

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 640 912**

51 Int. Cl.:

B29C 70/50 (2006.01)

B29C 70/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.07.2004 PCT/US2004/024960**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.02.2005 WO05011961**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.07.2004 E 04779887 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.06.2017 EP 1648687**

54 Título: **Aparato y métodos para formar rigidizadores y estructuras de refuerzo de material compuesto**

30 Prioridad:

01.08.2003 US 633025

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

07.11.2017

73 Titular/es:

**ORBITAL ATK, INC. (100.0%)
45101 Warp Drive
Dulles, VA 20166, US**

72 Inventor/es:

**BENSON, VERNON, M.;
SLACK, JASON;
ROSEVEAR, TODD;
HARVEY, JAMES, L.;
ROMAN, MARK y
OLSCHEWSKI, TIMOTHY**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 640 912 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

Aparato y métodos para formar rigidizadores y estructuras de refuerzo de material compuesto

5 CAMPO TÉCNICO

5 Campo de la Invención: La presente invención se refiere generalmente al formado de estructuras de material compuesto y, más particularmente, al formado de los rigidizadores u otros elementos de refuerzo asociados a tales estructuras de material compuesto que incluyen elementos de refuerzo que presentan geometrías alargadas arqueadas o curvadas.

ANTECEDENTES

15 En la fabricación de estructuras de material compuesto, los elementos estructurales con frecuencia se fijan a una piel para proporcionar refuerzo a la piel. Tales elementos estructurales pueden incluir, por ejemplo, nervios, largueros o marcos configurados para fijarse a la piel de las estructuras de material compuesto. Tales elementos estructurales también pueden incluir sustancialmente elementos rigidizadores alargados denominados con frecuencia como reforzadores o rigidizadores. Los reforzadores o rigidizadores pueden formarse para presentar diversas geometrías transversales que incluyen configuraciones tales como vigas en I, formas de C (algunas veces denominadas como formas de U o canales), formas de J, formas de Z, formas de L o ángulos, formas de omega o lo que se denomina con frecuencia como una forma de sombrero o un canal de sombrero. Un rigidizador o reforzador que presenta una geometría de sección transversal o perfil de un sombrero incluye esencialmente un elemento de tapa que tiene un par de elementos de alma, un elemento de alma que se extiende a partir de cada extremo del elemento de tapa a un ángulo definido con respecto al mismo y un par de elementos de brida con un elemento de brida que se extiende a partir de cada elemento de alma a un ángulo definido con relación al elemento de alma asociado. En la geometría de sección transversal de algunos rigidizadores de sombrero, los elementos de brida pueden configurarse para ser sustancialmente paralelos con el elemento de tapa.

30 Un método actual para formar rigidizadores de sombrero de material compuesto, así como rigidizadores que presentan otras geometrías transversales, incluye poner chapas de material compuesto a mano, una a la vez, sobre un molde, matriz u otra herramienta similar para formar una estructura laminada. Al poner cada dos a tres chapas, la estructura laminada necesita compactarse o que se reduzca su volumen. Esto se alcanza convencionalmente por reducción de volumen al vacío, en donde una bolsa de vacío se coloca sobre la estructura laminada y se aplica un vacío a la estructura por medio de la bolsa. Con frecuencia, puede aplicarse calor para ayudar en el proceso de reducción de volumen y en un intento de compactar adicionalmente la estructura laminada. Cada reducción de volumen al vacío realizada en la estructura laminada representa un proceso que demanda tiempo. En el formado de la estructura laminada, puede ser necesario que haya lugar a múltiples compactaciones al vacío en la construcción de capas para formar la estructura laminada. Sin embargo, incluso con la realización de múltiples reducciones de volumen al vacío en una estructura laminada dada, la estructura laminada aún puede presentar indeseablemente una cantidad significativa de volumen.

40 Una vez que se han posicionado todas las chapas y la estructura laminada se ha formado inicialmente (incluyendo el proceso de someter la estructura laminada a procesos de reducción de volumen al vacío), la estructura laminada puede curarse y subsiguientemente fijarse a una estructura de piel, tal como con adhesivo o puede cocurarse (curado simultáneamente) con la estructura de piel, uniendo de este modo los dos componentes juntos. El curado de la estructura laminada convencionalmente se logra colocando la estructura laminada en un molde de curado y sometiéndola a una alta presión y alta temperatura, tal como en un autoclave o ambiente similar.

50 Cuando las estructuras laminadas se colocan en un molde de curado, debido a que presentan una cantidad sustancial de volumen, algunas veces no encajan apropiadamente dentro del molde. Además, mientras cualquier volumen restante presentado por la estructura laminada tiende a ser expulsado durante el proceso de curado, tal como en un autoclave, se permite que haya un pequeño, si es que existe, deslizamiento entre las chapas de la estructura laminada y, como resultado, con frecuencia ocurrirá un cruzamiento de chapa y arrugado de chapa dentro de la estructura laminada curada o parcialmente curada.

55 Aunque es posible obtener estructuras con características de bajo volumen sometiendo las estructuras a múltiples reducciones de volumen en caliente a presión de autoclave, es un proceso que consume mucho tiempo y es muy caro. Adicionalmente, tal proceso puede acortar la vida de trabajo de la estructura laminada debido al sometimiento repetido de la misma a altas temperaturas. Además, tal proceso de envejecimiento puede dificultar la capacidad de la estructura laminada para cocurarse con una piel coincidente u otra estructura.

60 Además de los problemas de obtención de una estructura de bajo volumen, el proceso convencional de formación de estructuras de refuerzo de material compuesto a mano tiene otras limitaciones. Por ejemplo, el método para formar estructuras de refuerzo alargadas a mano posee dificultades para obtener formas que, además de que presentan una geometría de sección transversal deseada, también presentan curvas a lo largo de un eje longitudinal o torsión alrededor del eje longitudinal de la estructura. Tales características son difíciles de alcanzar, en parte, debido a que es difícil manipular las chapas a mano para conformarlas en tales curvas y/o torsiones sin introducir

arrugas adicionales u ondas en la estructura laminada que se está formando. Además, la manipulación de chapas a mano es un proceso extremadamente demorado e intensivamente laborioso, aumentando de ese modo el coste de fabricar tales partes.

5 Se han hecho varios intentos para proporcionar un proceso que proporcione estructuras de refuerzo alargadas sin las diversas limitaciones que se presentan por el proceso convencional de poner chapas de material compuesto individuales a mano. Por ejemplo, la pultrusión es un proceso que se ha usado para formar materiales de plástico, incluyendo materiales compuestos plásticos reforzados con fibra en estructuras que presentan una geometría de sección transversal o perfil deseados. Un ejemplo de tal proceso de pultrusión se establece en la Patente de EE.UU. n° 5.026.447 expedida para O'Connor. O'Connor enseña la tracción de un cuerpo alargado de material termoplástico reforzado a través de una pluralidad de troqueles. Los troqueles se hacen funcionar de forma independiente entre ellos de, modo tal que puede seleccionarse cualquier combinación de los troqueles para impartir una geometría de sección transversal a una porción del cuerpo alargado. El proceso de O'Connor supuestamente permite la fabricación de un elemento termoplástico alargado que puede presentar diversas geometrías transversales a lo largo de la longitud de los mismos. Sin embargo, como reconocerán aquellos expertos en la técnica, hay diversas limitaciones asociadas al proceso de pultrusión.

Por ejemplo, la pultrusión se asocia convencionalmente a materiales que utilizan una resina termoplástica. El uso de resinas termoendurecibles puede provocar una acumulación de material en los troqueles y provocar ineficiencias considerables en el formado de la forma de sección transversal deseada del elemento pultrusionado. Adicionalmente, con frecuencia es difícil obtener una orientación de fibra en el elemento resultante que varíe significativamente del eje longitudinal del elemento formado (es decir, a lo largo de la dirección en la que el elemento se hala a través del troquel o troqueles). Además, debido a que el proceso envuelve el formado del elemento halando una pluralidad de fibras a través de un troquel y después enfriar el elemento hasta que la resina se resolidifica sustancialmente, tal proceso generalmente sólo es eficaz para formar elementos rectos o lineales de secciones transversales sustancialmente constantes y puede no ser eficaz para formar elementos que presentan un cambio sustancial en el área de sección transversal o que presenta secciones sustancialmente no lineales a lo largo de la longitud de los mismos. También cabe destacar que los troqueles usados en pultrusión generalmente son caros de fabricar y se requieren numerosos troqueles si se desea producir elementos alargados de más de una geometría de sección transversal.

Otros procesos para formar elementos termoplásticos alargados incluyen, por ejemplo, la Patente de EE.UU. n° 5.891.379 expedida para Bhattacharyya et al., y la Patente de EE.UU. n° 5.182.060 expedida para Berecz. Bhattacharyya describe un proceso de formación de material plástico reforzado con fibra en una forma deseada que incluye calentar el material a una temperatura sobre la temperatura de fusión de la resina termoplástica o material de la matriz. El material calentado se enfría por debajo de la temperatura de fusión pero se mantiene aún a una temperatura que está por encima de la temperatura de recristalización del material termoplástico y después pasa a través de una pluralidad de troqueles de formado de rollos para producir una forma deseada. El material modelado después se enfría adicionalmente, de modo tal que el material plástico reforzado con fibra retendrá la forma impuesta al mismo por los troqueles de formación de rollos. Berecz describe un proceso de formación continua de una forma de material compuesto termoplástico que incluye el calentamiento de cinta unidireccional o tela de tejido, pasando el material calentado a través de un conjunto de rodillos y después a través de un troquel de metal coincidente que actúa como un punzón recíproco rápidamente para formar la forma final.

Mientras que los procesos enseñados por Bhattacharyya y Berecz parecen permitir un control mejorado de la orientación de fibra en la parte resultante sobre un proceso de pultrusión convencional, los procesos descritos parecen ser limitados para el uso de materiales que comprenden resinas termoplásticas que incluyen someter los materiales a temperaturas a o por encima de temperaturas de fusión de la resina antes de formar las geometrías transversales deseadas. Como apreciarán aquellos expertos en la técnica, el uso de resinas termoplásticas proporciona una flexibilidad considerable al ser capaz de fundirse o fundirse sustancialmente, la resina y subsiguientemente el recalentamiento de la resina para remodelar/retrabajar el elemento y/o para adherir el elemento a otra estructura por medio del contacto de la otra estructura con el material de resina fundida o sustancialmente fundida.

Sin embargo, tal proceso no es susceptible a la formación de elementos estructurales o de refuerzo que comprenden materiales termoendurecibles, ya que si la resina termoendurecible se calienta por encima de una temperatura especificada para permitir que la resina fluya fácilmente y de ese modo ayude en el formado del material compuesto en una geometría de sección transversal especificada, la resina termoendurecible se reticulará y se curará. Una vez que el elemento de refuerzo se cura, no será posible realizar ningún retrabajo subsiguiente del elemento. El elemento tampoco será capaz de unirse a otra estructura a través de cocurado.

Por ejemplo, la Patente de EE.UU. n° 5.043.128 de Umeda describe un proceso de formación de un elemento de material compuesto alargado que utiliza una resina termoendurecible que incluye suministrar una pluralidad de hojas de fibra de carbono preimpregnadas de material a través de un par de rodillos modeladores y en un dispositivo de formado por calentamiento y prensado. El dispositivo de formado por calentamiento y prensado incluye un troquel de calentamiento y un punzón de presión configurados para encajar el troquel de calentamiento. Las hojas de material

se detienen temporalmente dentro del dispositivo de formado por calentamiento y prensado y se presionan mediante el punzón contra el troquel de calentamiento. Las hojas de material, de ese modo, se prensan y se calientan simultáneamente resultando en el termoendurecimiento o curado de las hojas de material en la forma deseada. Como se observó anteriormente, un proceso de formación de un elemento estructural que incluye el curado de una resina termoendurecible evita cualquier retrabajo subsiguiente del elemento y/o cualquier cocurado del elemento estructural con, por ejemplo, una piel de material compuesto u otro elemento estructural. De ese modo, para formar un elemento estructural que presenta una geometría de sección transversal deseada de un material compuesto que comprende una resina termoendurecible que no está totalmente curado, aún se utilizan métodos tales como el descrito anteriormente en el que múltiples chapas se ponen a mano encima de una matriz o molde.

En vista de las deficiencias en la técnica, sería ventajoso proporcionar un aparato y un método para formar elementos estructurales o de refuerzo alargados de un material que comprende una resina termoendurecible que permite que el elemento presente una geometría de sección transversal deseada sin curar totalmente el elemento.

El documento US 6 432 236 B1 describe un método para fabricar una estructura de material compuesto reforzado con fibra en el que se monta una pila de chapas de material termoendurecible reforzado con fibra; una bocina ultrasónica se encaja con una superficie superior de la chapa más superior orientada en un ángulo agudo con respecto a la superficie superior y energizada para inducir una onda de cizallamiento en las chapas para calentar las chapas.

El documento US 5 954 917 A describe un proceso y aparato para formar elementos estructurales a partir de capas de material compuesto no curado. El aparato comprende una primera estación que tiene al menos un módulo dispensador de cinta, una segunda estación en donde capas de cinta que han sido depositadas en una herramienta se tratan al vacío para eliminar aire atrapado entre capas de la cinta y un sistema de seguimiento que permite el movimiento de la herramienta entre las primera y segunda estaciones, así como una estación de almacenamiento de herramienta. El proceso de construcción de los elementos estructurales comprende dispensar cinta de cada uno de los módulos en la primera estación sobre una herramienta, después eliminar aire atrapado entre las capas de cinta depositada, después dispensar capas adicionales de cinta, después eliminar aire atrapado, etc., hasta que se alcanza la configuración de cinta deseada. Hasta que tal construcción del elemento estructural sea curado, se almacena en estantes en la estación de almacenamiento de herramienta.

El documento US 4.867.774 describe un proceso y un aparato para formar elementos estructurales que usan rodillos.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Los problemas anteriormente mencionados se resuelven según la invención por un método y un aparato para formar elementos estructurales de material compuesto alargados como se define en las reivindicaciones 1 y 19. Las realizaciones ventajosas se definen en las reivindicaciones dependientes.

En conformidad con un aspecto de la invención, se proporciona un método para formar un elemento estructural de material compuesto alargado. El método incluye proporcionar una matriz sustancialmente alargada que tiene una superficie externa que presenta una geometría deseada. Una primera chapa de material reforzado con fibra preimpregnada se pone sobre la matriz y se aplica una fuerza a la primera chapa para establecer una cantidad deseada de tensión dentro de la primera chapa. La primera chapa se presiona sobre la matriz de manera conforme, tal como pasando al menos un rodillo sobre la matriz y la primera chapa. Los rodillos se configuran para ser al menos parcialmente complementarios en forma con la matriz.

Aún en conformidad con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato para formar elementos estructurales de material compuesto alargados. El aparato incluye una mesa configurada para girar alrededor de un eje definido. Al menos una matriz se monta sobre la mesa y presenta una geometría sustancialmente alargada que incluye al menos una porción arqueada. Se dispone un montaje de soporte móvil adyacente a la mesa y al menos un rodillo, que presenta una geometría configurada para al menos encajar de forma parcialmente complementaria la por lo menos una matriz a medida que se enrolla sobre el mismo, acoplado al montaje de soporte móvil. Al menos un dispositivo dispensador de material se configura para dispensar al menos una chapa de material sobre la por lo menos una matriz. Al menos un mecanismo de aplicación de fuerza se ubica y se configura para aplicar una fuerza deseada a la por lo menos una chapa de material e inducir una cantidad deseada de tensión en el mismo mientras el material está sobre la por lo menos una matriz y mientras los rodillos pasan sobre la por lo menos una chapa dispuesta sobre la por lo menos una matriz.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Las ventajas precedentes de la invención y otras se volverán evidentes al leer la siguiente descripción detallada y con referencia a los dibujos en los que:

La FIGURA 1 es una vista en perspectiva de un aparato para formar elementos de material compuesto alargados, en conformidad con una realización de la invención;

La FIGURA 2 es una vista en perspectiva de una porción del aparato de la FIGURA 1, en conformidad con

una realización de la presente invención;

Las FIGURAS 3A-3D muestran vistas en sección transversal parciales del aparato de la FIGURA 1 durante diversas etapas de formación de un elemento alargado con el mismo;

La FIGURA 4 es una vista en perspectiva de una porción del aparato de la FIGURA 1, en conformidad con otra realización de la presente invención;

La FIGURA 5 es una vista en perspectiva de otro aparato para formar elementos de material compuesto alargados, en conformidad con otra realización de la presente invención;

La FIGURA 6 es una vista en perspectiva de otro aparato para formar elementos de material compuesto alargados, en conformidad con otra realización más de la presente invención;

La FIGURA 7 es una vista en perspectiva ampliada de una porción del aparato que se muestra en la FIGURA 6;

Las FIGURAS 8A y 8B muestran vistas en sección transversal de elementos de refuerzo alargados formados en conformidad con diversos aspectos de la presente invención y en diversas etapas de fabricación;

La FIGURA 9 es una vista en perspectiva de un aparato para formar elementos de material compuesto alargados, en conformidad con una realización adicional de la presente invención;

La FIGURA 10 es una vista en perspectiva de un aparato para formar elementos de material compuesto alargados, en conformidad todavía con una realización adicional de la presente invención;

La FIGURA 11 es un esquema que muestra el uso de un controlador con el un aparato para formar elementos de material compuesto alargados, en conformidad con una realización de la presente invención;

La FIGURA 12A es una vista en perspectiva de una matriz usada para formar un elemento de material compuesto alargado, en conformidad con una realización de la presente invención;

La FIGURA 12B es una vista lateral en sección transversal parcial de la matriz que se muestra en la FIGURA 12A durante el formado de un elemento de material compuesto alargado en conformidad con una realización de la presente invención; y

Las FIGURAS 13A-13E son vistas en sección transversal de configuraciones geométricas ejemplares que pueden formarse en conformidad con la presente invención;

Las FIGURAS 14A y 14B muestran una vista en planta y una vista en alzado respectivamente de un sistema y aparato para formar elementos de material compuesto alargados, todavía en conformidad con otra realización de la presente invención;

La FIGURA 15A muestra un esquema de un proceso ejemplar realizado por el sistema y aparato que se muestra en las FIGURAS 14A y 14B; Las FIGURAS 15B-15D muestran detalles de diversos componentes del aparato que se muestra en las FIGURAS 14A, 14B y 15A;

Las FIGURAS 16A y 16B muestran dispositivos dispensadores de material que pueden usarse conjuntamente con varias realizaciones de la presente invención;

Las FIGURAS 17A y 17B muestran vistas en perspectiva de elementos alargados ejemplares formados usando los sistemas y aparatos que se muestran y se describen con respecto a las FIGURAS 14A, 14B, 16A y 16B;

La FIGURA 18 muestra una vista en planta parcial ampliada del aparato que se muestra en la FIGURA 14A; Las FIGURAS

19A y 19B muestran una vista en planta y una vista en alzado, respectivamente, de un sistema y aparato para formar elementos de material compuesto alargados todavía en conformidad con una realización adicional de la presente invención;

La FIGURA 20 es una vista en sección transversal de un elemento alargado formado en conformidad con un proceso de la presente invención.

MEJOR(ES) MODO(S) PARA REALIZAR LA INVENCION

Con referencia a la FIGURA 1, se muestra un aparato 100 para formar elementos estructurales o de refuerzo alargados 102 (denominados en la presente memoria por simplicidad como elementos alargados), tales como rigidizadores o reforzadores, que usan materiales compuestos que incluyen, por ejemplo, materiales reforzados con fibra de carbono y resinas termoendurecibles. El aparato incluye una base 104 que tiene una porción de la misma configurada como un elemento de moldeo, tal como una matriz 106. Un montaje de soporte móvil 108 que incluye un marco 110, se acopla de forma móvil a la base 104 tal como, por ejemplo, con rodillos o deslizaderas 112 posicionados dentro de elementos de seguimiento 114 correspondientes. Los rodillos o deslizaderas 112 en conjunto con los elementos de seguimiento 114 permiten que el montaje de soporte móvil 108 se mueva a lo largo de un eje 115 definido longitudinalmente con relación a la base 104 en el formado del elemento alargado 102, como se describirá en mayor detalle a continuación en la presente memoria.

El montaje de soporte móvil 108 incluye adicionalmente un elemento rodante 116, también denominado en la presente memoria como un rodillo, configurado para ser al menos parcialmente complementario con y posicionado sobre la matriz 106. El rodillo 116 puede acoplarse de forma extraíble al montaje de soporte móvil de modo tal que otros rodillos pueden intercambiarse entre ellos en diversas etapas del formado del elemento alargado 102 o para formar elementos alargados con geometrías transversales que difieren. El rodillo 116 puede acoplarse al montaje de soporte móvil 108 a modo de un elemento de rodamiento 118 adecuado permitiendo que el rodillo 116 gire o rueda cuando se encaja con la base 104 y cuando el montaje de soporte móvil 108 se mueve con relación al mismo. El rodillo 116 puede formarse de, o revestirse con, por ejemplo, un material elastómero, tal como, por ejemplo, politetrafluoretileno (PTFE), con el propósito de conformar el rodillo a la superficie, y distribuir más uniformemente

fuerzas sobre los materiales laminados dispuestos sobre la matriz 106 y que se usan para formar el elemento alargado 102 a medida que el rodillo 116 sobre el mismo.

El marco 110 del montaje de soporte móvil 108 puede configurarse deseablemente de modo tal que el rodillo 116 sustancialmente se desplaza o se ajusta verticalmente con relación a la base 104. Por ejemplo, una porción del marco 110, tal como un elemento transversal 120, puede ser desplazable verticalmente con relación a la porción principal del marco 110. El montaje de soporte móvil 108 también se configura para ejercer una fuerza generalmente hacia abajo sobre la base 104 y, de ese modo, sobre el elemento alargado 102 por medio del rodillo 116. Diversos mecanismos pueden usarse para ejercer tal fuerza. Por ejemplo, como se ilustra en la FIGURA 1, uno o más pesos 122 pueden acoplarse al montaje de soporte móvil 108 y, más particularmente, al elemento transversal 120, de modo tal que los pesos ejercen una fuerza hacia abajo a través del rodillo 116 que se acopla a tales elementos transversales 120. En otra realización, un actuador, tal como un cilíndrico hidráulico o neumático, puede acoplarse al marco 110 y configurarse para ejercer una fuerza sustancialmente hacia abajo sobre el elemento transversal 120 o sobre algún otro componente, de modo tal que se puede aplicar una presión por el rodillo 116 a la matriz 106.

El montaje de soporte móvil 108 también puede incluir un aparato de calentamiento 123 configurado para calentar una porción del elemento alargado 102 antes de que el rodillo 116 pase por encima. El aparato de calentamiento 123 puede incluir, por ejemplo, un calentador resistivo con un soplador asociado, un calentador por infrarrojos, un dispositivo de calentamiento ultrasónico, un dispositivo de calentamiento por láser, un calentador por haz de electrones u otro dispositivo de calentamiento apropiado. En una realización, el dispositivo de calentamiento 123 puede configurarse y ubicarse para calentar la matriz 106, el rodillo 116 o ambos. En otra realización, el dispositivo de calentamiento 124 puede ser configurado y orientado para calentar una porción del elemento alargado 102 y, más particularmente, una porción de una o más hojas de material compuesto puestas sobre la matriz 106 para formar el elemento alargado resultante 102, como se discutirá en mayor detalle a continuación. Tal dispositivo de calentamiento 123 puede ser particularmente útil para formar elementos alargados de materiales preimpregnados o "prepreg". Tales materiales prepreg pueden incluir una cinta unidireccional o material de tela impregnado con una resina en una forma de etapa-B (no curado). La aplicación de calor a tales materiales prepreg puede permitir que las hojas de material se conformen más fácilmente a la forma de la matriz 106 y, de manera más importante, ayuda a efectuar la consolidación de la estructura laminar, incluyendo múltiples superposiciones hojas de material a medida que tal estructura se forma sobre la matriz 106.

Cabe destacar que la aplicación de calor podría usarse para curar el elemento alargado 102 tras el formado de los mismos (algunas veces denominado como "cura sobre la marcha"). Sin embargo, la presente invención también contempla la capacidad de formar un elemento alargado 102 que sustancialmente está sin curar. En otras palabras, la presente invención incluye formar elementos alargados que no están significativamente curados más allá de la etapa-B de un material preimpregnado convencional (algunas veces denominados también como formación de estructuras o elementos "verdes"). La capacidad de formar componentes no curados proporciona una flexibilidad sustancial en el formado y fabricación de una estructura de material compuesto que incluye la capacidad de cocurar los elementos alargados con una correspondiente piel de material compuesto, como es deseable a menudo.

Un dispositivo de enfriamiento 124 también puede acoplarse al montaje de soporte móvil 108 para enfriar el elemento alargado 102, el rodillo 116, o alguna otra herramienta o componente asociado con el aparato 100. El dispositivo de enfriamiento 124 puede incluir, por ejemplo, un enfriador de vórtice, un sistema para circular un fluido refrigerante a través de una porción interna del rodillo 116, un refrigerador criogénico o un sistema de fase múltiple que utiliza un condensador y evaporador.

Con referencia ahora a la FIGURA 2 y a las FIGURAS 3A-3D en conjunto con la FIGURA 1, se ilustra el formado de un elemento alargado 102. En la FIGURA 2, se muestran la base 104 y matriz sin el montaje de soporte móvil 108, con el propósito de claridad y conveniencia. La FIGURA 2 también muestra una pluralidad de rodillos 116A-116D que encajan el elemento alargado 102 y la matriz 106 asociada en al menos una forma parcialmente complementaria. Cabe destacar que si se usa el aparato 100 particular que se muestra y se describe con respecto a la FIGURA 1, cada rodillo 116A-116D puede acoplarse individualmente y selectivamente al montaje de soporte móvil 108 y encajarse con el elemento alargado 102 y matriz 106. En otras palabras, un primer rodillo 116A puede utilizarse primero con el montaje de soporte móvil 108 y después extraerse y reemplazarse con un segundo rodillo 116B. Los rodillos 116A-116D pueden intercambiarse secuencialmente y progresivamente para efectuar etapas intermedias de formación sobre el elemento alargado 102.

Por ejemplo, en el formado de un elemento alargado 102, pueden posicionarse chapas de material (por ejemplo, material preimpregnado) sobre la matriz 106, y unas sobre otras, de una manera laminar. El primer rodillo 116A puede acoplarse después al montaje de soporte móvil 108, configurado para encajar la matriz 106 y rodar a lo largo de la base 104 para formar una estructura intermedia 102A o una estructura que presenta una geometría de sección transversal intermedia, tomada sustancialmente transversal a la longitud de la misma, tal como que se muestra en la FIGURA 3A. El primer rodillo 116A puede extraerse después del montaje de soporte móvil 108 y el segundo rodillo 116B puede acoplarse con el mismo. El segundo rodillo 116A encaja la matriz 106 y, a medida que el montaje de soporte móvil 108 se mueve con relación a la base 104, aplica una presión de rodadura a la primera estructura intermedia 102A para efectuar el formado de una segunda estructura intermedia 102B, tal como la que se muestra

en la FIGURA 3B. Similarmente, el tercer rodillo 116C puede usarse para formar una tercera estructura intermedia 102C y el cuarto rodillo 116D puede usarse para formar la estructura final 102D o la estructura que presenta la geometría de sección transversal final deseada tomada sustancialmente transversal a la longitud del elemento alargado.

5 En una realización, el formado del elemento alargado 102 puede realizarse sobre una base chapa-por-chapa. En otras palabras, el formado del elemento alargado 102 puede ser efectuado al modelar una primera chapa a la geometría de sección transversal deseada (por ejemplo, al aplicar la chapa a la matriz 106 y pasar los rodillos 116A-116D sobre las mismas), aplicando una segunda chapa de material y modelando la segunda chapa de material a la geometría de sección transversal deseada y en conformidad con la primera chapa modelada. La acción de modelar la segunda o cualquier chapa subsiguiente a través de uso de los rodillos 116A-116D también sirve para consolidar las chapas y reducir el volumen de la estructura alargada 102. De ese modo, el modelado y reducción de volumen de la estructura alargada ocurre sustancialmente como un proceso continuo e interrelacionado.

15 En otra realización se colocan múltiples chapas sobre la matriz 106 y se modelan a una geometría de sección transversal deseada simultáneamente mientras también se consolida y se reduce el volumen. De ese modo, por ejemplo, dos o tres chapas de material pueden colocarse sobre la matriz 106 y modelarse y consolidarse mediante los rodillos 116A- 116D, seguido por la colocación de dos o tres chapas más de material sobre las chapas modeladas y el subsiguiente modelado de las mismas por los rodillos 116A-116D.

20 El uso de múltiples rodillos 116A-116D en el formado secuencial de estructuras intermedias 102A -102C y, finalmente, la estructura final 102D, permite la manipulación del material (por ejemplo, las chapas prepeg) mientras impone una cantidad relativamente reducida de esfuerzo a la misma que si el elemento alargado se formara en una sola operación o una única pasada de un rodillo individual. Quizá de manera más importante, las múltiples capas de, por ejemplo, material preimpregnado usado para formar el elemento alargado sustancialmente llegan a consolidarse y reducir su volumen durante el formado de las estructuras intermedias 102A-102C.

25 Cabe destacar que pueden usarse más o menos rodillos en el formado de los elementos alargados dependiendo de, por ejemplo, el tipo de material que se usa, el número de chapas o capas de material que se usan para formar el elemento alargado 102, el número de chapas que se modelan durante una operación dada y/o la forma de sección transversal deseada del elemento alargado resultante 102. Similarmente, el cambio incremental en el tamaño de rodillo puede ajustarse dependiendo de parámetros similares.

30 También cabe destacar que, en el formado de estructuras intermedias, los rodillos 116A-116D son progresivos en sus respectivas geometrías. En otras palabras, el primer rodillo 116A solo encaja parcialmente la matriz y el material puesto sobre el mismo, en el que las secciones externas 125A sólo se extienden parcialmente hacia abajo de las paredes laterales 127 de la matriz 106 complementaria. El segundo rodillo 116B, aunque también encaja solo parcialmente la matriz 106, lo hace más que el primer rodillo 116A. Similarmente, el tercer rodillo 116C se configura para encajar de forma más completa la matriz 106 de lo que lo hace el segundo rodillo 116B. Finalmente, el cuarto rodillo 116D se configura para encajar totalmente de forma sustancial la matriz 106, de modo tal que sus secciones externas 125D se extienden totalmente hacia abajo de las paredes laterales 127 de la matriz 106.

35 La realización que se muestra y se describe con respecto a las FIGURAS 1, 2 y 3A-3C incluye una matriz macho 106 y rodillos 116A-116D que presentan una geometría hembra complementaria. Sin embargo, en otra realización, tal como que se muestra en la FIGURA 4, puede utilizarse una matriz hembra 106' con una pluralidad de rodillos macho 116A'-116D' complementarios en el que los rodillos 116A'-116D' presan el material compuesto en la matriz 106' para formar el elemento alargado 102. Al igual que con la realización anteriormente descrita, los rodillos 116A'-116C' pueden usarse secuencialmente y progresivamente para formar estructuras intermedias con el cuarto o último rodillo 116D', que se usa para imponer la geometría de sección transversal final al elemento alargado 102 (o a chapas individuales del elemento alargado, como se discutió anteriormente). Uno o más de los rodillos 116A'-116D' pueden incluir lateralmente secciones de diámetro reducido y extendido 126 para ayudar a formar las esquinas superiores 128 y las banderas 130 o porciones que se extienden lateralmente del elemento alargado 102.

40 Con referencia ahora a la FIGURA 5, se muestra un aparato 200 para formar un elemento alargado 202 en conformidad con otra realización de la presente invención. El aparato incluye una base móvil 204 que tiene una pluralidad de matrices 206A-206C. Un montaje de soporte móvil 208 se acopla de forma móvil a un poíno estacionario 210. El montaje de soporte móvil 208 se configura para trasladarse horizontalmente a lo largo del poíno 210, como se indica con la flecha direccional 211. La base 204 también se configura para trasladarse a lo largo de carriles 214 con relación tanto con el poíno 210, como con el montaje de soporte móvil 208. La base 204 puede estimularse a lo largo de los carriles 214 por un mecanismo de accionamiento 215 adecuado, tal como un motor y una caja de engranajes. El movimiento de la base 204 a lo largo de los carriles 214 permite que diversas herramientas (es decir, bases de otras configuraciones) se introduzcan debajo del poíno 210 desde ambos extremos del mismo.

60 Un rodillo 216, configurado para encajar complementariamente una o más de las matrices 206A-206C, puede acoplarse de forma extraíble al montaje de soporte móvil 208 y puede acoplarse a un actuador 217 de modo tal que

el rodillo 216 puede moverse en la dirección sustancialmente vertical, como se indica con la flecha direccional 218. El rodillo 216 también puede configurarse para dar vueltas o girar alrededor de un eje sustancialmente vertical como se indica con la flecha direccional 219. La rotación del rodillo 216 alrededor del eje sustancialmente vertical puede alcanzarse, por ejemplo, permitiendo que el rodillo de vueltas libremente, de modo tal que generalmente sigue la matriz (por ejemplo, 206B) con la que se encaja a medida que el montaje de soporte móvil 208 se mueve en la dirección 211. En otra realización, un actuador puede usarse para estimular el rodillo 216 alrededor del eje sustancialmente vertical como se desee.

Un mecanismo de accionamiento 220 puede configurarse para mover el rodillo 216 y su actuador 217 asociado lateralmente con respecto a la base 208 y el poíno 210, como se indica con la flecha direccional 222. La capacidad de controlar el movimiento del montaje de soporte móvil 208 con relación a la base 204 permite una flexibilidad considerable en el formado de elementos alargados 202. Por ejemplo, el mismo rodillo 216 puede usarse para encajar selectivamente e independientemente cada una de la pluralidad de matrices 206A-206C.

Adicionalmente, los elementos alargados 202 pueden formarse como formas relativamente complejas, no solo con respecto a sus geometrías transversales, sino también con respecto a sus geometrías a lo largo de un eje longitudinal definido. Por ejemplo, la base 204 del presente aparato 200 descrito incluye una primera sección relativamente plana 224, una sección inclinada 226 y una segunda sección relativamente plana 228 con la sección inclinada 226 que se conecta a secciones planas adyacentes 224 y 228 por secciones de transición curvadas 230 y 232. Las matrices 206A- 206C generalmente obedecen al contorno o geometría de la base 208. De ese modo, a medida que el montaje de soporte móvil 208 se traslada longitudinalmente como se indica con la flecha direccional 211, el rodillo 216 debe desplazarse verticalmente como se indica con la flecha direccional 218 para permanecer encajado con una matriz correspondiente (por ejemplo, 208B).

En otras realizaciones, las matrices 206A- 206C se pueden desviar lateralmente con relación a la dirección longitudinal de la base 204 (es decir, en la dirección indicada por la flecha direccional 222). Tales geometrías complejas pueden satisfacerse por la presente invención a través de los diversos grados de libertad ofrecidos por el arreglo mostrado. Cabe destacar que, en una realización, el rodillo 216 puede acoplarse a una muñeca 234 que permite variar el eje sobre el cual gira el rodillo 216. De ese modo, el rodillo puede ser capaz de permanecer en contacto sustancial con una matriz (por ejemplo, 206B), incluso si la matriz 206B presenta una torsión o rotación relativa alrededor de su longitudinal y, por ende, permite el formado de elementos alargados 202 que presentan una torsión similar con relación a sus respectivos ejes longitudinales.

En el formado de elementos alargados 202 con el aparato 200 anteriormente descrito, el rodillo 216 puede operarse de una forma similar a la que se describió anteriormente con respecto a las FIGURAS 1, 2, 3A-3C y 4. En otras palabras, pueden formarse estructuras intermedias usando una pluralidad de rodillos escalonados (por ejemplo, rodillos que cambian progresivamente de forma para encajar progresivamente las matrices 206A-206C asociadas). Adicionalmente, las matrices 206A- 206C pueden ser componentes macho o hembra y los correspondientes rodillos 216 formarse para complementar tales matrices como se necesite o se desee. También, el elemento alargado 202 puede formarse al modelar chapas individuales una a la vez o al modelar una pluralidad de chapas simultáneamente.

Con referencia ahora a la FIGURA 6, se muestra un aparato 300 para formar elementos alargados 302, en conformidad con otra realización de la presente invención. El aparato incluye una base 304 que tiene una pluralidad de matrices 306A-306D montadas o ubicadas sobre la misma. Un poíno 310 posicionable (o montaje de soporte móvil) se acopla de forma móvil a la base 304 y se configura para moverse, por ejemplo, en una dirección longitudinal, como se indica con la flecha direccional 311, con relación a la base 304. A cada matriz 306A-306D se asocia un dispositivo 312A-312D para poner y formar una pluralidad de chapas de material compuesto sobre las mismas. Cada uno de los dispositivos 312A-312D puede incluir un dispositivo dispensador de material automatizado configurado para dispensar, por ejemplo, chapas de tela o material de cinta, y uno o más rodillos para formar las chapas de material compuesto en una geometría de sección transversal deseada.

Tal dispositivo dispensador automatizado puede incluir mecanismos de corte, fijación e inicio, de modo tal que pueden soltarse y añadirse chapas individuales en la marcha conforme se desee o se requiera dependiendo de la configuración del elemento alargado 302 que se está formando. Adicionalmente, un dispositivo dispensador automatizado puede incluir un mecanismo para mantener la tensión sobre la chapa de material a medida que se dispensa sobre una matriz 306A-306D. Puede ser deseable que la aplicación de tensión a la chapa de material evite que se desarrolle cualquier arruga en el material cuando se están formando los elementos alargados 302. En una realización ejemplificativa, puede aplicarse una fuerza de aproximadamente 2 a 15 libras-fuerza (lbf) (aproximadamente 8,9 a 66,7 Newtons (N)) a chapas de material cuando están dispuestas sobre las matrices 306A-306D.

Cada dispositivo 312A-312D puede incluir adicionalmente actuadores o mecanismos de accionamiento asociados para mover los dispositivos 312A-312D con relación a la base 304 y para aplicar presión mediante un rodillo asociado a cualquier material puesto sobre las matrices 306A-306D. Cada dispositivo 312-312D puede programarse para formar rigidizadores idénticos o formar rigidizadores diferentes, dependiendo de la configuración individual de

las matrices 306-306D montadas sobre la base 304.

Con referencia a la FIGURA 7, se muestra un dispositivo individual 312B posicionado sobre su matriz 306B correspondiente sin el poíno asociado (FIGURA 6) para claridad en la descripción de la operación del dispositivo 312B. El dispositivo incluye un dispensador de material automatizado 320 que incluye una pluralidad de dispensadores de chapa 322A-322D para dispensar y poner chapas de material compuesto sobre la matriz 306B. Cabe destacar que los dispensadores de chapa 322A-322B pueden configurarse para dispensar chapas de material compuesto, tales como cinta o tela prepeg, que varían en anchura. Usando tales chapas de material de anchura variada, el elemento alargado 302B puede configurarse de modo tal que presente un mayor grosor (es decir, por la inclusión de más chapas) en una porción del elemento alargado 302B que en otra.

Por ejemplo, haciendo referencia brevemente a la FIGURA 8A en conjunto con la FIGURA 7, el primer dispensador de chapa 322A puede configurarse para dispensar una chapa 330A que se extiende a lo largo de toda la "anchura" o extensión de la geometría de sección transversal del elemento alargado. Otro dispensador de chapa 322C puede dispensar una chapa 330C que sólo se extiende a través de la porción lateral superior 332 (por ejemplo, la tapa) de la geometría de sección transversal del elemento. De ese modo, el elemento alargado 302B puede diseñarse y ajustarse con respecto a la colocación de chapa o de material según las cargas esperadas y esfuerzos aplicados, aumentando o reduciendo el número eficaz de chapas en una sección o porción dada de la misma. Adicionalmente, cabe destacar que las chapas individuales de material pueden configurarse para presentar sustancialmente cualquier orientación de fibra deseada (u orientaciones) cuando se necesite, según las cargas esperadas y estados de esfuerzo del elemento alargado 302B. De ese modo, por ejemplo, puede formarse una primera chapa de un material que presenta una orientación de fibra a 0°, una segunda chapa puede incluir material que presenta una orientación de fibra a 45° y así sucesivamente. Por supuesto pueden usarse otras orientaciones de fibra y otras configuraciones de chapa. La capacidad de orientar fibras selectivamente de esa forma es una ventaja significativa sobre otros procesos de formado, tal como la pultrusión.

Haciendo referencia brevemente a la FIGURA 8B en conjunto con la FIGURA 7, otra realización puede incluir chapas 330E- 330H que presentan anchuras similares entre ellas, pero que se escalonan o desplazan lateralmente una con relación a la otra. El elemento alargado resultante 302B' tiene de ese modo una configuración parecida a un escalón sobre un lado lateral del mismo y una imagen invertida de la configuración parecida a un escalón sobre el lado lateral opuesto del mismo. Tan configuración permite el entrelazado de múltiples elementos alargados 302B' en una relación de lado a lado si se desea. La configuración escalonada o parecida a un escalón puede formarse a través del control apropiado de los dispensadores de chapa 322A- 322D tal como, por ejemplo, desplazando lateralmente un dispensador de chapa (por ejemplo, 322A) con relación a otro (por ejemplo, 322B).

En otra realización, puede utilizarse uno o más dispositivos de corte de borde de chapa 341 para recortar el borde (o bordes) de cualquier chapa 330A-330H (FIGURAS 8A y 8B) dispensada sobre una matriz 306A-306C asociada. Tal dispositivo de corte 341 puede incluir un cuchillo, una cuchilla rodante, un láser u otros medios de corte apropiados configurados para recortar el borde de una chapa 330A a una anchura deseada o posición lateral a medida que el poíno (que no se muestra en la FIGURA 7) se mueve longitudinalmente con relación a una matriz 306A-306C.

Aún con referencia a la FIGURA 7, el dispositivo individual 312B también incluye un dispositivo de formado 340. El dispositivo de formado 340 puede incluir una pluralidad de rodillos 342 configurada para al menos encajarse de forma parcialmente complementaria con la matriz 306B y de ese modo formar secuencialmente, de forma sustancialmente continua, la geometría de sección transversal deseada del elemento alargado 302B. Los rodillos 342 pueden acoplarse individualmente a una de una pluralidad de actuadores 344 tal como, por ejemplo, cilindros hidráulicos o neumáticos, de modo tal que la presión puede aplicarse a través de los rodillos a medida que pasan sobre la pluralidad de chapas de material puestas sobre la matriz 306B. De ese modo, en vez de intercambiar rodillos que pasan sobre una matriz asociada en pasadas individuales, tal como se describió anteriormente con respecto a otras realizaciones, la pluralidad de rodillos 342 puede combinarse en una única unidad para seguir inmediatamente una a la otra a lo largo de la matriz 306B durante una única pasada para formar la geometría de sección transversal deseada del elemento alargado 302 o de una o más chapas de la misma.

Con referencia ahora a la FIGURA 9, un aparato 400 para formar elementos alargados 402 se muestra en conformidad todavía con otra realización de la presente invención. Aunque no se muestra con el propósito de conveniencia y claridad, el aparato 400 puede incluir diversos componentes, tal como se describió anteriormente, que incluyen una base, un poíno y/o un montaje de soporte móvil que son relativamente móviles uno con respecto al otro. El aparato también puede incluir, por ejemplo, un dispositivo dispensador de material automatizado para poner una pluralidad de chapas de material compuesto sobre la matriz 404.

El aparato 400 incluye una pluralidad de rodillos 406 en donde cada uno se configura para encajar una porción específica de la matriz 404 (o las chapas de material puestas allí) para formar una geometría de sección transversal deseada. Por ejemplo, un primer rodillo 406A puede configurarse para prensar las chapas de material sobre la superficie superior de la matriz 404. Un conjunto de rodillos 406B puede configurarse para formar las chapas de material alrededor de las esquinas externas de la matriz macho 404. Otro conjunto de rodillos 406C puede configurarse para prensar las chapas de material contra los lados de la matriz 404. Un conjunto adicional de rodillos

406D puede configurarse para prensar las chapas de material en las esquinas internas de la matriz 404, y un conjunto final de rodillos 406E puede configurarse para prensar las chapas de material contra las porciones que se extienden lateralmente de la matriz 404. De ese modo, la pluralidad de rodillos 406 trabaja colectivamente para formar sustancialmente de forma continua un elemento alargado 402 de una geometría de sección transversal deseada sobre la matriz 404.

Haciendo referencia brevemente a la FIGURA 10, se muestra otra realización del aparato 400', similar a la que se muestra y se describe con respecto a la FIGURA 9, excepto que la matriz 404' se configura como una matriz hembra y los rodillos 406' se configuran para encajar específicamente porciones identificadas de la misma para formar el elemento alargado 402.

Haciendo referencia brevemente a la FIGURA 11, cualquiera de los anteriores aparatos pueden acoplarse operativamente a un controlador 500 que puede incluir, por ejemplo, un ordenador que tiene un procesador 502, un dispositivo de memoria 504, uno o más dispositivos de entrada 506 y uno o más dispositivos de salida 508. Tal controlador puede programarse para controlar los aparatos 100, 200, 300 y 400 asociados, tal como, por ejemplo, usando programación de control numérico por ordenador (CNC, por sus siglas en inglés). El controlador 500 puede configurarse para controlar las posiciones relativas de, por ejemplo, la base, el montaje de soporte móvil, el poíno y los dispositivos de rodillo de los diversos aparatos expuestos en la presente memoria, que incluyen lo que puede denominarse como las posiciones y orientaciones vertical, serpenteo, rodadura y avance de los rodillos de un aparato dado. El controlador 500 puede configurarse para no solo controlar la posición vertical del rodillo con relación a la matriz en la que se intenta encajar el rodillo, sino también la cantidad de presión o fuerza aplicada por el rodillo a la matriz o la una o más chapas de material puestas sobre la misma. Además, el controlador 500 puede configurarse para controlar la cantidad de calor que se aplica a la matriz o chapas de material asociadas, la posición del material con relación a una matriz y la fijación, corte e inicio de material que se suministra desde un dispensador de material automatizado.

Aunque las realizaciones anteriormente descritas han sido discutidas ampliamente usando el ejemplo de materiales prepeg individuales que se colocan sobre matrices asociadas, cabe destacar que pueden utilizarse materiales de fibra no impregnada con tales materiales que se colocan sobre una matriz asociada mientras infunde o impregna sustancialmente de forma simultánea las chapas de material con una resina o aglomerante apropiados. Por ejemplo, con referencia ahora a las FIGURAS 12A y 12B, puede formarse una matriz 600 como una estructura perforada que tiene una pluralidad de aperturas 602 o aberturas definidas en la misma. A medida que las chapas de material 604 se ponen sobre la matriz 600, uno o más rodillos 606 pueden encajarse complementariamente a la matriz para formar las chapas en una geometría de sección transversal deseada, como se describió anteriormente en la presente memoria. Adicionalmente, una o más boquillas pulverizadoras 608 u otros dispositivos de deposición pueden infundir resina o aglomerante en las chapas puestas y formadas para formar una estructura modelada y prepeg. El elemento alargado resultante puede curarse parcialmente o curarse a una etapa-B, de modo tal que el elemento alargado puede cocurarse subsiguientemente con una estructura de material compuesto asociada en un momento posterior.

Cabe destacar que las diversas realizaciones ilustrativas de la invención descritas anteriormente en la presente memoria han mostrado de forma general una geometría de sección transversal ejemplar de un sombrero o el formado de un elemento alargado como un canal de sombrero. Sin embargo, se contempla que la presente invención pueda usarse para formar elementos alargados de otras geometrías transversales. Por ejemplo: puede formarse al menos un canal en C como se ilustra en la FIGURA 13A; al menos un ángulo estructural (o similarmente una sección transversal en forma de J o en forma de L) puede formarse como se ilustra en la FIGURA 13B; puede formarse un elemento estructural que presente al menos una sección arqueada como se ilustra en la FIGURA 13C, que también pueden incluir bridas para formar una forma de omega si así se desea; puede formarse una pluralidad de formas de sección transversal arqueadas en un único elemento estructural como se muestra en la FIGURA 13D; o puede formarse una pluralidad de ángulos estructurales en el único elemento estructural como se muestra en la FIGURA 13E. También pueden combinarse diversas características de tales geometrías transversales como se desee dependiendo de, por ejemplo, las cargas esperadas que experimentará tal elemento alargado.

Con referencia ahora a las FIGURAS 14A y 14B, se muestra un sistema 700 que incluye un controlador 500 en comunicación con, y operativamente acoplado a, un aparato 701 para formar un elemento alargado 702 (FIGURA 19A) que presenta una porción curvada o arqueada a lo largo de la longitud del mismo. El aparato 701 incluye una base 704 que tiene una pluralidad de matrices 706A-706D ubicadas en la misma. El aparato 701 incluye adicionalmente un poíno 708 y un montaje de soporte móvil 710 acoplados de forma móvil al poíno 708. Por ejemplo, el poíno 708 puede incluir una o más deslizaderas 712 que se acoplan operativamente a cojinetes (no mostrados) asociados con el soporte móvil 710, de modo tal que el soporte móvil 710 puede moverse con relación al poíno 708 como se indica con la flecha direccional 714.

La base 704 puede incluir una mesa giratoria 716 configurada para girar alrededor de un eje definido 718 con relación al poíno 708 y montaje de soporte móvil 710. Un motor 720 u otros actuadores pueden configurarse operativamente para girar la mesa giratoria 716 con relación a una porción de soporte 722 de la base 704. A medida que la mesa giratoria 716 gira, el montaje de soporte móvil 710, en conjunto con sus componentes asociados puede

moverse con relación al poíno 708 (es decir, en la dirección indicada n 714) para seguir la posición de las matrices 706A-706D cuando cada matriz 706A-706D pasa secuencialmente debajo de las mismas. El montaje de soporte móvil 710 puede configurarse para seguir activamente la posición de una matriz 706A-706D que pasa debajo de la misma, tal como a través del uso del controlador 500 y un actuador acoplados al montaje de soporte móvil 710. En otra realización, el montaje de soporte móvil 710 puede configurarse para seguir pasivamente la posición de una matriz 706A-706D que pasa debajo de la misma, tal como por el encaje de uno o más componentes de un dispositivo de formado 726 con las matrices 706-706D, como se volverá evidente a través de la discusión subsiguiente de tal dispositivo de formado 726.

Cabe destacar que, aunque la realización ejemplificativa se describe con respecto a la FIGURA 14, se describe incluyendo una mesa giratoria 716 que gira alrededor de un eje definido 718 con relación al poíno 708 y montaje de soporte móvil 710, se contemplan otras realizaciones que se utilizan en conjunto con la presente invención. Por ejemplo, la base 704 puede incluir una mesa no giratoria mientras que el soporte móvil 710 y poíno 708 o estructuras similares se configuran para moverse con relación a la mesa, tal como por rotación alrededor de un eje definido 718.

También cabe destacar que las matrices 706A-706D no necesariamente pueden presentar un radio de curvatura constante a través de sus respectivas longitudes. También cabe destacar que cada matriz 706A-706D puede presentar una longitud, radio de curvatura u otras características geométricas diferentes de cualquier otra de las matrices.

Se acoplan un dispositivo dispensador de material 724 y un dispositivo de formado 726 al montaje de soporte móvil 710. A medida que gira la mesa giratoria 716 con relación al poíno 708, el dispositivo dispensador de material 726 se configura para colocar una o más chapas de material sobre las matrices 706A- 706D. Los dispositivos de formado 726 pueden incluir una pluralidad de rodillos 728 acoplada a los actuadores 730 y configurada para modelar las chapas de material colocadas sobre las matrices 706A-706D.

Por ejemplo, con referencia al esquema que se muestra en la FIGURA 15A, se muestra una operación ejemplar del dispositivo dispensador de material 724 y el dispositivo de formado 726. Se suministra material 740 (por ejemplo, una chapa de tela prepeg) desde un rodillo de suministro 742 y tensión y sobre un rodillo de redireccionamiento 744 cuando se estimula por un par de rodillos de suministro 746. El material 740 pasa más allá de un dispositivo de corte 748 que puede usarse para cortar el material a una longitud y anchura especificadas, o ambos, tal como se describió anteriormente, con respecto a otras realizaciones de la presente invención. El material 740 después se dispone sobre una porción de una matriz 706A por un rodillo de gran viscosidad 750.

Cabe destacar que el rodillo de gran viscosidad 750 (y rodillos subsecuentes encontrados por el material 740) se muestra en una primera vista en alzado con una segunda vista vista en alzado girada, representada inmediatamente debajo de las mismas para proporcionar un entendimiento adicional de cómo se modela el material 740 por la interacción de diversos rodillos con el material 740 y la matriz 706A subyacente.

El dispositivo de formado 726 incluye una pluralidad de rodillos 728A-728D usados para modelar y reducir el volumen del material 740 dispuesto sobre la matriz 706A (o sobre chapas modeladas de material previamente dispuestas sobre la matriz 706A). De ese modo, por ejemplo, un primer rodillo 728A encaja la matriz 706A para generalmente conformar el material 740 a la forma de la matriz 706A. Segundo, puede usarse un conjunto de rodillos 728B para prensar el material contra los lados 754 de la matriz 706A. Si se desea, esto puede alcanzarse con múltiples conjuntos de rodillos 728B que trabajan desde la porción superior de la matriz 706A hasta la porción inferior, como se representa en las vistas en alzado giradas de los rodillos 728B. Otro conjunto de rodillos 728C puede usarse para prensar el material 740 en las esquinas inferiores internas 756 de la matriz 706A. Una escobilla de goma 758 puede usarse para ayudar a extraer arrugas del material en una o más ubicaciones intermedias entre los rodillos 728A-728D. Finalmente un conjunto de rodillos 728D puede usarse para prensar y formar los elementos de brida del elemento alargado 702.

Cabe destacar que el proceso de formación del elemento alargado 702 incluye formar, modelar y reducir el volumen del material 740 desde adentro hacia fuera. En otras palabras, el rodillo de gran viscosidad 750 aplica presión a la matriz 706A y material 740 dispuestos sobre la misma en el centro, con rodillos subsecuentes 728A-728D, en donde cada uno aplica presión secuencialmente en una ubicación adicional hacia los bordes externos del material 740. Se ha determinado tal proceso para que sea eficiente y eficaz al eliminar arrugas y espacios de aire entre chapas laminares de material, produciendo de esa manera un elemento de material compuesto altamente consolidado y de volumen reducido.

Un rodillo de recogida 760 puede asociarse al dispositivo de formado 726 (o acoplado independientemente al montaje de soporte móvil 710) para coleccionar material portador 762 (también denominado como respaldo) que puede disponerse sobre una superficie de, por ejemplo, un material preimpregnado usado para formar el elemento alargado 702. El material portador 762 que puede incluir un material polimérico adecuado, no sólo evita que el material preimpregnado se adhiera al mismo cuando está en forma enrollada (es decir, tal como cuando está en el rodillo de suministro 742 y tensión) sino también puede permanecer sobre el material 740 mientras el material 740 se modela,

se forma y se reduce su volumen, de modo tal que los diversos rodillos 750 y 728A-728D no se pegan al material 740 o colecten y acumulen resina de una superficie del mismo. Adicionalmente, la presencia de tal material portador puede servir para proteger el material 740 usado para formar un elemento alargado 702 cuando los diversos rodillos 728 se presionan y se frotan contra el material 740 durante el formado del elemento alargado 702.

Con referencia ahora a la FIGURA 15B, se muestran detalles adicionales del primer rodillo 728A, que también puede describirse como un rodillo depurador. Cabe destacar que mientras el primer rodillo 728A de la presente realización descrita se describe como un rodillo depurador, otros o rodillos adicionales (por ejemplo, 728B-728D) pueden configurarse como rodillos depuradores si se desea

El rodillo depurador 728A puede incluir dos mitades de rodillo 800A y 800B acoplarse a un árbol 802. El árbol 802 puede acoplarse al soporte móvil 710 y un actuador u otro mecanismo de aplicación de fuerza (que no se muestra en la FIGURA 15B) puede configurarse para presionar el rodillo depurador 728A sobre la matriz 706A como se indica con las flechas direccionales 804. Las dos mitades de rodillo 800A y 800B se configuran para desplazarse axialmente a lo largo del árbol 802 (es decir, a lo largo del eje 806 del árbol 802). Un actuador o mecanismo de aplicación de fuerza 808 se asocia a cada mitad de rodillo 800A y 800B y se configura para inclinar cada mitad de rodillo 800A y 800B hacia las paredes laterales 754 de la matriz 706A, como se indica con las flechas direccionales 810. El mecanismo de aplicación de fuerza 808 puede incluir, por ejemplo, un resorte, un actuador hidráulico o un actuador neumático.

Además de la capacidad de ajustar la cantidad de fuerza que se aplica a las paredes laterales 754 de la matriz 706A, la configuración del rodillo depurador 728A también permite la producción de elementos alargados 702 que presentan geometrías transversales variadas. Por ejemplo, haciendo referencia brevemente a la FIGURA 15C, un elemento alargado 702" puede presentar una geometría de sección transversal variante, de modo tal que la superficie superior o tapa 810 se vuelve más ancha a medida que uno atraviesa a lo largo de un eje longitudinal 812 del elemento alargado 702". Tal elemento alargado 702" podría usarse, por ejemplo, como un larguero de ala en la construcción del ala de una aeronave.

Como se ve en la FIGURA 15C, las dos mitades de rodillo 800A y 800B están en una primera posición axial con relación al árbol 802 cuando el rodillo depurador 728A está en una primera posición longitudinal 812 con respecto al elemento alargado 702". Sin embargo, las dos mitades de rodillos 800A y 800B se desplazan a una segunda posición axial con relación al árbol 802 cuando el rodillo depurador 728A está en una segunda posición longitudinal 814 con respecto al elemento alargado 702" (el rodillo depurador 728A que se muestra con líneas punteadas en la segunda posición longitudinal 814). La configuración del rodillo depurador 728A permite que las dos mitades de rodillo 800A y 800B mantengan contacto con las paredes laterales del elemento alargado 702" (y matriz subyacente) y mantengan una cantidad deseada de fuerza en ese punto, contra cualquiera que sea el cambio en la geometría de sección transversal (por ejemplo, el cambio en la anchura de la tapa 810).

Con referencia ahora a la FIGURA 15D, se muestra un detalle adicional en un esquema de la interacción del rodillo depurador 728A con la matriz 706A (o, más particularmente, con el material 740 dispuesto sobre la matriz 706A). A medida que el rodillo depurador 728A se traslada con relación a la matriz 706A en la dirección indicada por la flecha direccional 820, una mitad de rodillo 800A (mostrada con líneas punteadas para claridad) gira alrededor de un eje en la dirección indicada por la flecha direccional 822. La mitad de rodillo 800A puede modelarse, contornearse y posicionarse de modo tal que haya contacto entre el material 740 y la matriz 706A, como se efectúa por la fuerza del rodillo depurador 728A, se inicia en una ubicación deseada y se limita a un área de superficie deseada. Por ejemplo, cuando la mitad de rodillo 800A gira, provoca que el material 740 sea prensado inicialmente contra la superficie de la matriz 706A en la ubicación que se muestra en 824. La ubicación de esta presión inicial de material 740 contra la matriz 706A, llevando en consideración la rotación del rodillo depurador 728A, provoca que el rodillo depurador 728A empuje efectivamente el material 740 hacia abajo sobre la matriz 706A. Además, el área de superficie de contacto efectuada por el rodillo depurador puede ser limitada a un área definida 826, tal como la que se muestra con un rayado cruzado en la FIGURA 15D. El rodillo depurador 728A se frota o barre efectivamente contra el material 740 en el área definida 826 para prensar y modelar más eficazmente el material 740 a medida que se presiona contra la matriz 706A. El área de contacto limitada efectuada por el rodillo depurador también evita que el rodillo depurador 728A levante el material 740 hacia arriba y se aleje de la matriz 706A cuando el rodillo depurador 728A continúa girando (tal como en el área generalmente indicada en 828).

Cabe destacar que la ubicación inicial de presión o contacto entre el material 740 y la matriz 706A efectuada por el rodillo depurador 728A puede determinarse por la forma, contorno y posicionamiento del rodillo depurador 728A con relación a la matriz 706A. Por ejemplo, haciendo referencia brevemente otra vez a la FIGURA 15B, la superficie 830 de cada mitad de rodillo 800A y 800B que hace contacto con las paredes laterales 754 de la matriz 706A (o el material dispuesto sobre la misma), puede configurarse para que presente una superficie sustancialmente lineal (como se muestra en la vista en planta) o puede presentar una superficie convexa curvada o arqueada para controlar más el área y ubicación de contacto y presión efectuada por el rodillo depurador 728A. En otra realización ejemplificativa, dependiendo de, por ejemplo, la geometría de sección transversal real de un elemento alargado 702, el rodillo depurador 728A puede configurarse de modo tal que cada mitad de rodillo 800A y 800B se acople a un árbol independiente, y cada árbol puede ser oblicuo o angulado con relación al eje de árbol 806 que se muestra en

la FIGURA 15B o 15C para controlar el área de superficie de contacto por el rodillo depurador 728A.

Con referencia ahora a la FIGURA 16A, en una realización ejemplificativa, un dispositivo dispensador de material 724' puede incluir múltiples dispensadores 724A-724C configurados para que cada uno dispense selectivamente una chapa individual de material 740A, 740B o 740C sobre una matriz 706A. Cada uno de los dispensadores 724A-724C puede incluir un rodillo de suministro y tensión 742A-742C, un rodillo de redireccionamiento 744A-744C, rodillos de suministro 746A-746C, dispositivos de corte 748A-748C y rodillos de viscosidad 750A-750C.

Cada dispensador 724A-724C del dispositivo dispensador 724' puede incluir un suministro de material que presenta diferentes características de los otros suministros de material. Por ejemplo, el primer dispensador 724A puede incluir un material 740A que presenta una orientación de fibra a 0°, el segundo dispensador 724B puede incluir un material 740B que presenta una orientación de fibra a 45° y el tercer dispensador 724C puede incluir un material 740C que presenta un ángulo de fibra diferente del incluido en los primer y segundo dispensadores 724A y 724B. En otra realización, la anchura o grosor del material puede variar de un dispensador a otro. Otra realización ejemplificativa puede incluir tipos diferentes de grados de material en cada dispensador 724A-724C. Tal configuración proporciona una flexibilidad y eficiencia considerables en el formado de elementos alargados 702 que son montajes complejos de numerosas y diversas chapas de material. Por ejemplo, si, conforme se muestra en la FIGURA 15A, sólo se usa un único dispensador 724, puede que tenga que cambiarse frecuentemente el material 740 sobre el rodillo de suministro 742 y tensión para satisfacer el material 740 que tiene diferentes orientaciones de fibra u otras características diversas.

Haciendo referencia brevemente a la FIGURA 16B, se muestra otra realización de un dispositivo dispensador 724" que incluye una pluralidad de rodillos de suministro y tensión 742A-742C, en donde cada uno dispensa una chapa de material 740A-740C que pasa alrededor de rodillos de redireccionamiento 744A-744C asociados cuando se estimula por los rodillos de suministro 746A-746C asociados. Después de los rodillos de suministro 746A-746B, se puede pasar selectivamente cada una de las chapas de material 740A-740C sobre un rodillo de redireccionamiento 768 común, a través de un dispositivo de corte 748 común y se colocan sobre una matriz 706A con la asistencia de un rodillo de gran viscosidad 750 común. De ese modo, a través del control independiente de los rodillos de suministro 746A-746C, las chapas de material 740A- 740C pueden suministrarse individualmente y selectivamente a través del dispositivo de corte 748 y para el rodillo de gran viscosidad 750 para colocarse sobre una matriz. Al igual que con la realización descrita con respecto a la FIGURA 16A, cada chapa de material 740A-740C puede presentar una característica diferente de las otras, ya sea la orientación de fibra, dimensiones de material, composición de material o algún otra característica.

En otras realizaciones, el dispositivo dispensador de material 724" puede configurarse para dispensar materiales de relleno tales como, por ejemplo, adhesivos de relleno o elementos pequeños de relleno conocidos por los expertos en la técnica como "fideos." Tal material de relleno puede utilizarse, por ejemplo, si un aparato se configuró para unir dos estructuras alargadas formadas como formas de C en un arreglo espalda con espalda para formar una viga en I. Como se reconoce por los expertos en la técnica, tal construcción con frecuencia deja un espacio pequeño a lo largo del borde de la línea conjunta entre los dos elementos que se llena deseablemente con, por ejemplo, un fideo.

Similarmente, el dispositivo dispensador de material puede configurarse para colocarse debajo de otros materiales que incluyen, por ejemplo, materiales ligantes o materiales de ensacado. Los materiales ligantes pueden disponerse sobre chapas individuales del material 740 para mejorar la pegajosidad entre las chapas adyacentes. Los materiales de ensacado pueden disponerse sobre una matriz 706A antes de dispensar una chapa de material 740 para la liberación subsiguiente de un elemento alargado 702 de la matriz 706A. De ese modo, en algunas instancias, puede ser deseable aplicar una nueva capa de material de ensacado sobre la matriz antes de fabricar un nuevo elemento alargado 702.

Con referencia ahora a la FIGURA 17A, se muestra un elemento alargado 702 que puede formarse a través del uso del aparato descrito con respecto a las FIGURAS 14A, 14B y 15. El elemento alargado 702 es generalmente curvado o alargado a lo largo de toda su extensión. Como se observó anteriormente, el elemento alargado 702 curvado o arqueado no necesita presentar un radio constante a lo largo de toda su extensión de arco. En efecto, la presente invención contempla la fabricación de elementos alargados 702 que presentan múltiples curvas y diversas geometrías complejas. Todavía haciendo referencia a la FIGURA 17A, el elemento alargado se estructura de modo tal que presenta un primer radio de curvatura R1 a lo largo de un primer borde 770 del elemento alargado 702 y un segundo radio de curvatura R2 a lo largo de un segundo borde 772 del elemento alargado, en el que el segundo radio de curvatura R2 es mayor que el primer radio de curvatura R1. Tal configuración posee un problema particular en la fabricación del elemento alargado 702 debido a que las chapas de material (por ejemplo, material 740 en la FIGURA 15A) se dispensan a partir de un rodillo de suministro 742 y tensión que presenta generalmente bordes rectos hacia abajo de cada lado del mismo. De ese modo, cuando se coloca el material 740 sobre una matriz curvada 706A tiende a fruncirse o arrugarse a lo largo del primer borde 770 o, más particularmente, el borde que presenta el radio de curvatura más pequeño.

Para evitar el arrugamiento del material 740 (FIGURA 15A) puede aplicarse una cantidad deseada de tensión al material 740 cuando se aplica en la matriz 706A (FIGURA 15A). De ese modo, por ejemplo, haciendo referencia a la

FIGURA 18 en conjunto con las FIGURAS 15 y 17A, el dispositivo dispensador 724 puede configurarse para aplicar tensión al material 740 en una dirección que es tangente a, o a un ángulo de desviación leve de la tangente con respecto a la matriz 706A en el punto en donde el material 740 se coloca sobre el mismo. Por ejemplo, considerando que la línea tangente está a 90° con relación a una línea central radial 772 de la matriz 706A, en una realización, puede aplicarse tensión (como se indica con la flecha direccional 774) a un ángulo entre aproximadamente 89° y 91° con relación a la línea central radial 772. Tal tensión puede aplicarse, por ejemplo, restringiendo o controlando de otra manera la rotación del rodillo de suministro 742 y tensión (FIGURA 15A) cuando el material 740 se dispensa del mismo. Por ejemplo, una magnitud de resistencia deseada puede impartirse al rodillo de suministro 742 y tensión cuando se suministra material 740 a partir del mismo y mientras el soporte móvil 710 y mesa giratoria 716 se mueven una con relación a la otra, resultando en tensión en el material 740 dispensado.

Considerando el uso de un material preimpregnado tejido como la chapa de material 740 que se dispensa, la aplicación de tensión al material 740 cuando éste se dispone sobre la matriz 706A y subsiguientemente se modela por el dispositivo de formado 726, provoca que el material 740 se estire a lo largo del radio de curvatura más grande (por ejemplo, R2 en la FIGURA 17A) mientras evita que se formen arrugas a lo largo de o adyacente a la curvatura más pequeña de radio (por ejemplo, R1 en la FIGURA 17A).

En otras palabras, puede desarrollarse un gradiente de tensión a través de la anchura del material 740 a medida que se dispensa y se forma sobre la matriz 706A. Por ejemplo, un gradiente de tensión puede desarrollarse en el material 740 usado para formar el elemento alargado 702, de modo tal que la tensión está a un mínimo (que puede estar cerca de cero en algunos casos) en el borde lateral que presenta el radio de curvatura más pequeño (por ejemplo, R1) mientras la tensión está a un máximo en el borde lateral del material que presenta el radio de curvatura más grande (por ejemplo, R2). El gradiente no necesita ser estrictamente un gradiente lineal de un borde del material 740 al otro. La trama del material 740 puede determinar, en parte, la cantidad de estiramiento que puede satisfacer el tejido y la magnitud de la fuerza que necesita aplicarse al tejido dependiendo de la "flexibilidad" del material según lo determinado por la trama particular del tejido.

En una realización ejemplificativa, puede aplicarse una fuerza de aproximadamente 30 a 40 lbf (aproximadamente 133,4 a 177,9 N) al material 740 para colocar el material en la tensión apropiada. Ciertamente, la cantidad de fuerza que se aplica al material puede depender de un número de factores que incluye, por ejemplo, el tipo de material que se usa (que incluye la trama del tejido), la anchura del material, el radio de curvatura de la matriz 706A, o una combinación de tales factores. Además de la tensión que se aplica al material 740, puede aplicarse calor al material para relajar el material y ayudar a facilitar el estiramiento del material 740 a lo largo de, o adyacente a, el borde que presenta el radio de curvatura más grande. Sin embargo, la cantidad e intensidad de calor que se aplica al material 740 puede ser seleccionada y controlada para evitar el curado prematuro del material 740.

Con referencia ahora a las FIGURAS 19A y 19B, se muestra un sistema 700 que incluye otra realización de un aparato 701' para formar elementos alargados 702 (FIGURA 17B) curvados o arqueados. El aparato 701' es similar al que se muestra y se describe con respecto a las FIGURAS 14A y 14B con unas pocas modificaciones. Generalmente, el aparato 701' incluye una base 704 que tiene una matriz 706' ubicada sobre el mismo. El aparato 701' incluye adicionalmente un poíno 708 y un montaje de soporte móvil 710 acoplados de forma móvil al mismo. La base 704 puede incluir una mesa giratoria 716 configurada para girar alrededor de un eje definido 718 con relación al poíno 708 y montaje de soporte móvil 710. Un motor 720 u otros actuadores pueden configurarse operativamente para girar la mesa giratoria 716 con relación a una porción de soporte 722 de la base 704.

Se acoplan un dispositivo dispensador de material 724' y un dispositivo de formado 726' al montaje de soporte móvil 710. Cuando la mesa giratoria 716 gira alrededor del eje definido 718 con relación al poíno 708, el dispositivo dispensador de material 726 se configura para colocar una o más chapas de material sobre la matriz 706'. El dispositivo de formado 726' puede incluir una pluralidad de rodillos 728 acoplada a actuadores 730 y configurada para modelar las chapas de material colocadas sobre la matriz 706'. La matriz 706' se acopla a la mesa giratoria 716 en una relación espaciada con respecto a la misma por una pluralidad de estructuras de soporte 780. El dispositivo dispensador 724' y el dispositivo de formado 726' se posicionan radialmente hacia dentro de la matriz 706' y configurados para encajar e interactuar con la matriz 706' a medida que gira en conjunto con la mesa giratoria 716. La configuración y orientación del dispositivo dispensador 724' y el dispositivo de formado 726' pueden contemplarse como paralelas a la mesa giratoria 716 mientras que la configuración y orientación del dispositivo dispensador 724 y dispositivo de formado 726 que se muestran en las FIGURAS 14A y 14B pueden contemplarse como normales a la mesa giratoria 716.

Con referencia a la FIGURA 17B, se muestra una porción de un elemento alargado 702' ejemplar que puede formarse usando el aparato 701' que se muestra y se describe con respecto a las FIGURAS 19A y 19B. El elemento alargado 702' generalmente es arqueado o curvado, de modo tal que una primera superficie o borde 782 presenta un primer radio de curvatura R1', un segundo borde o superficie 784 presenta un segundo radio de curvatura R2', en donde el segundo radio de curvatura R2' es más grande que el primer radio de curvatura R1'. Al igual que con las realizaciones anteriormente descritas, puede aplicarse una fuerza a cualquier material dispuesto sobre la matriz 706' para inducir un gradiente de tensión y evitar el arrugamiento del material en o de forma adyacente al radio de curvatura más pequeño (por ejemplo, R1').

Cabe destacar que la geometría de sección transversal del elemento alargado 702' se gira a lo largo de un radio de curvatura general 786 con relación al del elemento alargado 702 que se muestra en la FIGURA 17A. Cabe destacar otra vez que el elemento alargado 702' curvado no necesita presentar un radio de curvatura constante. La capacidad de producir elementos alargados 702 y 702' de tales configuraciones variadas permite la producción de estructuras altamente personalizadas y complejas con relativa facilidad y eficiencia.

Con referencia ahora a la FIGURA 20, se muestra una vista en sección transversal de un elemento alargado 702" ejemplar formado en conformidad con otro aspecto de la presente invención. El elemento alargado 702" comprende una primera chapa de material 788, que se extiende desde un primer borde 772 del elemento alargado 702" a través de aproximadamente la mitad de la "anchura" o extensión de sección transversal del mismo y una segunda chapa de material 790 que colinda con la primera chapa 788 y se extiende al segundo borde 774 del elemento alargado 702". Una tercera chapa 792 se dispone sobre la parte superior de las primera y segunda chapas 788 y 790 en una manera laminar y forma un puente sobre la junta de apoyo 794 de tales chapas. Pueden disponerse chapas adicionales sobre la primera, segunda y tercera chapas 788, 790 y 792 en un patrón de repetición (o en algún otro patrón definido) si se desea

El uso de múltiples chapas adyacentes y contiguas de material reforzado por chapas laminares de "puente" proporciona flexibilidad adicional en el formado de un elemento alargado 702" curvado. Por ejemplo, si el radio de curvatura del elemento alargado 702" es tal que usa una única chapa de material para formar la geometría de sección transversal completa no sería factible, ya sea debido a que aún podrían desarrollarse arrugas o debido a que la cantidad de tensión requerida para evitar arrugas sería perjudicial para las características de resistencia del material, pueden usarse chapas separadas de anchura más estrecha. En otras palabras, la tensión requerida para estirar una chapa de material que es lo suficientemente ancha para extenderse entre el primer radio de curvatura R1 y el segundo radio de curvatura R2 es mayor que la requerida para estirar una chapa de material que es lo suficientemente ancha para extenderse entre, por ejemplo, el segundo radio de curvatura R2 y un tercer radio de curvatura R3. De ese modo, usar múltiples chapas de material lateralmente adyacentes permite la construcción de elementos alargados 702" que presentan geometrías transversales "más anchas" mientras reducen la tensión aplicada y el estiramiento experimentado por las chapas de material.

Cabe destacar que también se contemplan otras variaciones de la presente invención. Por ejemplo, aunque las realizaciones ejemplificativas se han descrito para incluir una matriz y una pluralidad de rodillos complementarios, dos conjuntos de rodillos complementarios - un conjunto superior y un conjunto inferior - pueden usarse para formar los elementos alargados. De ese modo, por ejemplo, una pluralidad de fibras puede pasarse a través de un conjunto hembra superior de rodillos y un conjunto macho inferior de rodillos para obtener una geometría de sección transversal deseada. Sin embargo, cabe destacar que el uso de una matriz, tal como en las realizaciones ejemplificativas descritas anteriormente, puede proporcionar una colocación más precisa de las chapas y control de la orientación de fibra. Adicionalmente, aunque se han descrito varias realizaciones en términos de utilización de montajes de soporte móvil y poínos, se contempla adicionalmente que pueden ser utilizados brazos robóticos para el posicionamiento de los rodillos y aplicar fuerza apropiada o presión a los materiales dispuestos sobre una matriz. Tal robot puede configurarse de modo tal que el rodillo o rodillos asociados son posicionables alrededor de múltiples ejes.

Adicionalmente, diversos materiales pueden usarse para formar los elementos estructurales alargados. Por ejemplo, puede usarse cinta de material compuesto, tejido, tejido seco o diversas combinaciones de los mismos. Además, los materiales de relleno pueden introducirse en el elemento estructural alargado si se considera apropiado. Tales materiales de relleno pueden incluir, por ejemplo, espuma, metales u otros materiales no plásticos.

Aunque la invención puede ser susceptible a diversas modificaciones y formas alternativas, se han mostrado realizaciones específicas a modo de ejemplo en los dibujos y se han descrito en detalle en la presente memoria. Sin embargo, debería entenderse que la invención no pretende ser limitada a las formas particulares descritas.

Más bien, la invención incluye todas las modificaciones, equivalentes y alternativas que entran dentro del alcance de la invención, como se define por las siguientes reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para formar un elemento estructural de material compuesto alargado, en donde el método comprende:
- 5 poner una pluralidad de chapas (330) de material compuesto sobre una matriz alargada (106, 206, 306, 706) que tiene una superficie que presenta una geometría deseada; y
 mantener la pluralidad de chapas (330) en un estado sustancialmente no curado mientras sustancialmente se presiona y se forma simultáneamente una porción de la pluralidad de chapas sobre la matriz para al menos
 10 formar parcialmente la pluralidad de chapas a la geometría de la matriz que incluye pasar secuencialmente una pluralidad de rodillos (116, 216, 342, 406, 606, 728) sobre la matriz y la pluralidad de chapas a lo largo de la extensión alargada de la matriz, en donde al menos un rodillo de la pluralidad de rodillos es al menos parcialmente complementario en forma con la matriz, en donde cada rodillo se configura para encajar una porción específica de la matriz que tiene la superficie que presenta la geometría deseada para formar la pluralidad de chapas.
- 15 **2.** El método según la reivindicación 1, en donde poner una pluralidad de chapas (330) de material compuesto incluye adicionalmente poner una pluralidad de chapas de material de fibra preimpregnada con una resina termoendurecible.
- 20 **3.** El método según la reivindicación 1, que comprende adicionalmente configurar la pluralidad de rodillos (116, 216, 342, 406, 606, 728) de modo tal que un primer rodillo se encaja de forma parcialmente complementaria en la matriz (106, 206, 306, 706) y de modo tal que un último rodillo se encaja totalmente de forma complementaria y sustancial en la matriz.
- 25 **4.** El método de acuerdo a la reivindicación 1, en donde prensar la pluralidad de chapas sobre la matriz (106, 206, 306, 706) incluye adicionalmente formar al menos una estructura intermedia y una estructura final.
- 5.** El método según la reivindicación 4, en donde formar al menos una estructura intermedia incluye formar la pluralidad de chapas para conformarlas parcialmente con la superficie externa de la matriz (106, 206, 306, 706).
- 30 **6.** El método según la reivindicación 5, en donde formar una estructura final incluye formar la pluralidad de chapas para conformarse totalmente de forma sustancial a la superficie externa de la matriz (106, 206, 306, 706).
- 35 **7.** El método según la reivindicación 1, que comprende adicionalmente formar la matriz (106, 206, 306, 706) para tener una primera sección (206A) que se extiende a lo largo de un eje longitudinal y una segunda sección (206B) que se desvía del eje longitudinal.
- 8.** El método según la reivindicación 1, que comprende adicionalmente acoplar la matriz (106, 206, 306, 706) a una base (104, 204, 304, 704), acoplar el por lo menos un rodillo de la pluralidad de rodillos a un montaje de soporte móvil (108, 208, 710) y en donde pasar al menos un rodillo sobre la matriz y la pluralidad de chapas a lo largo de una extensión alargada de la matriz incluye mover el montaje de soporte móvil con relación a la base.
- 40 **9.** El método según la reivindicación 8, que comprende adicionalmente controlar el movimiento del montaje de soporte móvil con relación a la base con un controlador de control numérico por ordenador (500).
- 45 **10.** El método según la reivindicación 1, que comprende adicionalmente formar el elemento estructural de material compuesto alargado para que presente sustancialmente una geometría de sección transversal de un sombrero, tomada transversalmente para una extensión alargada del elemento alargado.
- 50 **11.** El método según la reivindicación 1, que comprende adicionalmente formar el elemento estructural de material compuesto alargado para que presente sustancialmente una geometría de sección transversal de al menos una forma de C, tomada transversalmente para una extensión alargada del elemento alargado.
- 12.** El método según la reivindicación 1, que comprende adicionalmente formar el elemento estructural de material compuesto alargado para que presente sustancialmente una geometría de sección transversal de al menos un ángulo, tomado transversalmente para una extensión alargada del elemento alargado.
- 55 **13.** El método según la reivindicación 1, que comprende adicionalmente formar el elemento estructural de material compuesto alargado para que presente sustancialmente una geometría de sección transversal que incluye al menos una sección arqueada, tomada transversalmente para una extensión alargada del elemento alargado.
- 60 **14.** El método según la reivindicación 1, en donde prensar la pluralidad de chapas sobre la matriz incluye consolidar la pluralidad de chapas.
- 65 **15.** El método según la reivindicación 1, que comprende adicionalmente calentar al menos una porción de la pluralidad de chapas antes de prensar la pluralidad de chapas sobre la matriz.

- 5 **16.** El método según la reivindicación 1, en donde poner una pluralidad de chapas de material compuesto sobre una matriz alargada y prensar y formar sustancialmente de forma simultánea una porción de la pluralidad de chapas sobre la matriz (106, 206, 306, 706) para al menos conformar parcialmente la pluralidad de chapas a la geometría de la matriz comprende adicionalmente:
- poner una primera chapa de material compuesto;
 prensar y formar la primera chapa sobre la matriz para conformar la primera chapa a la geometría de la matriz;
 10 poner una segunda chapa sobre la primera chapa prensada y formada; y prensarla y formar la segunda chapa sobre la primera chapa prensada y formada y sobre la matriz para al menos conformar parcialmente la segunda chapa a la geometría de la primera chapa y la matriz.
- 15 **17.** El método según la reivindicación 1, que comprende adicionalmente infundir al menos una de una resina termoendurecible y un aglomerante en la pluralidad de chapas.
- 18.** El método según la reivindicación 1, que comprende adicionalmente inducir un gradiente de tensión a través de una anchura de al menos una de las chapas de la pluralidad de chapas.
- 20 **19.** Un aparato para formar elementos estructurales de material compuesto alargados que comprende:
- una base (104, 204, 304, 704);
 al menos una matriz (106, 206, 306, 706) montada sobre la base,
 la por lo menos una matriz que presenta una geometría sustancialmente alargada y una superficie que
 25 presenta una geometría deseada;
 un montaje de soporte móvil (108, 208, 710), en donde el montaje de soporte móvil y la base son relativamente móviles, uno con respecto al otro;
 una pluralidad de rodillos (116, 216, 342, 406, 606, 728) acoplados al montaje de soporte móvil (108, 208, 710), al menos un rodillo de la pluralidad de rodillos que presenta una geometría configurada para al menos
 30 encajar de forma parcialmente complementaria la por lo menos una matriz (106, 206, 306, 706), en donde cada rodillo se configura para encajar una porción específica de la matriz que tiene la superficie que presenta la geometría deseada y material compuesto dispuesto sobre la porción específica de la matriz a medida que al menos un rodillo pasa secuencialmente sobre la matriz; y
 al menos un primer mecanismo de aplicación de fuerza (122, 808) configurado para aplicar una fuerza
 35 deseada a la matriz a través del al menos un rodillo.
- 20.** El aparato de la reivindicación 19, en donde la base comprende adicionalmente una mesa (716), en donde la mesa y el montaje de soporte móvil se configuran para girar cooperativamente, uno con relación al otro alrededor de un eje definido y en donde el aparato comprende adicionalmente:
- 40 al menos un dispositivo dispensador de material (312, 320, 322) configurado para dispensar al menos una chapa de material sobre la por lo menos una matriz; y al menos un segundo mecanismo de aplicación de fuerza (724) ubicado y configurado para aplicar una fuerza deseada a la por lo menos una chapa e inducir una cantidad deseada de tensión en el mismo mientras el material está sobre la por lo menos una matriz y
 45 mientras el por lo menos un rodillo pasa sobre la por lo menos una chapa dispuesta sobre la por lo menos una matriz.
- 21.** El aparato de la reivindicación 20, en donde el al menos un dispositivo dispensador de material (312, 320, 322) se configura para dispensar la primera chapa de material que presenta una primera anchura y al menos una
 50 segunda chapa de material que presenta una segunda anchura diferente de la primera anchura.
- 22.** El aparato de la reivindicación 20, en donde el por lo menos un rodillo de la pluralidad de rodillos (116, 216, 342, 406, 606, 728) y la por lo menos una matriz (106, 206, 306, 706) se configuran complementariamente para formar un elemento estructural de material compuesto alargado que presenta sustancialmente una geometría de sección
 55 transversal, siendo al menos una de un sombrero, una forma de C, un ángulo y al menos una sección arqueada, tomada transversalmente para una extensión alargada del mismo.
- 23.** El aparato de la reivindicación 20, en donde el al menos un primer mecanismo de aplicación de fuerza (122, 808) comprende adicionalmente al menos un actuador operativamente acoplado entre el montaje de soporte móvil (108, 208, 710) y el por lo menos un rodillo configurado para aplicar una fuerza a la por lo menos una matriz mediante el
 60 por lo menos un rodillo (116, 216, 342, 406, 606, 728).
- 24.** El aparato de la reivindicación 23, en donde el al menos un actuador incluye al menos un de un actuador hidráulico y un actuador neumático.
- 65 **25.** El aparato de la reivindicación 20, en donde la por lo menos una matriz (106, 206, 306, 706) incluye una

pluralidad de matrices.

- 5 **26.** El aparato de la reivindicación 20, en donde el montaje de soporte móvil (108, 208, 710) se configura adicionalmente para desplazarse en una dirección radial con relación al eje definido.
- 27.** El aparato de la reivindicación 26, en donde el por lo menos un rodillo (116, 216, 342, 406, 606, 728) se configura para seguir una desviación radial de la por lo menos una matriz (106, 206, 306, 706) mientras la mesa (716) y el montaje de soporte móvil (108, 208, 710) giran uno con relación al otro alrededor del eje definido.
- 10 **28.** El aparato de la reivindicación 20, que comprende adicionalmente un dispositivo de calentamiento (123) configurado y orientado para calentar al menos una porción de la por lo menos una chapa de material.
- 29.** El aparato de la reivindicación 20, en donde el dispositivo dispensador de material (312, 320, 322, 724) comprende adicionalmente:
- 15 al menos un rodillo de suministro (742) que tiene un suministro de material a ser dispensado como la por lo menos una chapa de material;
 al menos un dispositivo de suministro (746) para estimular la por lo menos una chapa de material del al menos un rodillo de suministro a la matriz (106, 206, 306, 706); y
 al menos un rodillo de gran viscosidad (750) configurado para presionar la por lo menos una chapa de material contra una porción de la por lo menos una matriz (106, 206, 306, 706).
- 30.** El aparato de la reivindicación 29, en donde el dispositivo dispensador de material (312, 320, 322) comprende adicionalmente al menos un dispositivo de corte (748) ubicado y configurado para cortar la por lo menos una chapa de material.
- 25 **31.** El aparato de la reivindicación 29, que comprende adicionalmente un controlador (500) operativamente acoplado al aparato y configurado para controlar el dispositivo de suministro.
- 32.** El aparato de la reivindicación 20, que comprende adicionalmente un controlador (500) operativamente acoplado al aparato y configurado para controlar la rotación relativa de la mesa (716) y montar el soporte móvil (108, 208, 710).
- 30 **33.** El aparato de la reivindicación 32, en donde el controlador (500) incluye un procesador (502), un dispositivo de memoria (504), al menos un dispositivo de entrada (506) y al menos un dispositivo de salida (508).
- 34.** El aparato de la reivindicación 20, en donde el al menos un segundo mecanismo de aplicación de fuerza (724) se ubica y se configura para aplicar la fuerza deseada a la por lo menos una chapa en una dirección que es sustancialmente tangente a la por lo menos una matriz (106, 206, 306, 706) en una ubicación en donde la por lo menos una chapa se dispone sobre la por lo menos una matriz.
- 40 **35.** El aparato de la reivindicación 20, en donde el al menos un segundo mecanismo de aplicación de fuerza (724) se ubica y se configura para aplicar la fuerza deseada a la por lo menos una chapa a un ángulo de aproximadamente 89° a 90° con relación a una línea central radial que pasa a través del eje definido y a través de la matriz (106, 206, 306, 706) en una ubicación en donde la por lo menos una chapa se dispone sobre la por lo menos una matriz.
- 45 **36.** El aparato de la reivindicación 20, en donde el al menos un segundo mecanismo de aplicación de fuerza (724) se configura para inducir un gradiente de tensión a través de una anchura de la por lo menos una chapa.
- 50 **37.** El método de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente coleccionar material portador (762) dispuesto sobre una superficie de al menos una chapa de la pluralidad de chapas (330, 740) con un rodillo de recogida (760).
- 38.** El método de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente formar la estructura de material compuesto alargada (702, 702') para presentar una porción curvada o arqueada a lo largo de la longitud de la estructura de material compuesto alargada (702, 702').
- 55 **39.** El método de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:
- aplicar una escobilla de goma (758) para extraer arrugas de la pluralidad de chapas.

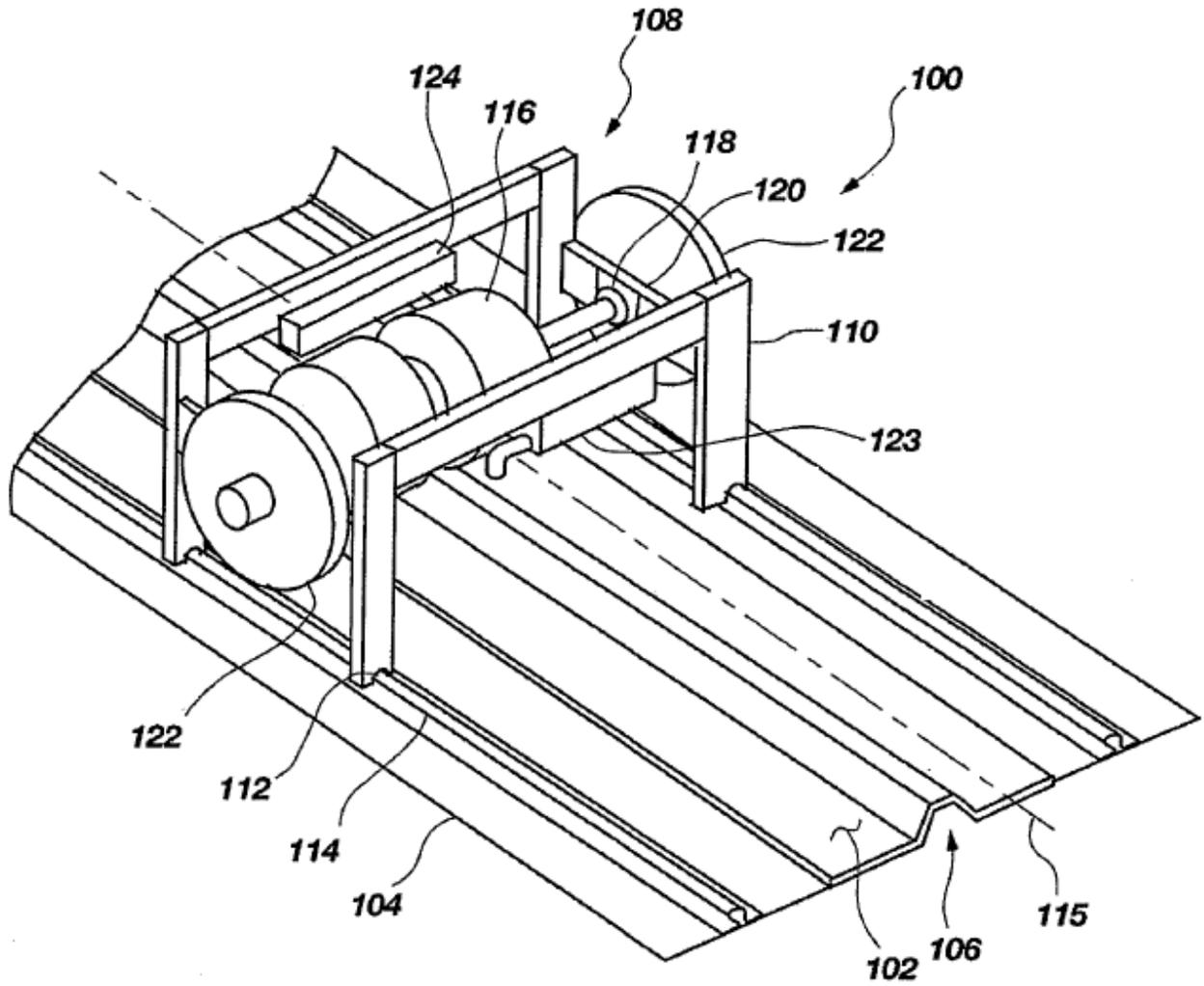


FIG. 1

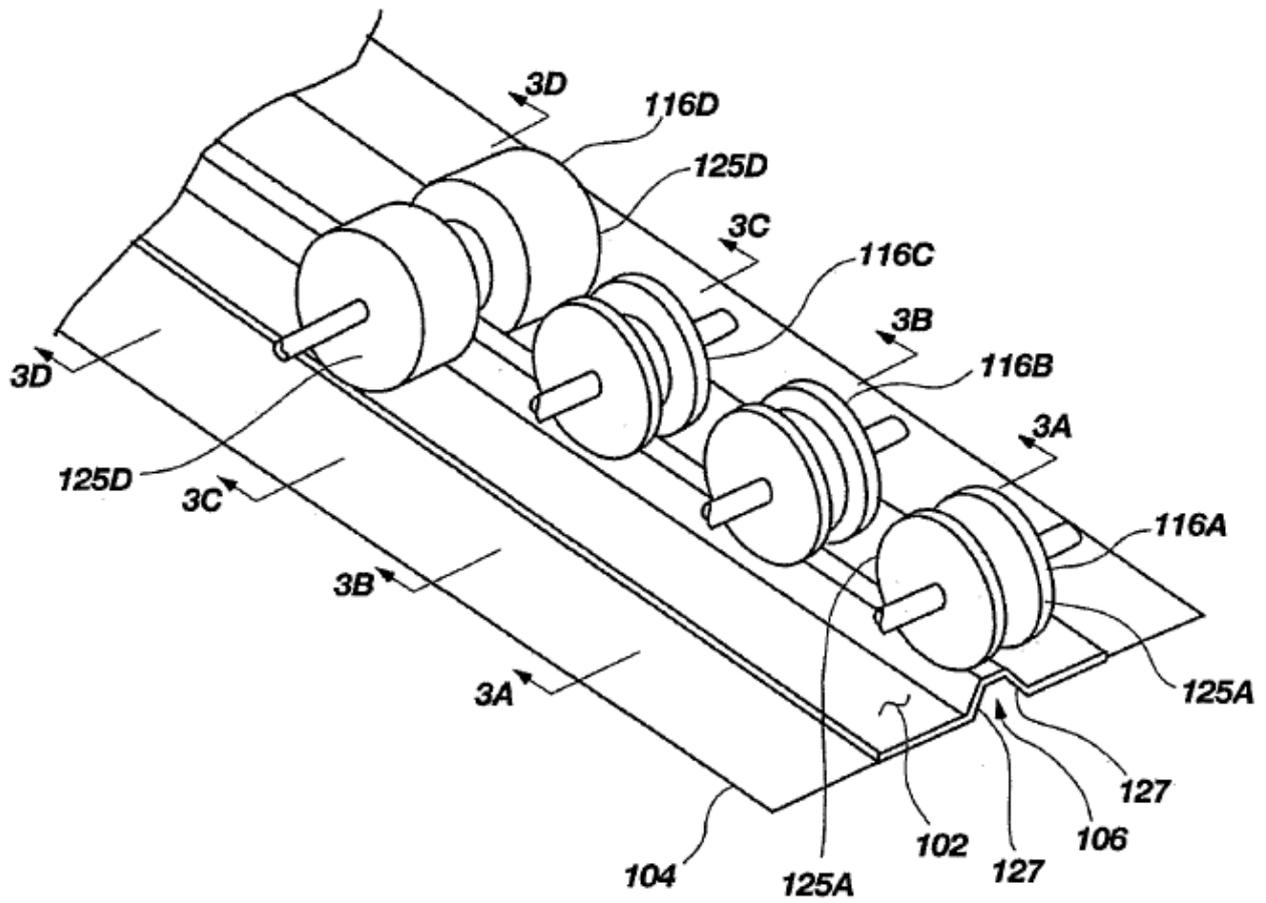


FIG. 2

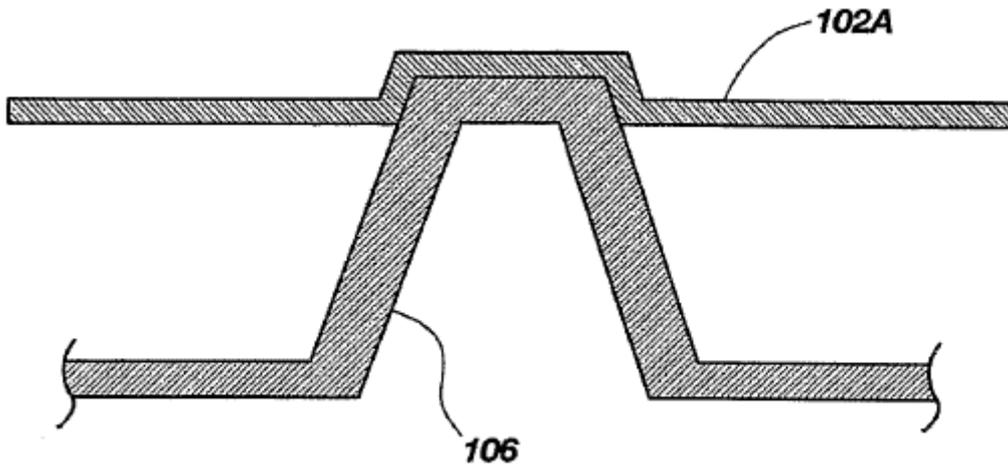


FIG. 3A

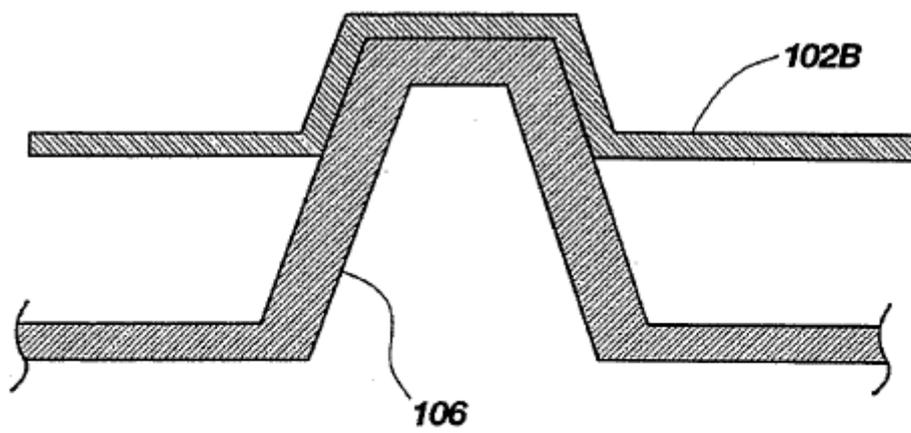


FIG. 3B

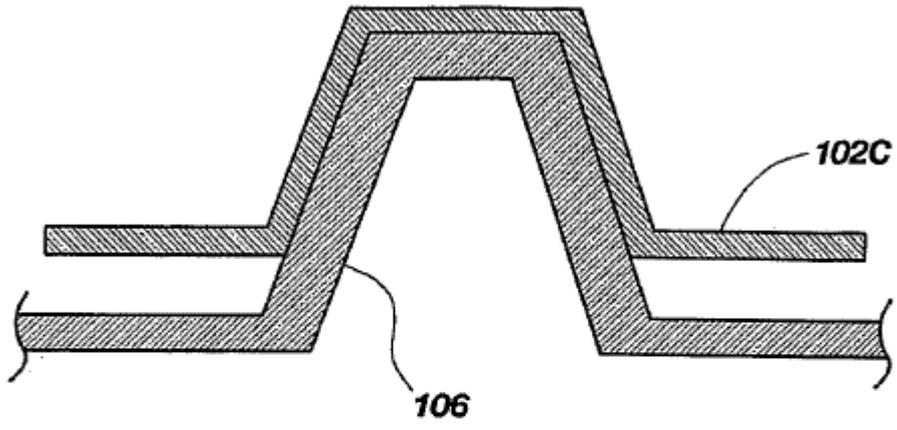


FIG. 3C

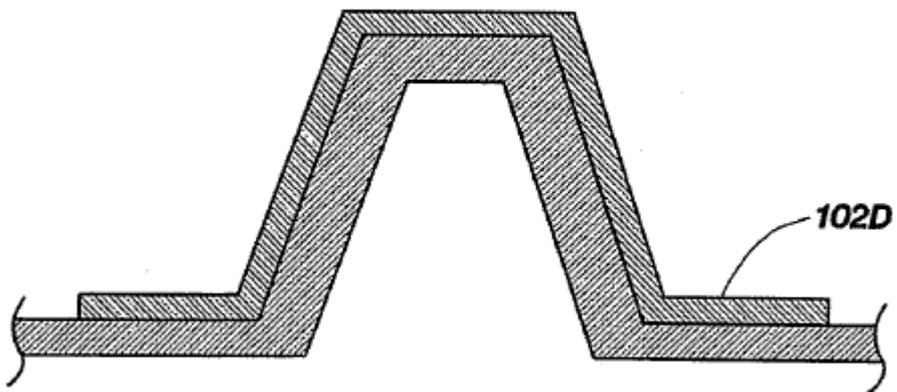


FIG. 3D

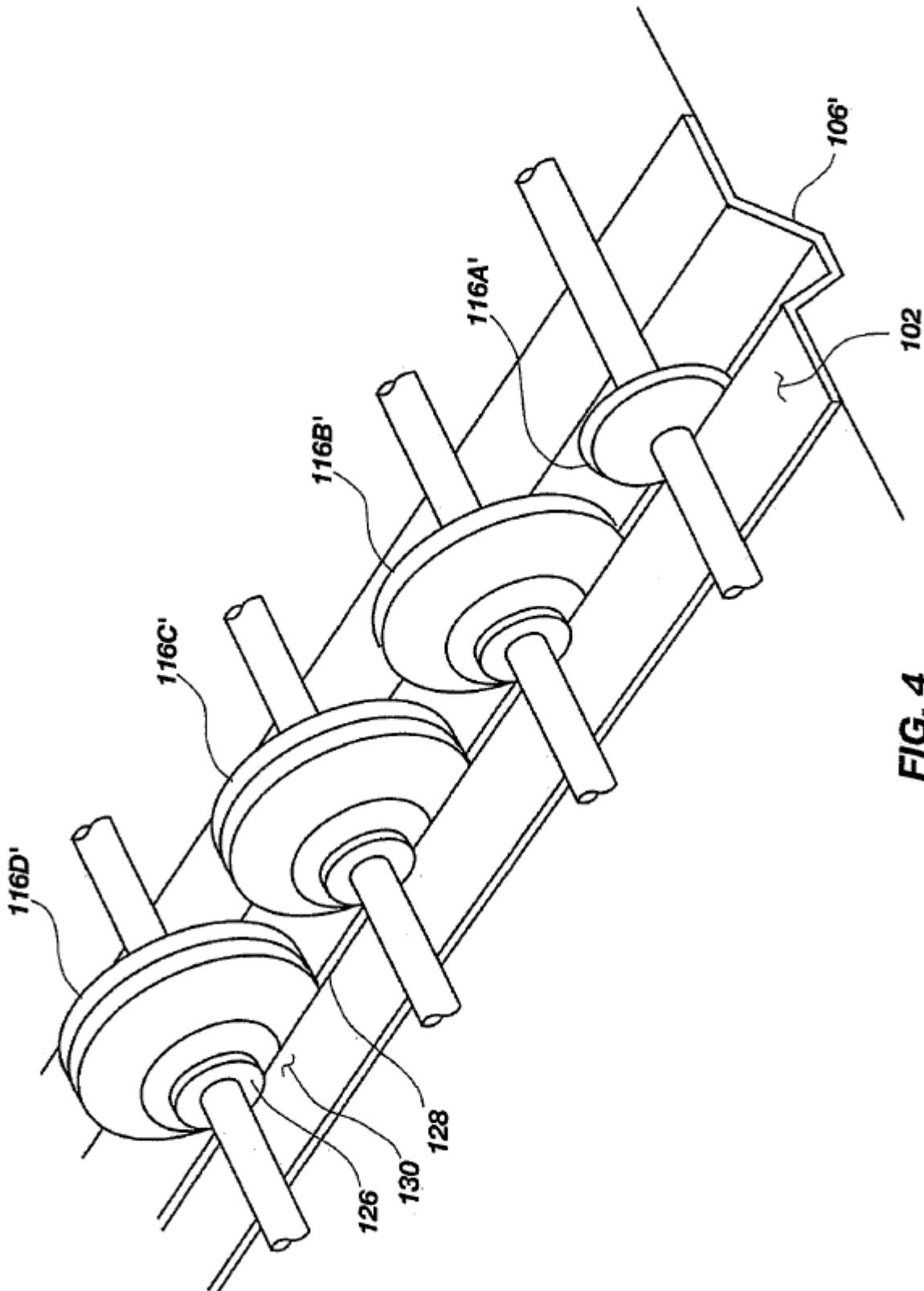
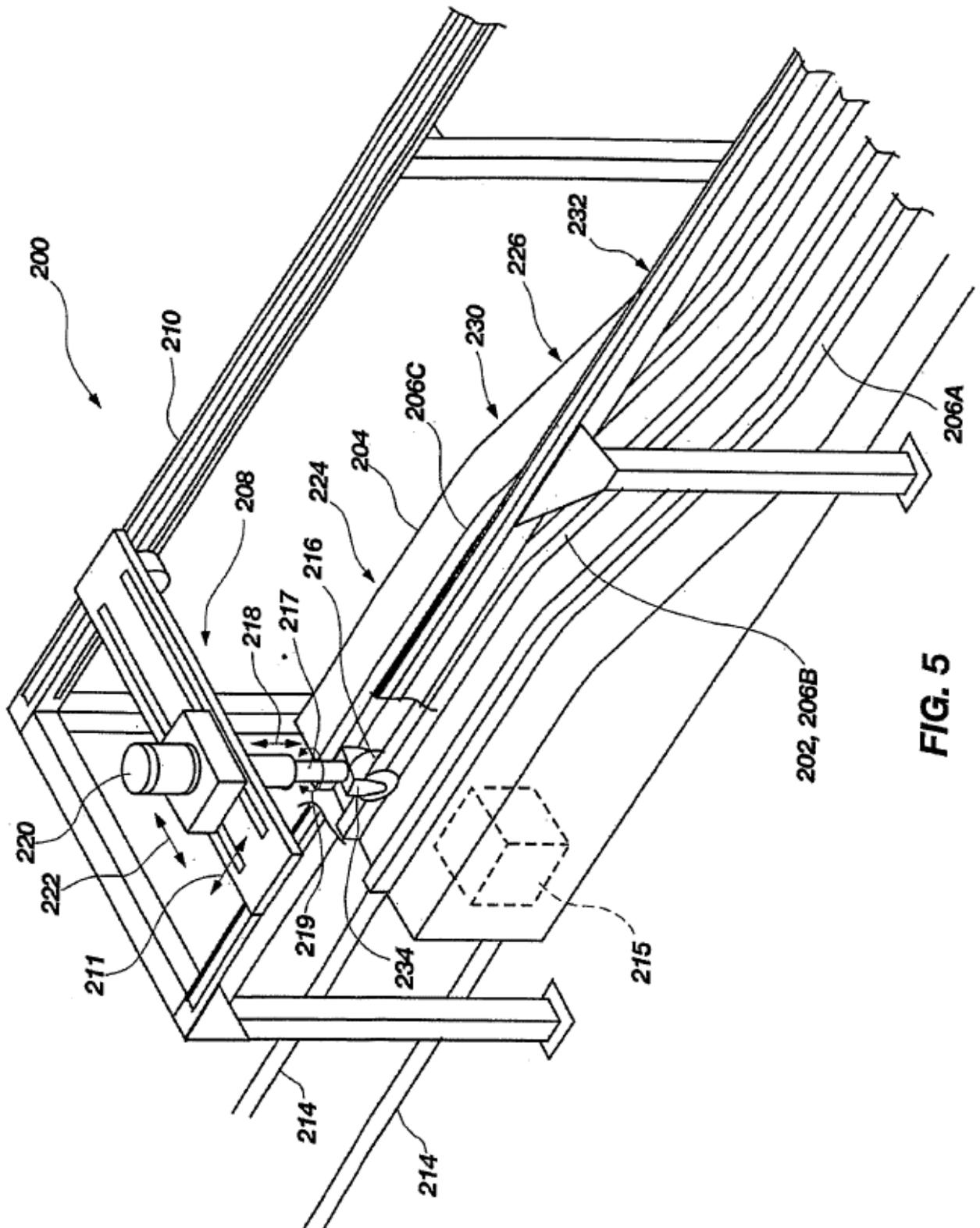


FIG. 4



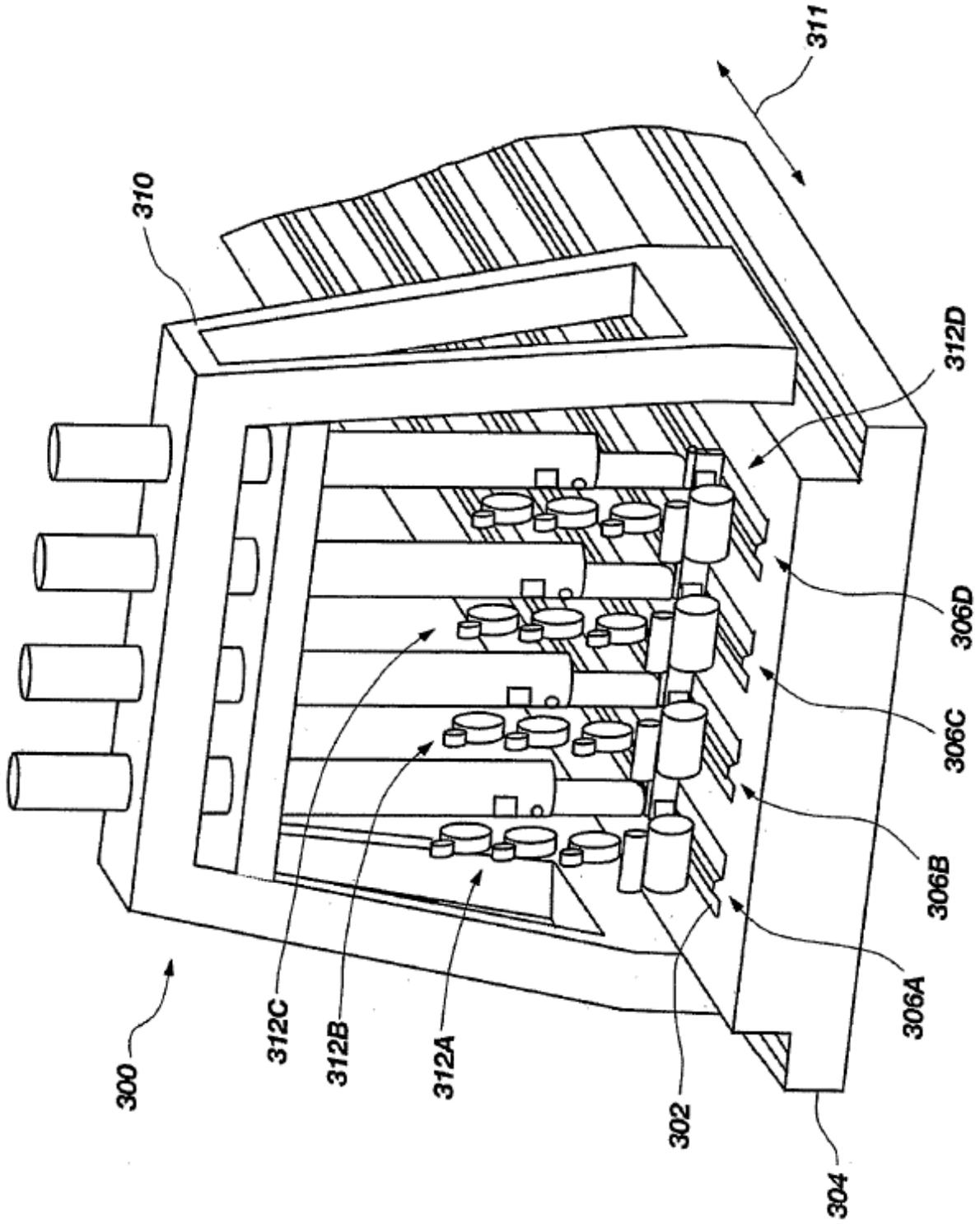
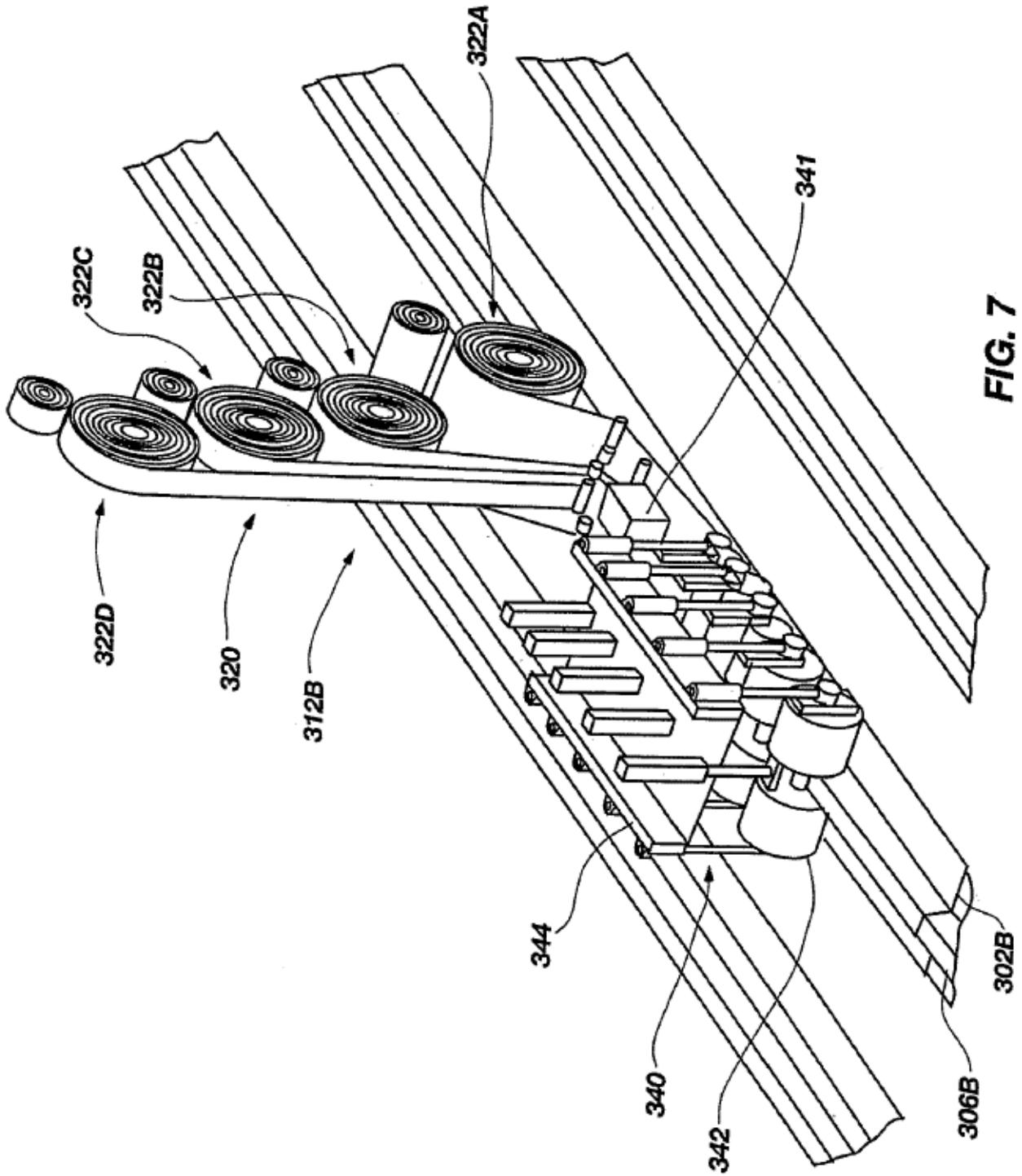


FIG. 6



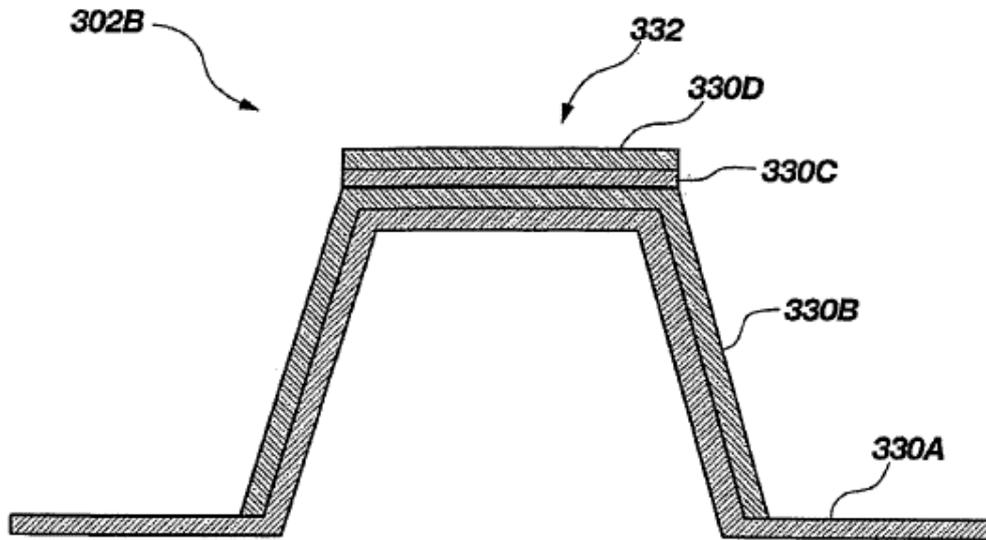


FIG. 8A

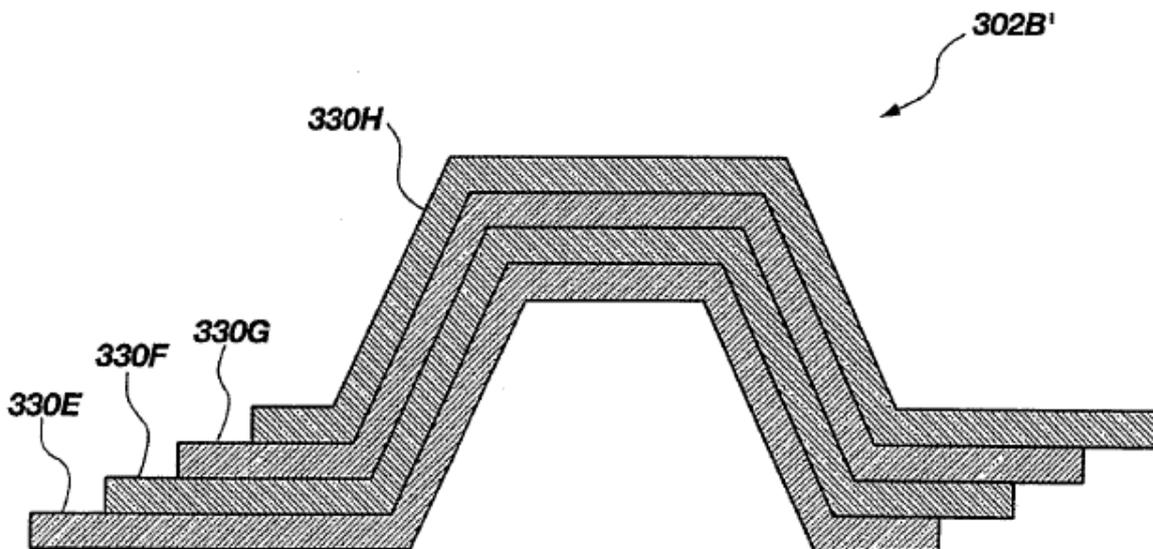


FIG. 8B

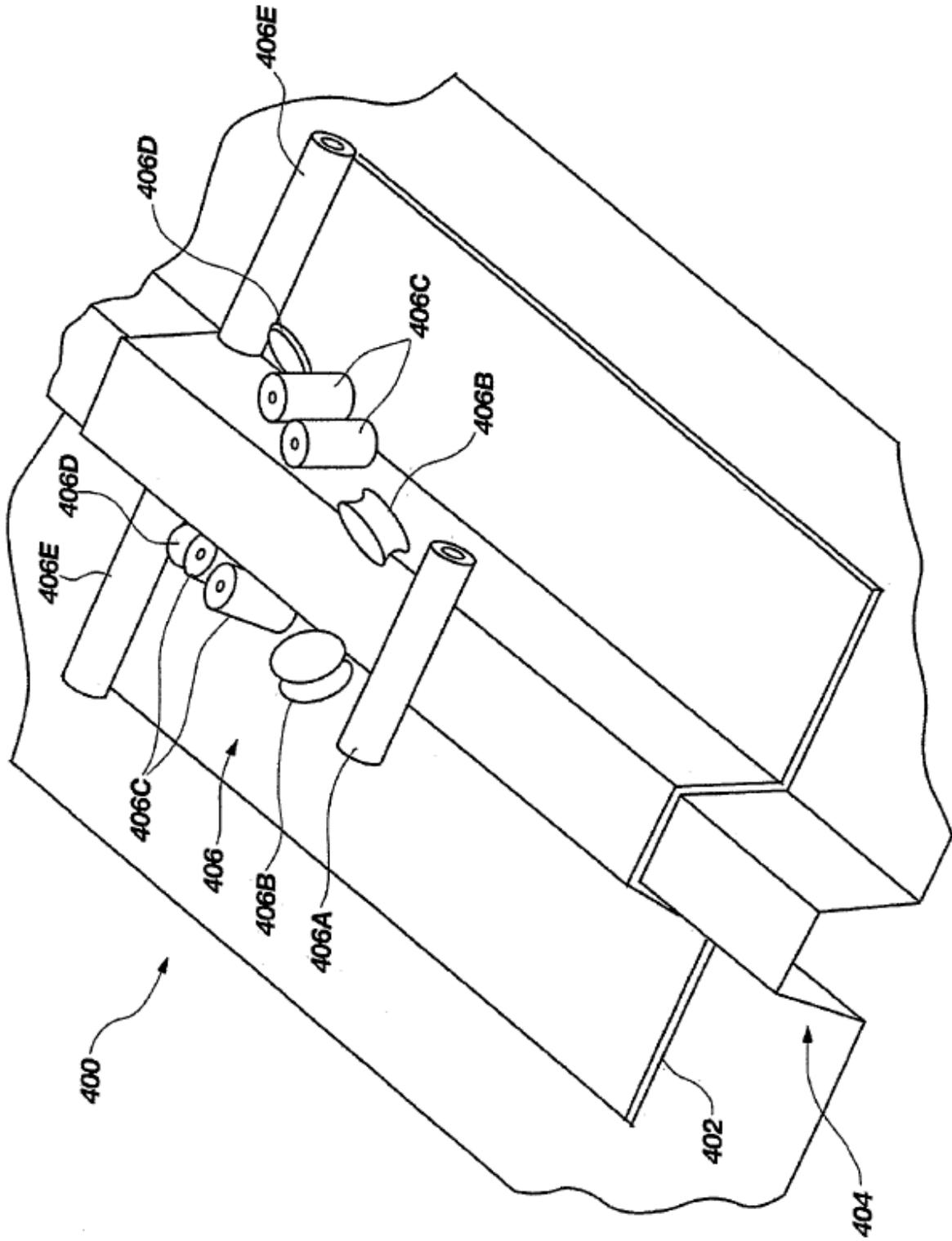


FIG. 9

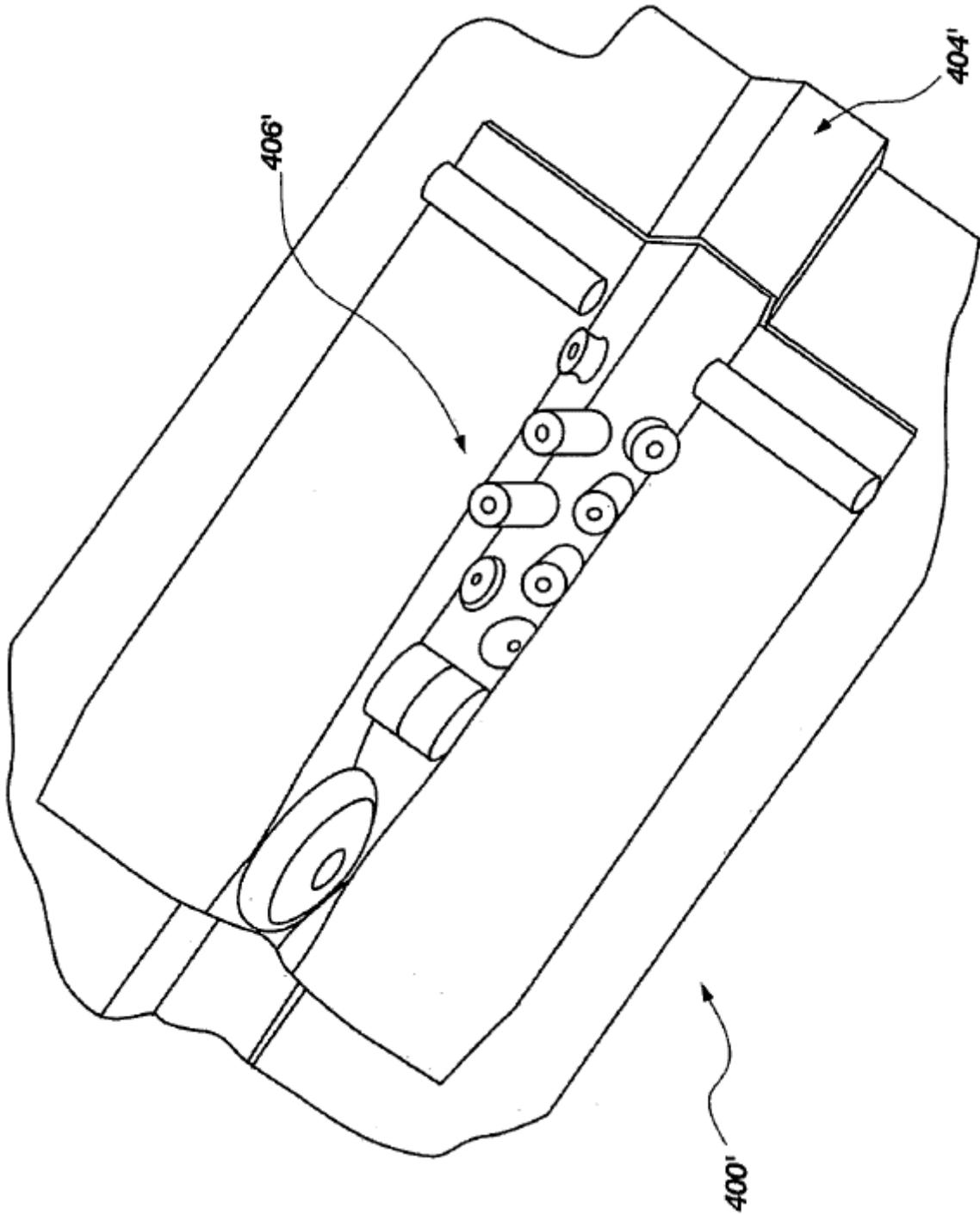


FIG. 10

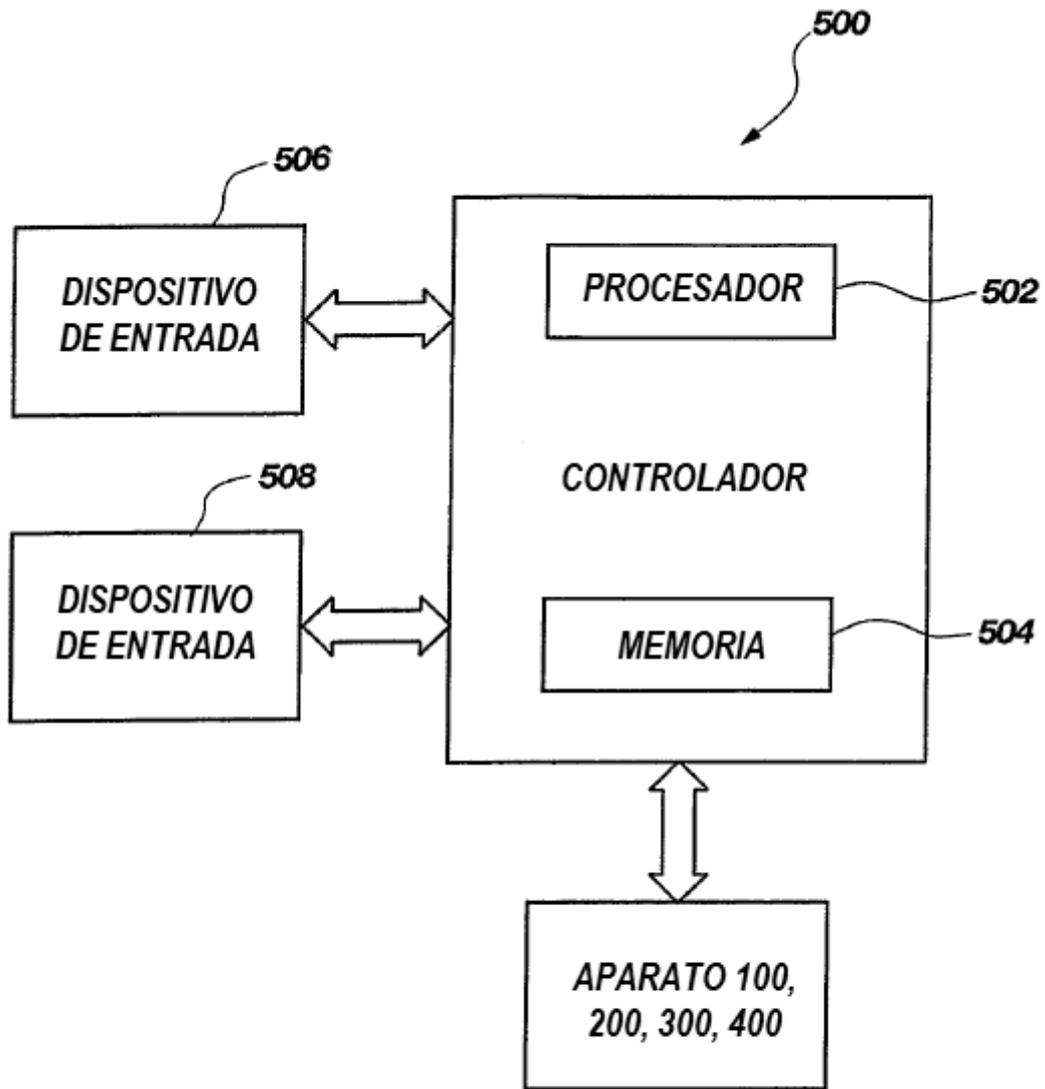


FIG. 11

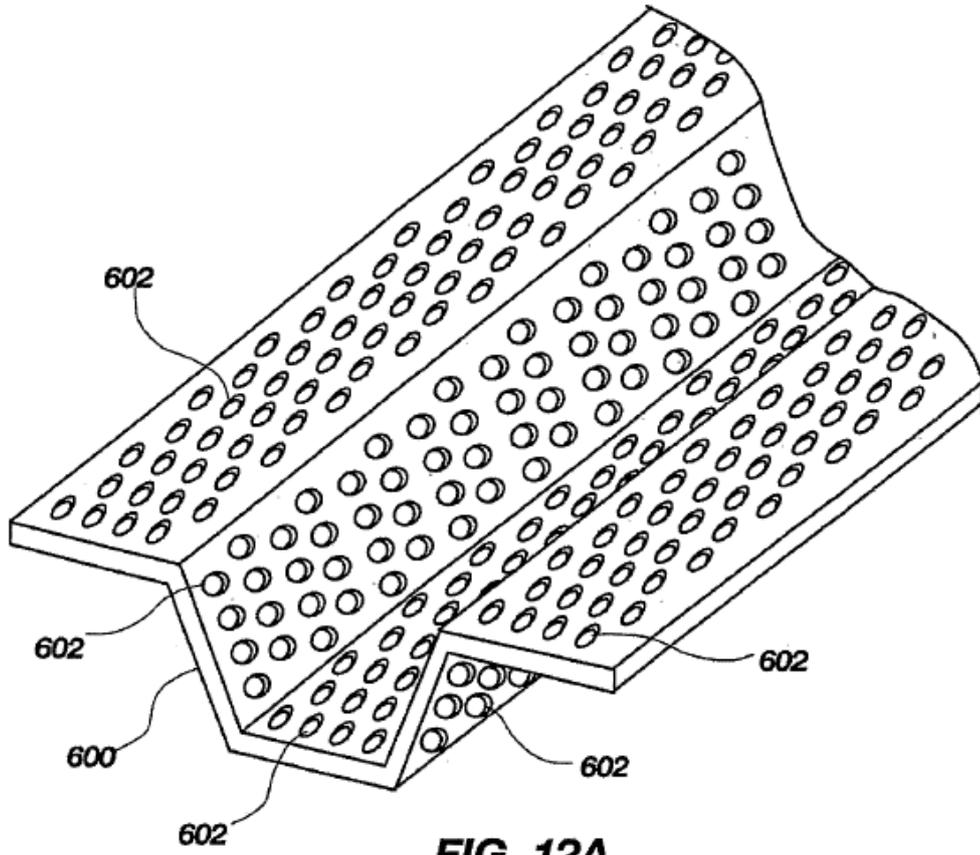


FIG. 12A

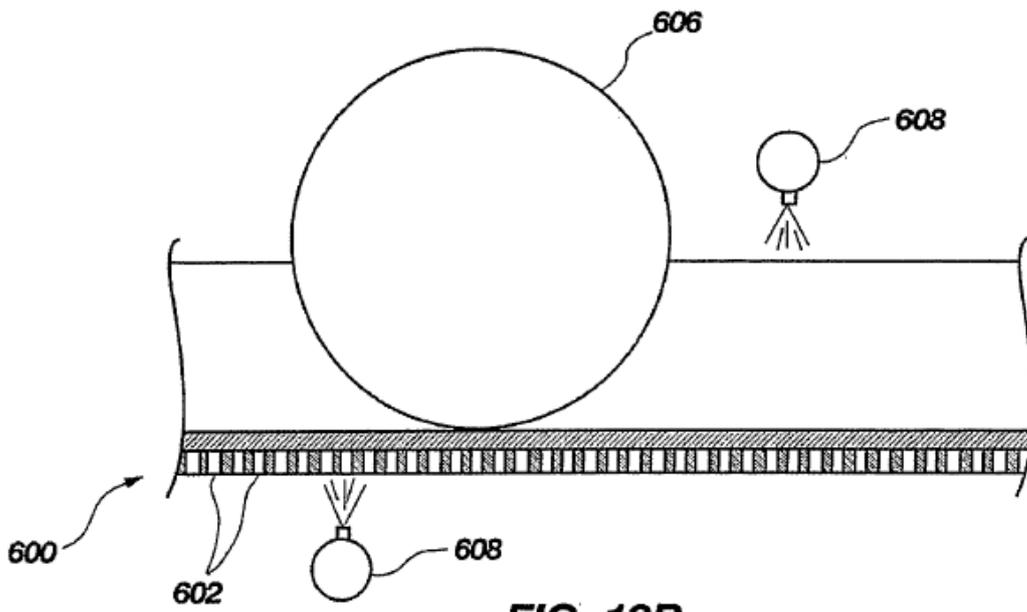


FIG. 12B

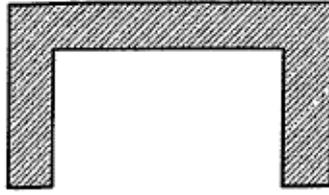


FIG. 13A

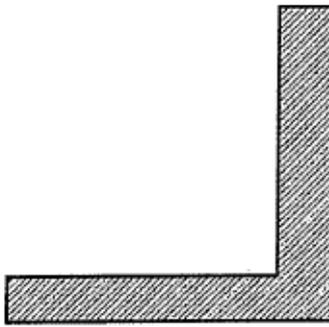


FIG. 13B



FIG. 13C

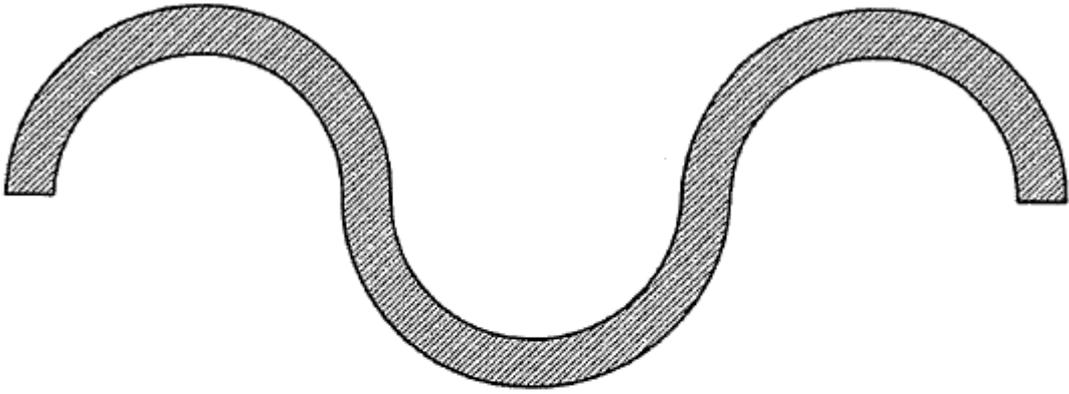


FIG. 13D

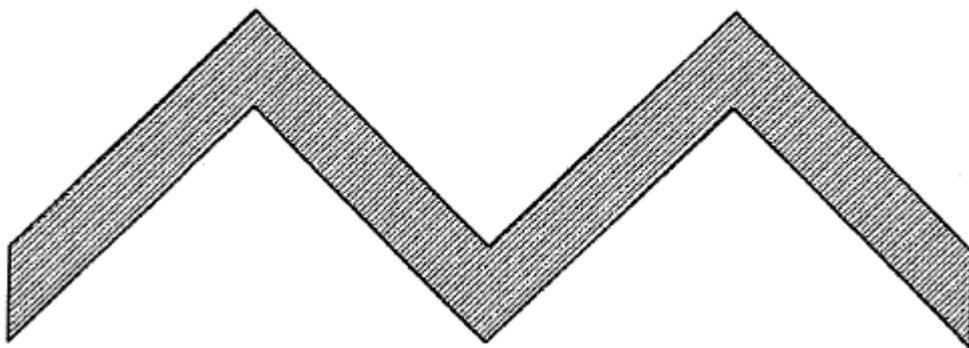


FIG. 13E

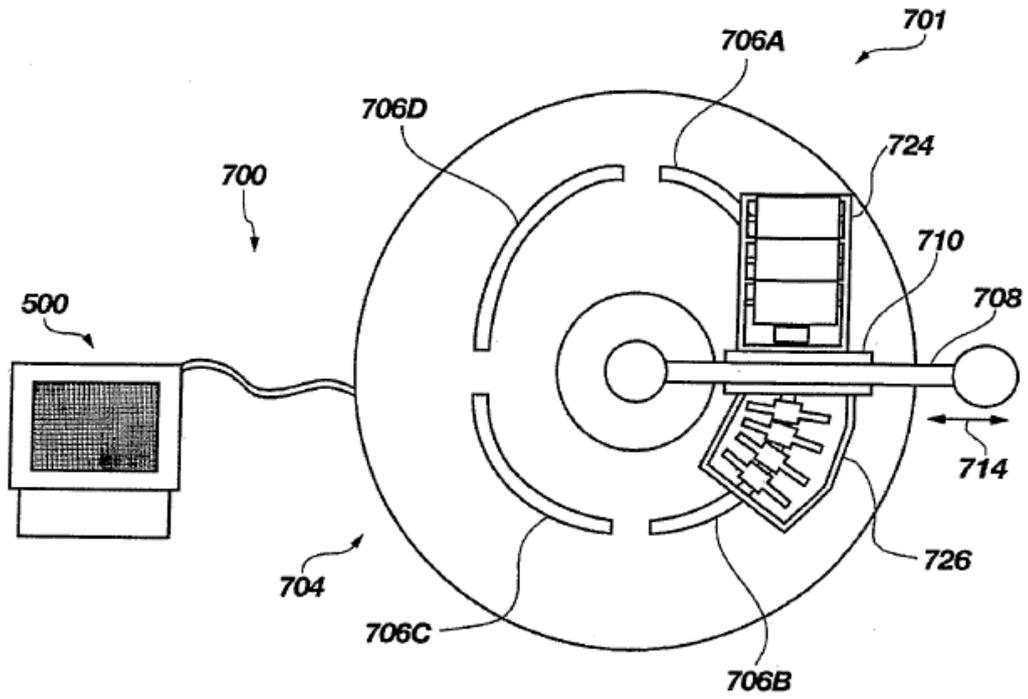


FIG. 14A

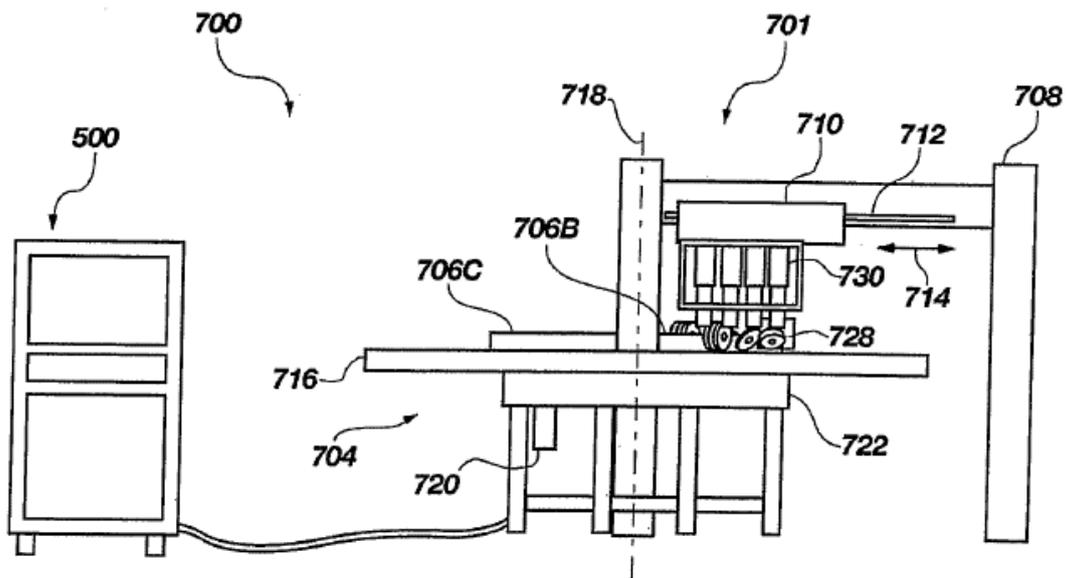


FIG. 14B

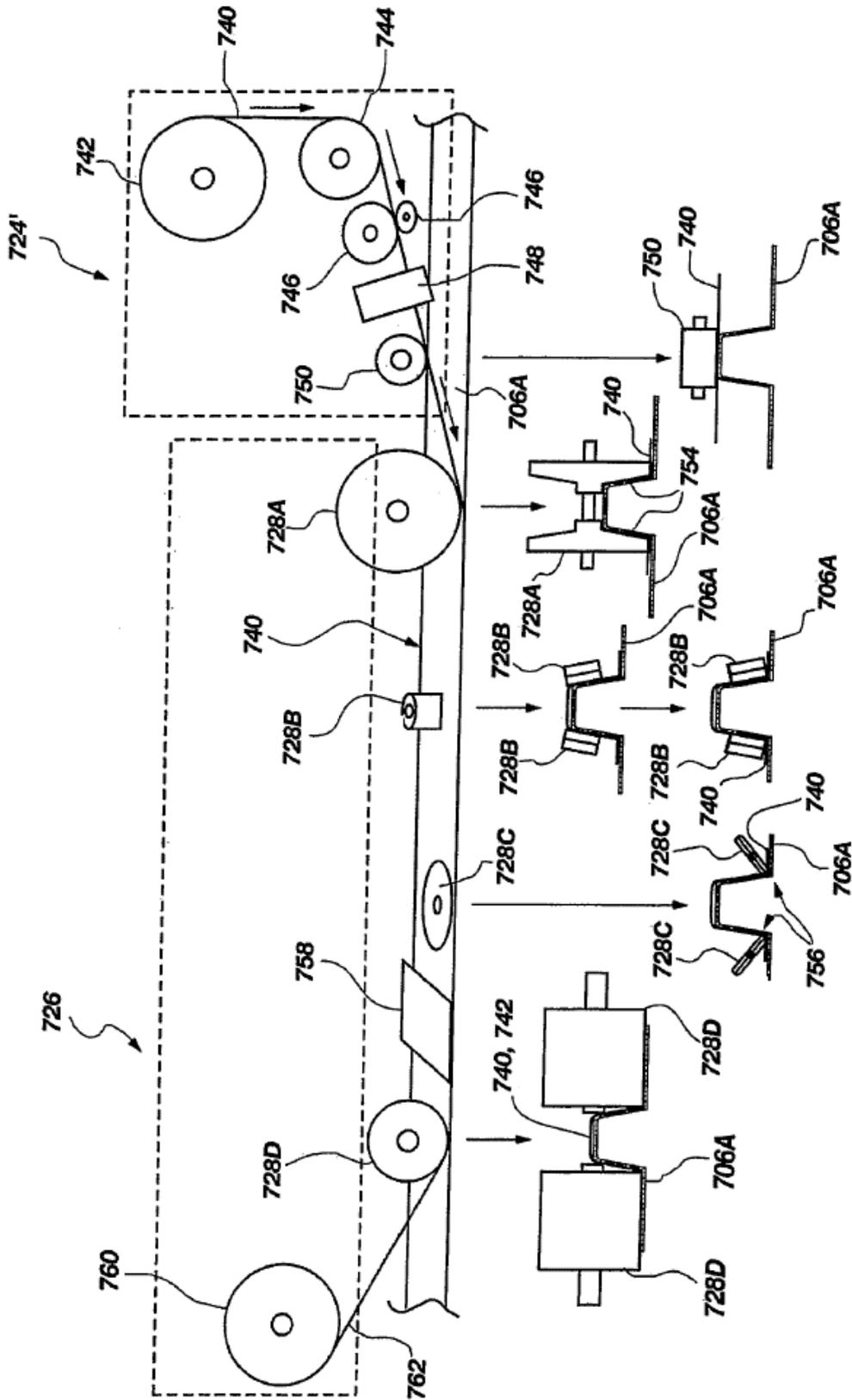
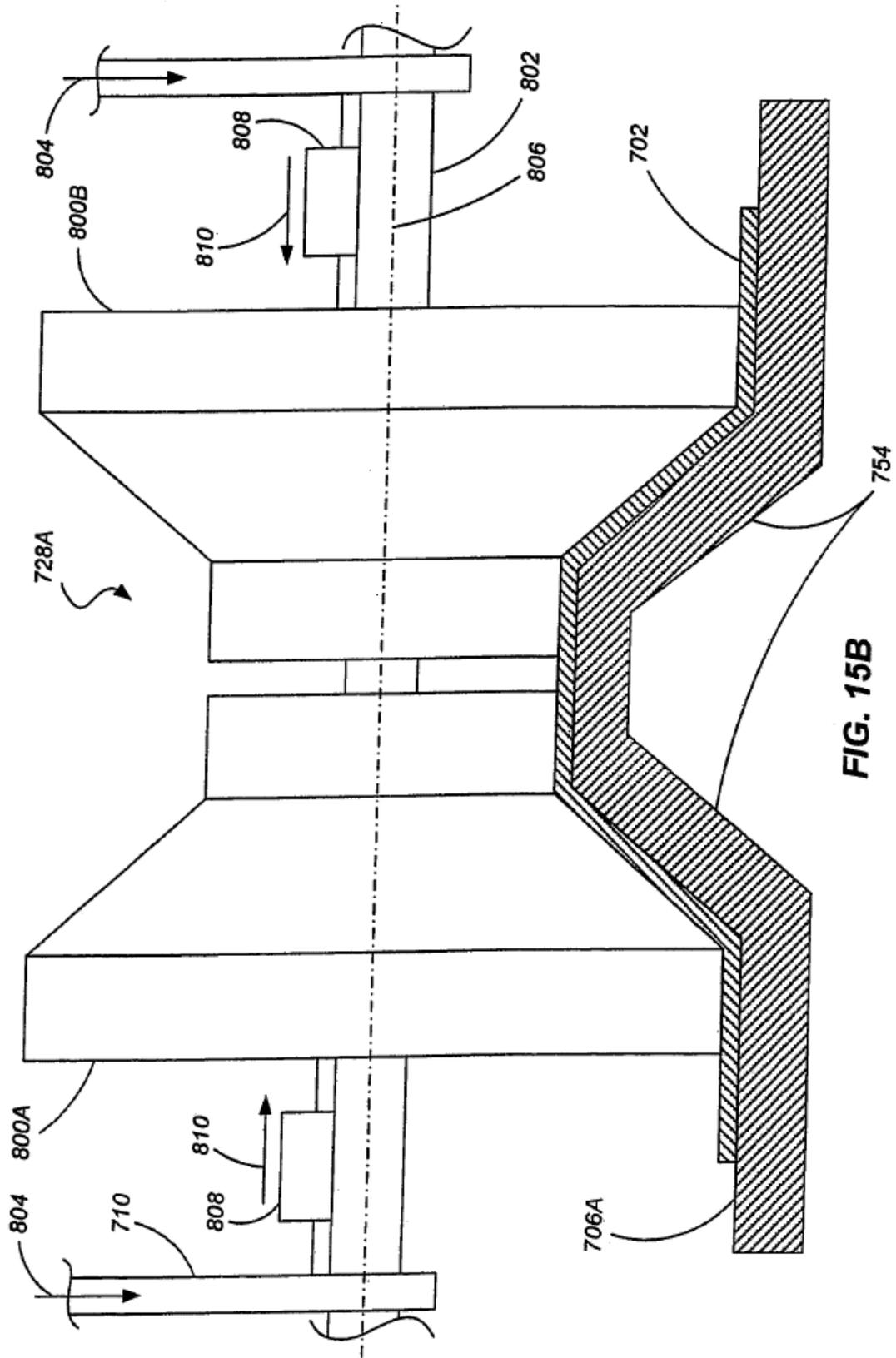


FIG. 15A



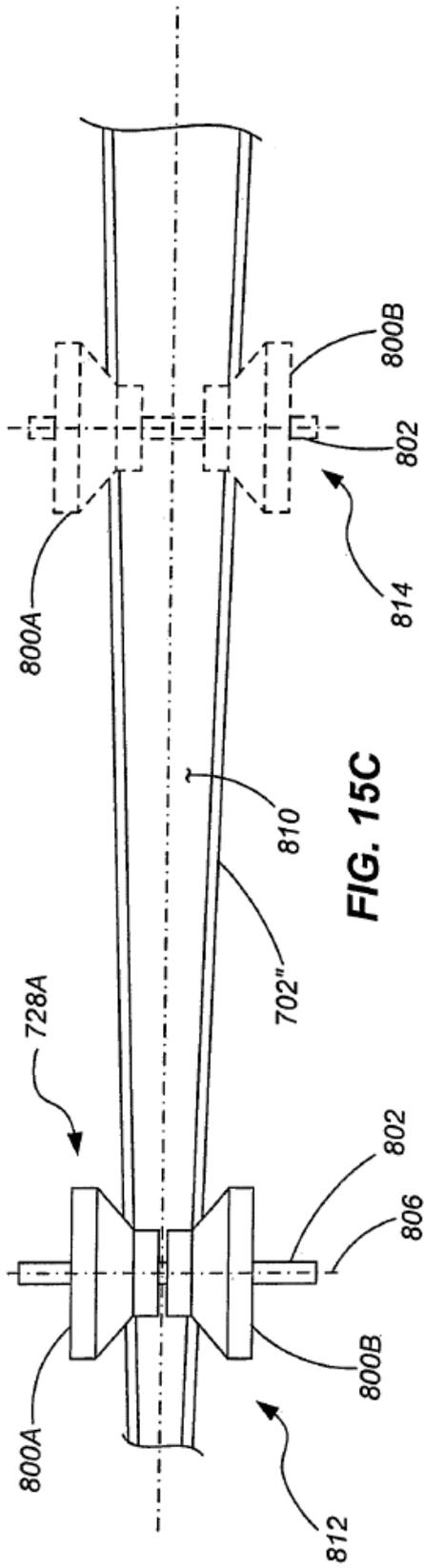


FIG. 15C

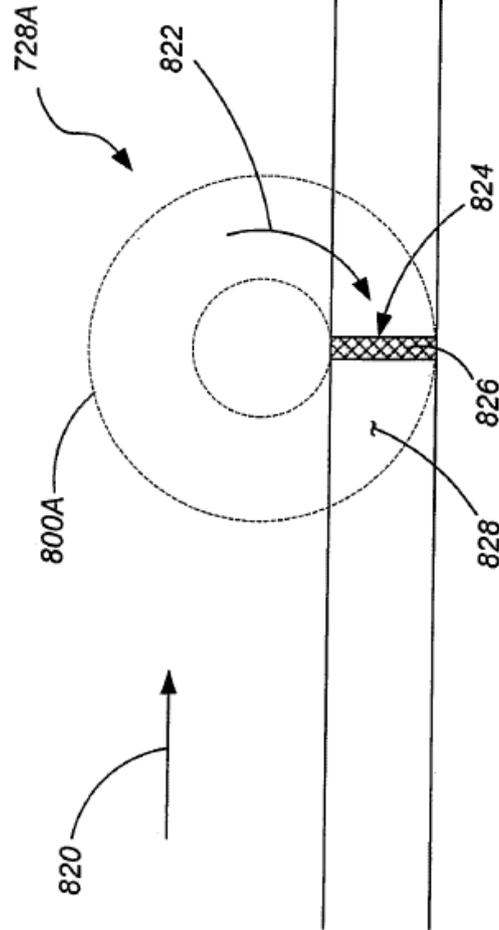


FIG. 15D

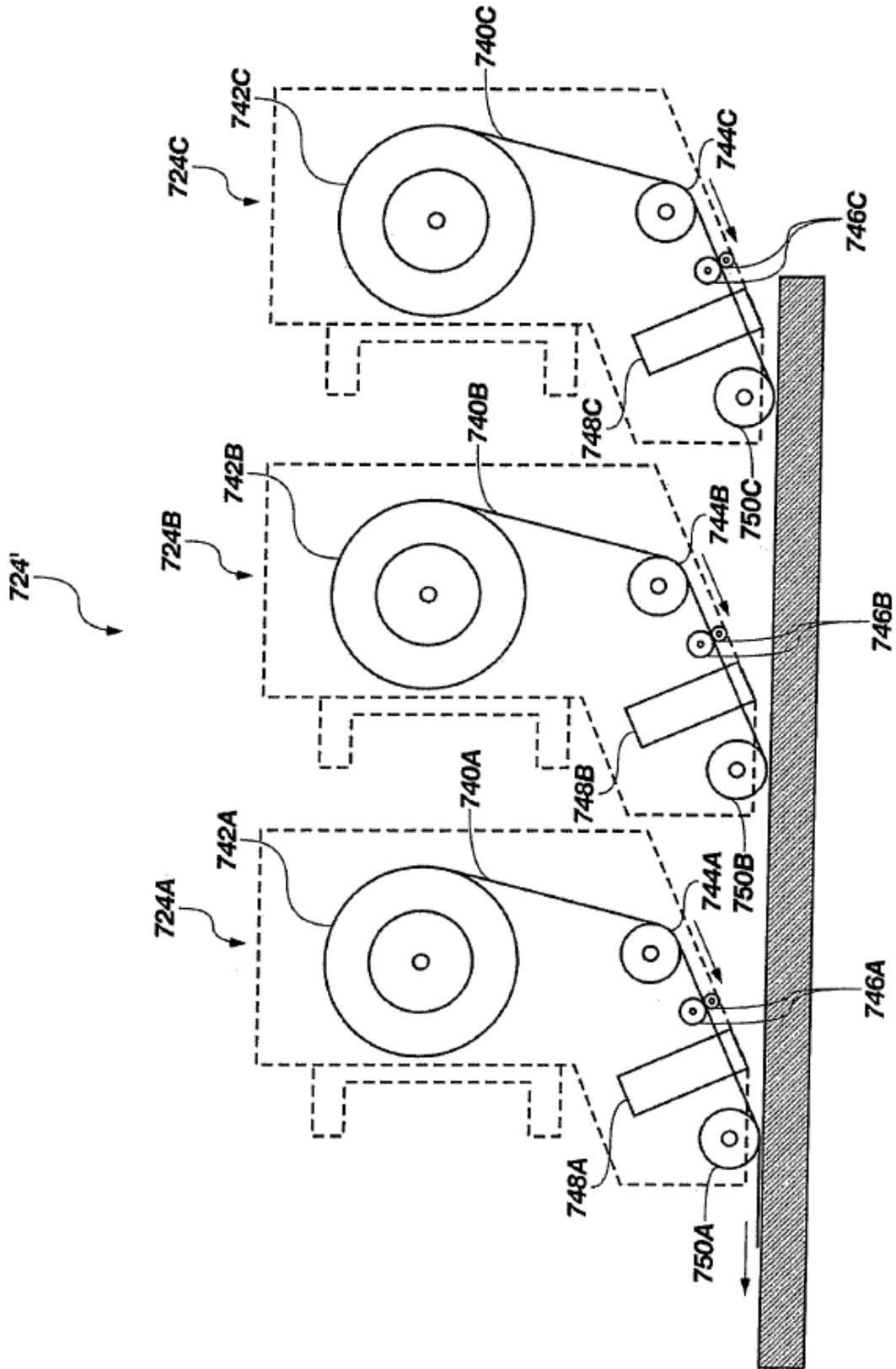


FIG. 16A

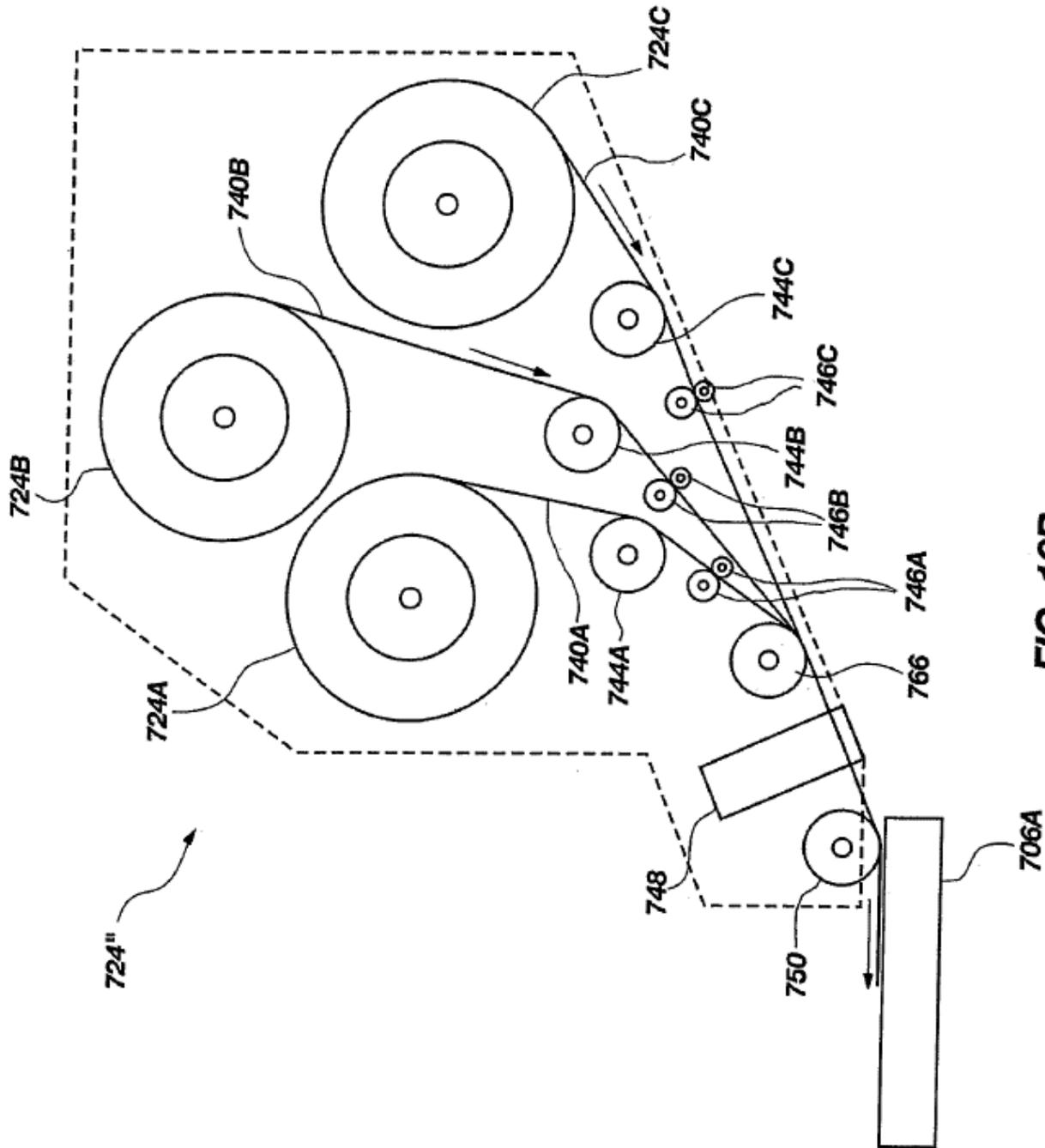


FIG. 16B

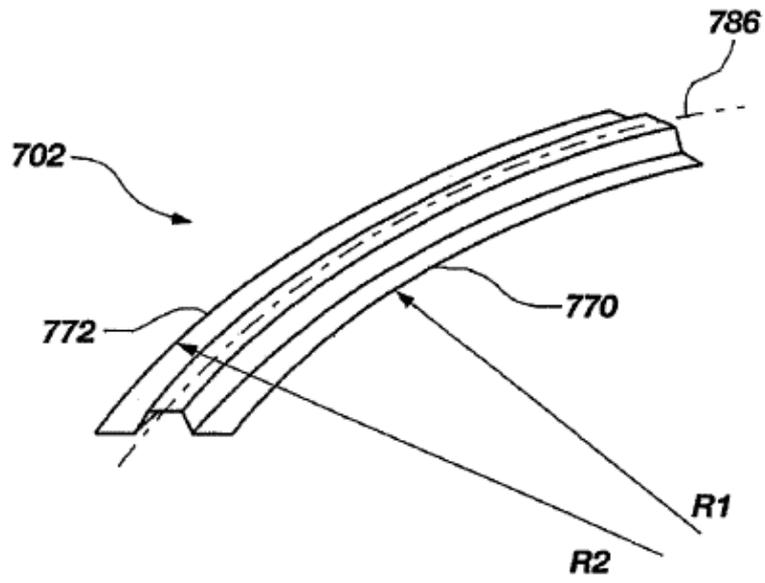


FIG. 17A

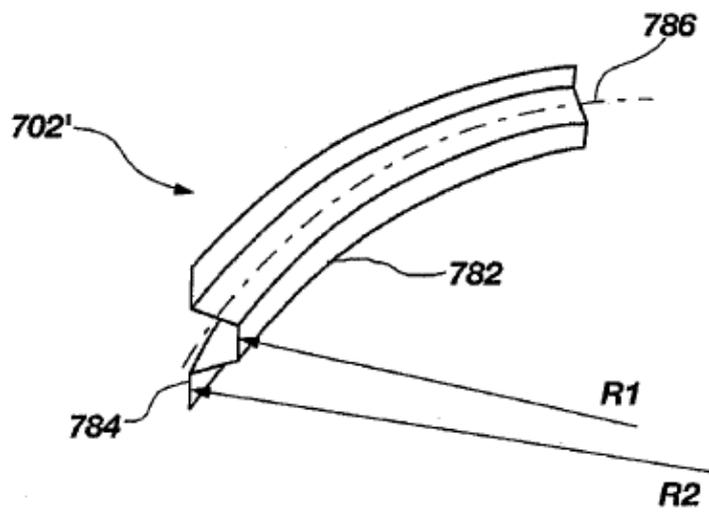


FIG. 17B

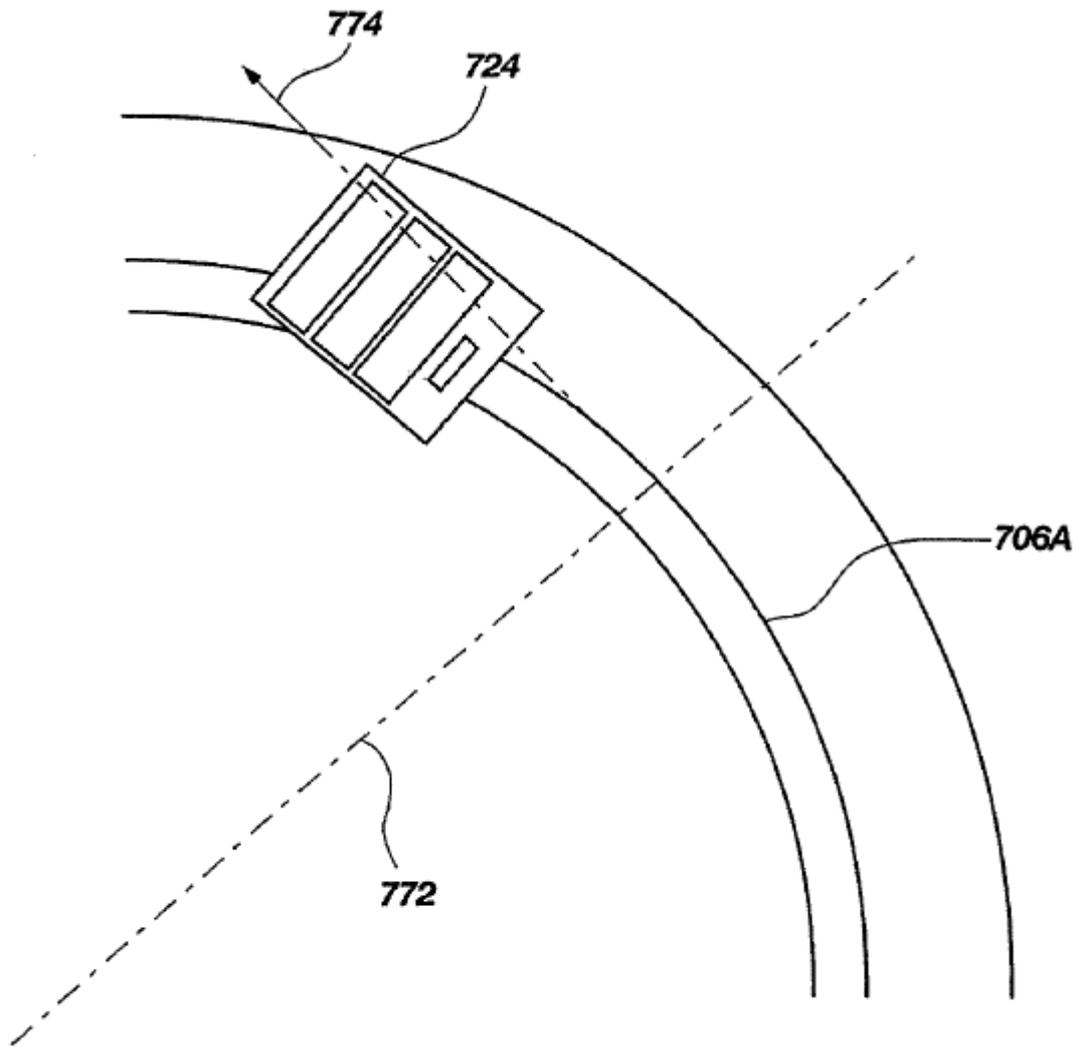


FIG. 18

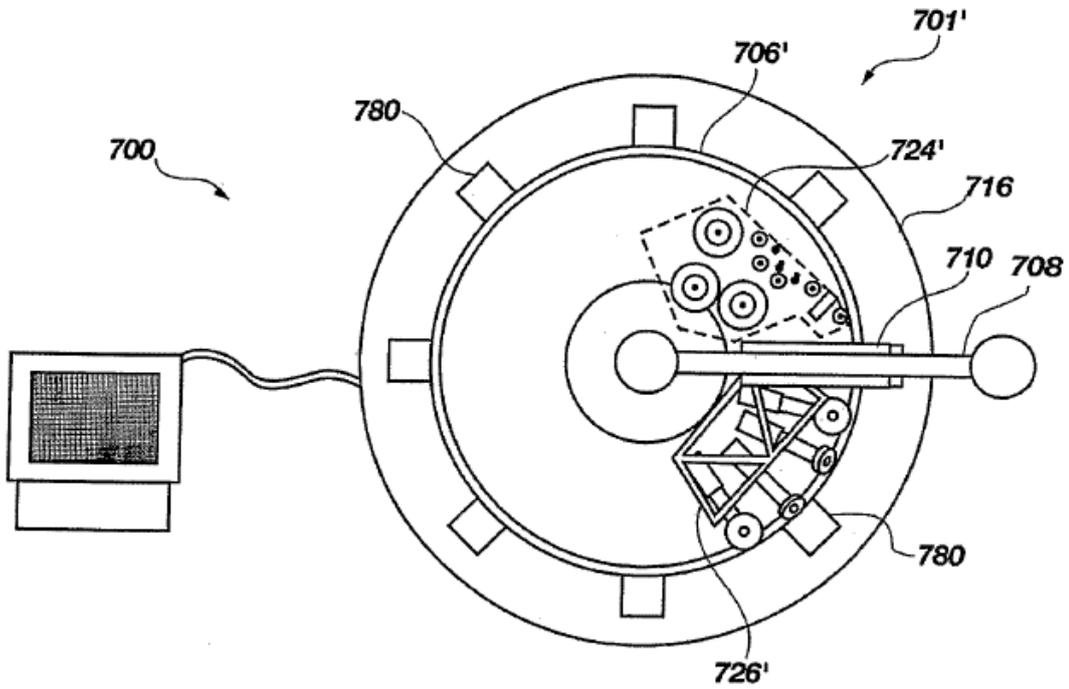


FIG. 19A

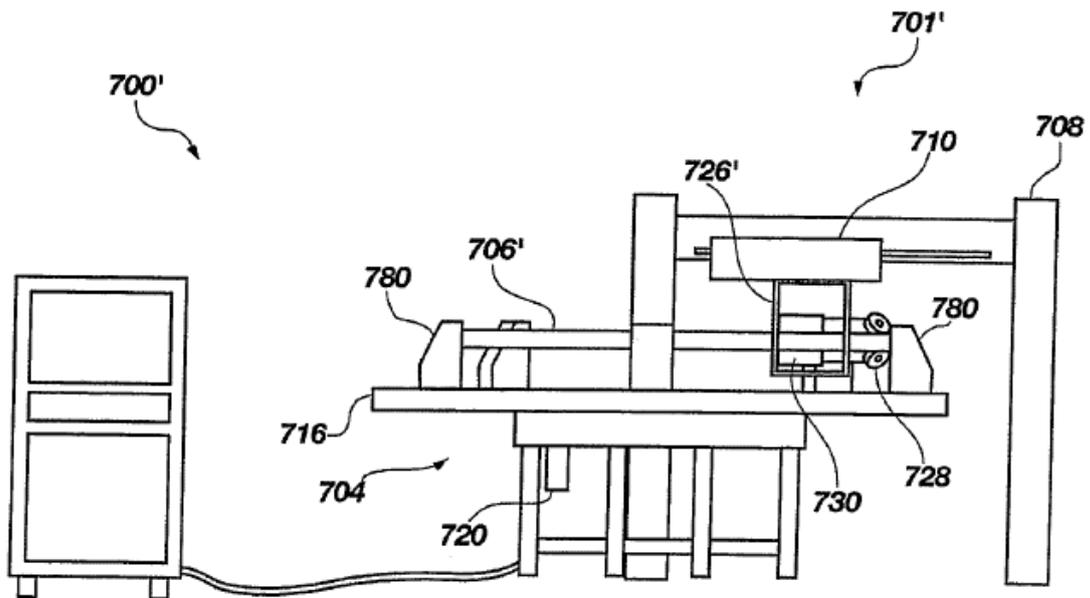


FIG. 19B

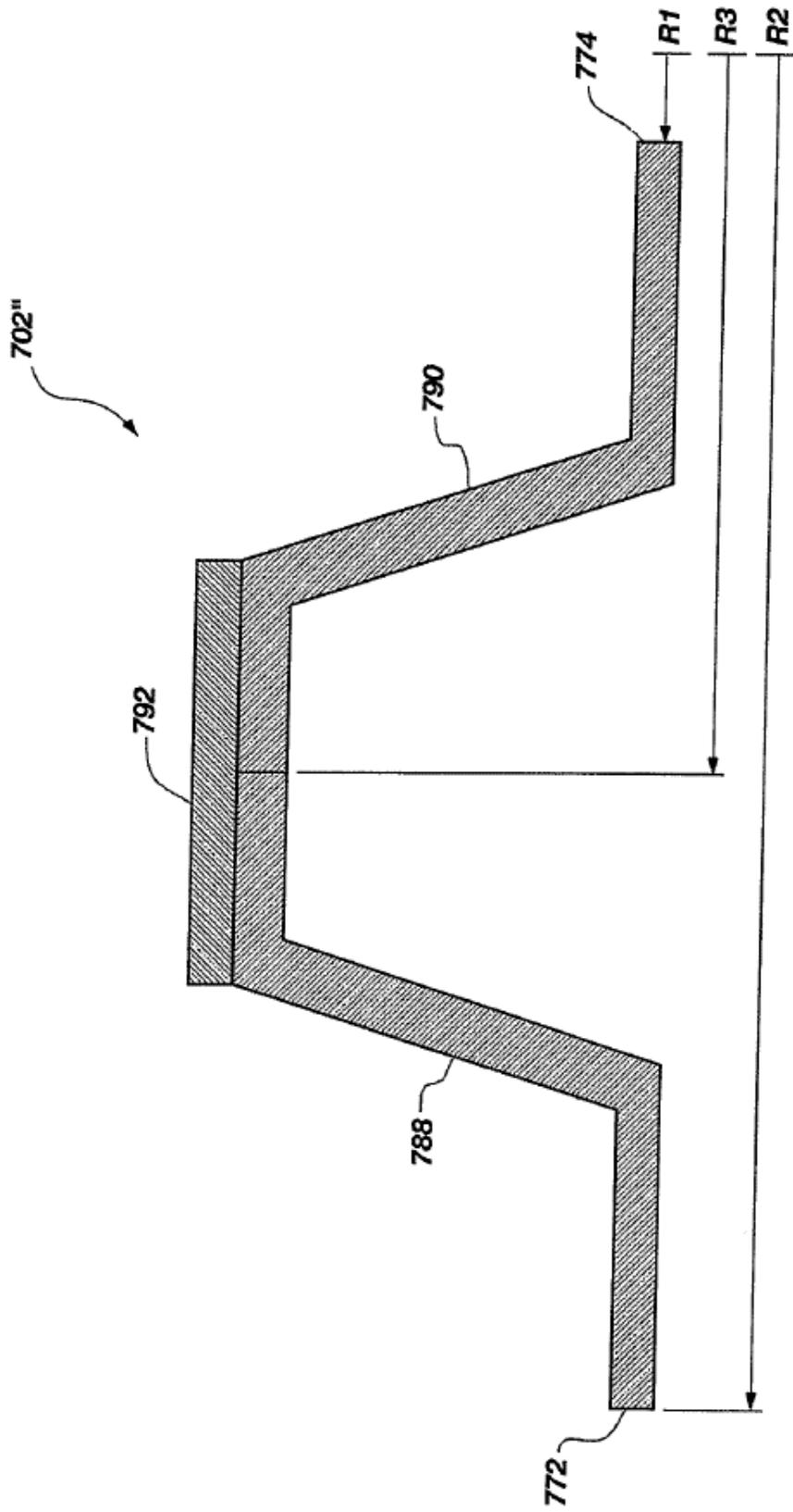


FIG. 20