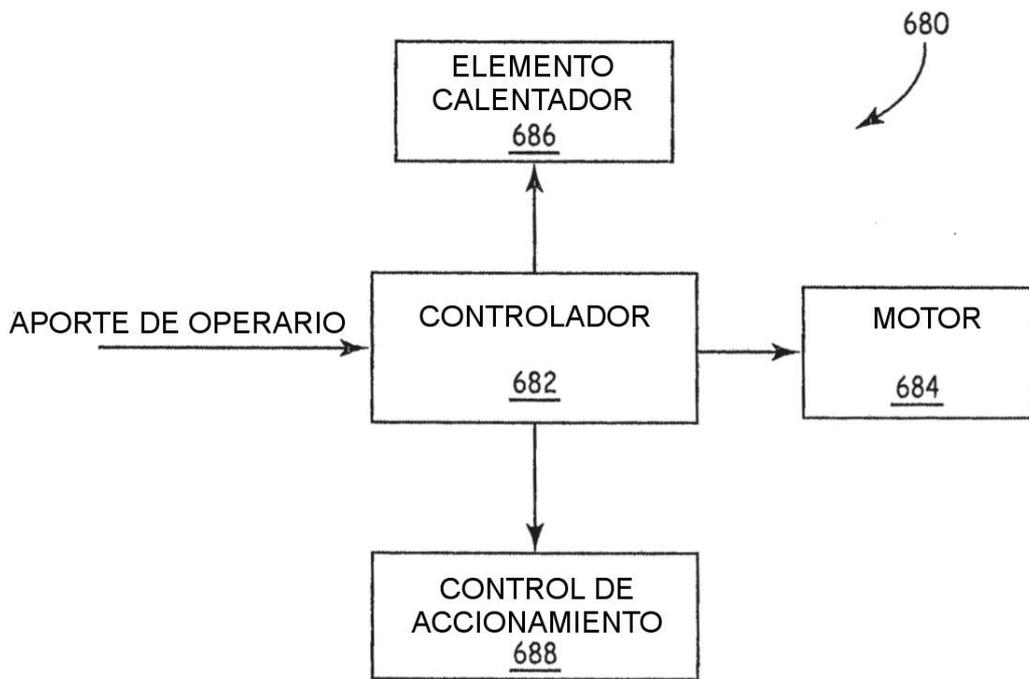


FIG. 6E

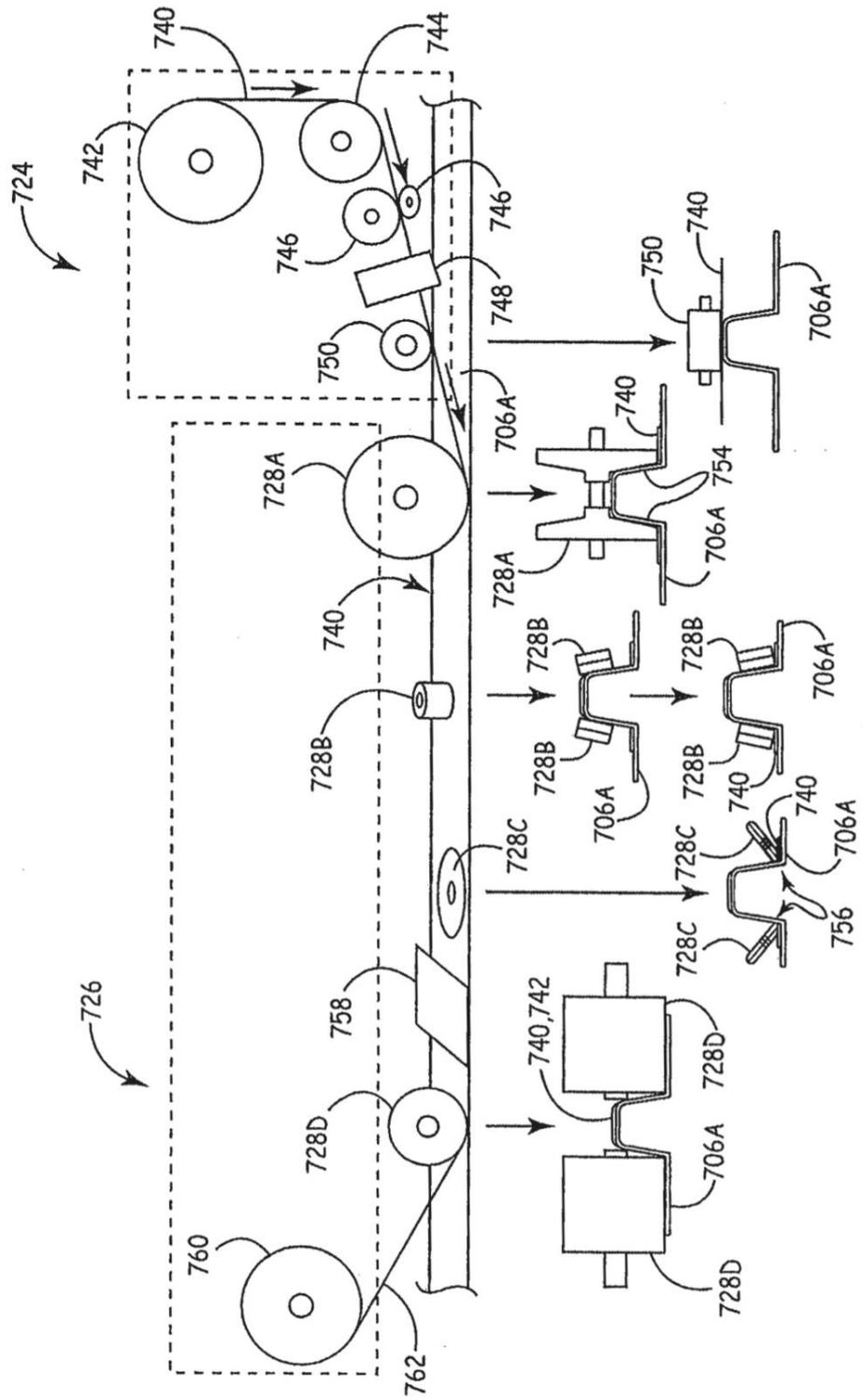


FIG. 7