



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 357 780**

51 Int. Cl.:  
**B29C 70/46** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06739544 .2**

96 Fecha de presentación : **24.03.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1874526**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **09.01.2008**

54 Título: **Método y aparato para formar elementos estructurales.**

30 Prioridad: **13.04.2005 US 105104**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**29.04.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**29.04.2011**

73 Titular/es: **THE BOEING COMPANY**  
**100 North Riverside Plaza**  
**Chicago, Illinois 60606, US**

72 Inventor/es: **Willden, Kurtis S;**  
**Lee, Michael A;**  
**Evans, Richard B y**  
**Jones, Darrell D.**

74 Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 357 780 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****ANTECEDENTES DE LA INVENCION****Campo de la invención**

La presente invención se refiere a la fabricación de elementos estructurales y se refiere más en concreto a un aparato y método para formar un elemento estructural contorneado.

**Descripción de la técnica relacionada**

Los elementos compuestos se usan comúnmente en aplicaciones, tales como aviones y otros vehículos, donde son deseables o necesarios un peso ligero y alta resistencia. A menudo los elementos compuestos deben ser formados en una configuración contorneada según la aplicación particular del elemento. Los elementos compuestos contorneados complejos son configurados típicamente en una configuración deseada mientras el material compuesto está en un estado "verde" o no curado y posteriormente se cura mientras se soporta en la configuración deseada. Un método convencional para formar tales elementos compuestos contorneados es colocar manualmente los materiales compuestos sobre un mandril u otra herramienta que defina una configuración macho correspondiente a la configuración deseada. Por ejemplo, el material compuesto se puede disponer como capas de fibra compuestas preimpregnadas ("prepregs") tal como laminados de fibra de carbono impregnados con epoxi. Las capas se colocan a mano sobre el mandril, y se curan en el mandril para formar el elemento, usando típicamente calor y/o presión. Alternativamente, el material compuesto se puede disponer como capas de tejido seco ("tejido seco"), y se puede añadir un material de unión por separado. En cualquier caso, el elemento estructural resultante se puede formar en varias formas deseadas. Sin embargo, tal proceso de colocación manual es lento. Además, hay que proporcionar típicamente un mandril separado para formar cada configuración particular del elemento compuesto.

Según otro método convencional para fabricar elementos compuestos, conocido como conformado en caída, se forma una carga laminada en forma de hoja plana o pieza en bruto de material compuesto contra un mandril. En particular, la carga es calentada y forzada alrededor del mandril macho usando una bolsa de vacío. El conformado en caída ha sido usado satisfactoriamente para formar piezas compuestas donde las piezas formadas solamente tienen unas pocas capas prepreg. Sin embargo, para laminados gruesos y formas complejas tales como elementos compuestos que definen vigas en forma de C, I o L, longitudes de pestaña largas, contornos a lo largo de su longitud, grosores variables, endentados (o cambios en dirección), o desfases, el conformado en caída con bolsa de vacío puede dar lugar a rizado de las capas.

La Solicitud de Patente de Estados Unidos número 6.814.916, titulada "Método de formación de compuestos", publicada el 4 de Marzo de 2004, cedida al cesionario de la presente solicitud, describe un sistema y método para formar materiales compuestos y reducir el pandeo de las fibras del material compuesto. En particular, se puede formar una carga compuesta sobre un mandril usando vejigas y chapas calefactoras. La Solicitud de Patente de Estados Unidos número 7.118.370, titulada "Conformadora en caída de largueros compuestos", publicada el 10 de Octubre de 2006, que también ha sido cedida al cesionario de la presente solicitud, también describe una máquina y método para formar materiales compuestos alrededor de un mandril.

DE4234002 describe un método y aparato según los preámbulos de las reivindicaciones 1 y 10 para producción de un producto en forma de U usando capas de fibra impregnada con resina que implica fabricar una preforma a una dimensión ligeramente menor que el componente acabado; colocar en una herramienta y prensar la preforma contra la pared de la herramienta aplicando presión dentro del perfil en U con un punzón expansible, y después curar finalmente la resina cuando la preforma está completamente expandida. El aparato usado incluye un núcleo de preformar con una dimensión ligeramente menor que el perfil interior del producto final, una herramienta empujada con el perfil del producto final y un punzón expansible que incluye el núcleo de preformar.

Aunque los dispositivos y métodos anteriores son útiles para formar elementos compuestos, existe una continua necesidad de un aparato y método mejorados para formar elementos compuestos. El método deberá ser capaz de producir elementos compuestos que definan varios contornos, incluyendo contornos incluyendo variaciones de grosor, curvas, ángulos, pestañas y análogos.

**RESUMEN DE LA INVENCION**

Según la presente invención se facilita un método para formar un elemento estructural compuesto de resina reforzada con fibra a partir de una carga y un aparato asociado, ambos como los reivindicados en las reivindicaciones anexas.

La carga se puede disponer en un primer troquel del aparato y formar a una configuración deseada definida por un rebaje o cavidad del troquel insertando un segundo troquel o una herramienta en el rebaje.

Según una realización de la presente invención, el aparato incluye un primer troquel soportado por un bastidor. El primer troquel tiene porciones longitudinales incompresibles primera y segunda que son transversalmente ajustables entre posiciones primera y segunda para ajustar un rebaje entre la porción. Un segundo troquel, que también es

soportado por el bastidor, define una superficie exterior que corresponde al rebaje del primer troquel. Al menos uno de los troqueles es ajustable con relación al bastidor en una dirección hacia el troquel opuesto de modo que el segundo troquel pueda ser insertado en el rebaje del primer troquel, ajustando por ello las porciones del primer troquel transversalmente hacia fuera y formando la carga entre los troqueles primero y segundo a la configuración del elemento estructural. Al menos un dispositivo de control de movimiento está configurado para controlar el ajuste transversal de las porciones del primer troquel. El primer troquel también puede estar adaptado para impedir el movimiento transversal de la carga de modo que las superficies opuestas de la carga se sometan a esfuerzo en tensión durante la conformación. El primer troquel puede ser fácilmente extraíble del bastidor de soporte con la carga formada soportada por el troquel en la configuración del elemento estructural, por ejemplo, sin reconfiguración del bastidor de soporte y el segundo troquel de modo que el troquel pueda soportar la carga formada durante una operación posterior de procesado. En algunos casos, uno de los dos troqueles puede ser flexible, y se pueden facilitar dispositivos de bloqueo para retener una posición de cada una de las porciones del primer troquel. Ambos troqueles pueden incluir una pluralidad de segmentos que están conectados longitudinalmente.

En una disposición alternativa se facilita un aparato incluyendo un troquel que define un agujero correspondiente a una configuración predeterminada del elemento estructural y una herramienta configurada para introducción en el agujero. Un dispositivo de colocación está configurado para insertar la herramienta al menos parcialmente en el agujero y formar por ello la carga a una configuración definida entre la herramienta y el troquel. Además, un dispositivo formador está configurado para ajustar una porción de la carga fuera del agujero del troquel y por ello envolver la carga al menos parcialmente alrededor de la herramienta. El dispositivo de formación y/o el dispositivo de colocación están configurados para compactar la carga contra la herramienta y por ello formar el elemento estructural a la configuración predeterminada del elemento estructural. La herramienta puede ser un elemento rígido o una vejiga inflable, y el dispositivo de colocación puede estar configurado para enganchar y desenganchar selectivamente la herramienta de modo que la herramienta esté configurada para ser envuelta con la carga. El dispositivo de colocación también puede estar configurado para empujar la herramienta al agujero en una primera dirección, y el dispositivo de formación puede estar configurado para extenderse en una segunda dirección transversal para curvar uno o varios bordes de la carga alrededor de la herramienta.

Según el método de la presente invención, se facilitan troqueles primero y segundo para formar la carga como los definidos en la reivindicación 1. El primer troquel incluye porciones primera y segunda que son ajustables en direcciones transversales entre posiciones primera y segunda y están estructuradas en la segunda posición para definir de forma cooperante un rebaje para recibir al menos parcialmente el segundo troquel. Se dispone una carga entre los troqueles, y se inserta el segundo troquel al menos parcialmente en el rebaje de modo que las porciones del primer troquel se ajusten transversalmente hacia fuera y la carga se forme entre los troqueles a la configuración del elemento estructural. Cada porción del primer troquel puede ser empujada transversalmente hacia dentro para controlar el movimiento transversal de las porciones.

La carga puede ser retenida en el primer troquel de modo que las superficies opuestas de la carga se sometan a esfuerzo en tensión durante la formación, tal como evacuando gas a través de una pluralidad de agujeros definidos por las porciones del primer troquel. En algunos casos, el primer troquel se flexiona durante la formación, y la posición de las porciones del primer troquel puede ser bloqueada después de formar la carga. Así, la carga puede ser soportada por el primer troquel durante la formación y también durante una operación posterior de procesado realizada después de sacar el troquel del aparato. Además, la carga se puede colocar en el primer troquel como una pluralidad de capas compuestas.

Según otro método de la presente invención, una carga está dispuesta en un troquel que tiene porciones longitudinales primera y segunda, por ejemplo, como una pluralidad de capas de un material compuesto. Las porciones se ajustan transversalmente de modo que las porciones definan de forma cooperante un rebaje. La carga se forma contra las porciones. A continuación, mientras se soporta en el troquel, la carga se recorta a una configuración predeterminada del elemento estructural. La carga puede ser retenida en el troquel durante la formación de modo que ambas superficies opuestas de la carga se sometan a esfuerzo en tensión. Cada porción también puede ser empujada transversalmente hacia dentro durante la formación para controlar el ajuste de las porciones. Además, las porciones del troquel pueden ser bloqueadas en posición después de la formación para evitar el ajuste transversal de las porciones durante el recorte.

Según otra disposición, la carga se dispone en un troquel que define un agujero, y se inserta una herramienta al menos parcialmente en el agujero para formar por ello la carga a una configuración definida entre la herramienta y el troquel. Por ejemplo, la herramienta se puede enganchar y desenganchar selectivamente de un dispositivo de colocación de modo que la herramienta pueda ser configurada para envolverse con la carga. Se ajusta un dispositivo formador fuera del agujero del troquel para envolver la carga al menos parcialmente alrededor de la herramienta. A continuación, la carga es compactada contra la herramienta para formar el elemento estructural en una configuración predeterminada tal como una configuración tubular. Por ejemplo, la herramienta se puede inflar, o el dispositivo de colocación o el dispositivo de formación puede ser empujado hacia la herramienta para compactar la carga.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Los dibujos acompañantes ilustran realizaciones preferidas y ejemplares y no se representan necesariamente a escala.

La figura 1 es una vista en perspectiva que ilustra un aparato para formar un elemento estructural según una realización de la presente invención.

5 La figura 2 es una vista en perspectiva que ilustra el bastidor de soporte del aparato de la figura 1.

La figura 3 es una vista en perspectiva parcial que ilustra una porción del aparato de la figura 1.

La figura 4 es una vista en perspectiva parcial que ilustra una porción del aparato de la figura 1.

La figura 5 es una vista en alzado que ilustra el aparato de la figura 1.

10 Las figuras 6-8 son vistas en alzado que ilustran el aparato de la figura 1, representado con el segundo troquel en posiciones sucesivamente extendidas.

La figura 9 es una vista en perspectiva que ilustra la bandeja de soporte y el primer troquel del aparato de la figura 1.

La figura 9A es una vista en sección que ilustra una porción del primer troquel a lo largo de la línea 9A-9A de la figura 9.

15 La figura 10 es una vista en perspectiva parcial que ilustra la bandeja de soporte y el primer troquel del aparato de la figura 1.

La figura 10A es una vista en sección que ilustra una porción del primer troquel según se ve en una dirección paralela a la dirección longitudinal del primer troquel.

La figura 11 es una vista en perspectiva que ilustra el elemento estructural durante una operación de recorte.

20 La figura 12 es una vista en perspectiva que ilustra un elemento estructural formado por el aparato de la figura 1.

La figura 13 es una vista en alzado que ilustra un aparato para formar un elemento estructural según otra realización de la presente invención.

25 La figura 13A es una vista en alzado que ilustra un aparato para formar un elemento estructural según otra realización de la presente invención, representado con la carga sin formar.

La figura 13B es una vista en alzado que ilustra el aparato de la figura 13A, representado con la carga parcialmente formada.

La figura 13C es una vista en alzado que ilustra el aparato de la figura 13A, representado con la carga completamente formada.

30 La figura 13D es una vista en perspectiva que ilustra un aparato según una realización de la presente invención incluyendo pogos para soportar los troqueles.

La figura 13E es una vista en perspectiva parcial que ilustra una porción de la figura 13D.

La figura 14 es una vista en perspectiva que ilustra un aparato para formar un elemento estructural según otra disposición.

35 Las figuras 15-25 son vistas en perspectiva que ilustran el aparato de la figura 14 representado durante varias etapas durante una operación de formación.

La figura 26 es una vista en perspectiva que ilustra un compuesto reforzado con sección de sombrero formado por el aparato de la figura 15.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

40 La presente invención se describirá ahora más completamente con referencia a los dibujos acompañantes, en los que se representan algunas pero no todas las realizaciones de la invención. Esta invención puede ser realizada de muchas formas diferentes y no se deberá interpretar limitada a las realizaciones expuestas. Números análogos se refieren a elementos análogos en todos ellos.

Con referencia ahora a los dibujos, y en particular a las figuras 1, 5 y 12, el aparato 10 para formar elementos

estructurales 12 según una realización de la presente invención puede ser usado para formar elementos estructurales 12 de varios tamaños y configuraciones. La configuración representada en la figura 12 y descrita en toda esta descripción es un larguero de sombrero para hacer un compuesto reforzado con sección de sombrero. Aunque se representa generalmente recto, el larguero puede ser curvado o tener curvatura compleja, según sea apropiado para la aplicación prevista. Los elementos estructurales 12 se fabrican típicamente de una pieza en bruto o carga 14. En particular, la carga 14 puede ser un elemento laminar formado de un material compuesto, es decir, un material fibroso de refuerzo dispuesto en un material de matriz. Los materiales compuestos ejemplares incluyen elementos de refuerzo tales como fibras individuales, hilos, trenzas, esterillas tejidas o no tejidas, y análogos formados de materiales tales como fibra de vidrio, metal, minerales, grafito o carbono, nylon, aramidas tales como Kevlar®, una marca comercial registrada de E. L du Pont de Nemours and Company, y análogos. El material de matriz pueden ser resinas poliméricas termoplásticas o termoestables. Las resinas termoestables ejemplares incluyen alilos, poliésteres alquídicos, bismaleimidias (BMI), epoxies, resinas fenólicas, poliésteres, poliuretanos (PUR), poliurea-formaldehído, éster cianato, y resina de viniléster. Las resinas termoplásticas ejemplares incluyen polímeros de cristal líquido (LCP); fluoroplásticos, incluyendo politetrafluoroetileno (PTFE), etileno propileno fluorado (FEP), resina perfluoroalcoxi (PFA), policlorotrifluoroetileno (PCTFE), y politetrafluoroetileno perfluorometilviniléter (MFA); resinas a base de cetona, incluyendo poliéter eter cetona (PEEK™, una marca comercial de Victrex PLC Corporation, Thorntons Cleveleys Lancashire, Reino Unido); poliamidas tales como nylon-616, fibra de vidrio a 30%; poliétersulfonas (PES); poliamidaimidas (PAIS), polietilenos (PE); termoplásticos de poliéster, incluyendo tereftalato de polibutileno (PBT), tereftalato de polietileno (PET), y poli(tereftalatos de fenileno); polisulfonas (PSU); o poli(sulfuros de fenileno) (PPS). Alternativamente, la carga se puede formar de otros materiales, incluyendo materiales no compuestos o no reforzados incluyendo, aunque sin limitación, metales, polímeros tales como termoplásticos y termoestables, y análogos, algunos de los cuales pueden requerir calor durante la formación.

En algunos casos, la carga 14 se forma de un material con un nivel de adhesividad bajo. Es decir, aunque los materiales laminados compuestos convencionales tienen típicamente una adhesividad suficiente para sujetar las capas del laminado conjuntamente durante la operación de colocación manual y posterior consolidación y formación, el nivel de adhesividad de los materiales usados en la presente invención puede ser sustancialmente menor, y el aparato 10 puede proporcionar suficiente soporte a la carga 14 durante todas las varias operaciones de fabricación de modo que las capas no se separen una de otra a pesar del nivel de adhesividad bajo. Por ejemplo, el material de la carga 14 puede tener un nivel de adhesividad de entre aproximadamente 1,786 kg/m (0,1 lbs/pulgada) y 17,86 kg/m (1 lb/pulgada), medido por la fuerza requerido para sacar el material (en condiciones atmosféricas estándar) de un verificador de adhesividad AccuTack™ que se puede obtener de ThwingAlbert Instrument Company de Filadelfia, PA. Dicho material de baja adhesividad se puede formar de resina Toray® serie 3900 de Toray Industries Inc., de Tokio, Japón, que se puede usar en combinación con un material de refuerzo tal como fibra de carbono o vidrio. Además, el aparato 10 puede mejorar los niveles de adhesividad entre capas cuando se forma el material. Esta adhesividad mejorada es suficiente para mantener las capas conjuntamente y mantener la forma formada.

La carga 14 es típicamente un elemento sustancialmente plano que no esté curado. Así, la carga 14 se puede formar a la forma deseada del elemento estructural 12 por presión, con o sin calentamiento de la carga 14. El elemento estructural 12 según la presente invención puede definir varios contornos y configuraciones incluyendo curvas, ángulos, pestañas, contornos complejos, y análogos. En particular, los elementos estructurales 12 pueden definir largueros u otros elementos largos que tengan un perfil en sección transversal que sea uniforme o no uniforme a lo largo de la longitud del elemento. Según una realización de la presente invención, representada en la figura 12, el elemento estructural 12 es un elemento en forma de sombrero, es decir, un elemento que incluye una porción curvada o inclinada 16 que define una ranura o canal 18 a lo largo de una dirección longitudinal, y pestañas transversales 20, lengüetas 22, u otras características que se extienden transversalmente hacia fuera de la porción curvada o inclinada 16. Los elementos estructurales 12 pueden ser usados en varias industrias y aplicaciones incluyendo, aunque sin limitación, en conexión con la fabricación de aviones y otras estructuras y vehículos aeroespaciales. Además, los elementos estructurales 12 pueden ser usados individualmente o en combinación con otras estructuras y dispositivos. En particular, después de formar el elemento estructural 12, el elemento 12 puede ser usado en una sección de fuselaje de una estructura de aeroplano. Por ejemplo, antes o después de curar cada elemento estructural 12, se puede cargar uno o más de los elementos 12 sobre un mandril de una máquina para hacer una sección de fuselaje. Se puede disponer resina reforzada con fibra sobre el (los) elemento(s) 12, y la resina reforzada con fibra se puede curar después (o curar conjuntamente con los elementos estructurales 12) para producir un conjunto acabado para fuselaje de aviones.

Con referencia de nuevo a la realización de la figura 1, el aparato formador ilustrado 10 incluye un bastidor 24 para soportar troqueles primero y segundo 26, 28 para formar la carga 14. El primer troquel 26 incluye porciones primera y segunda 30, 32 que son soportadas por una bandeja 34. El segundo troquel 28 está configurado para ser ajustado hacia el primer troquel 26 para formar la carga 14 a la forma deseada.

La bandeja 34 y el primer troquel 26 se pueden insertar y quitar del bastidor 24 del aparato 10. En particular, como se representa en las figuras 2-3, el bastidor 24 puede incluir un canal 36 para recibir la bandeja 34. El canal 36 puede incluir una pluralidad de rodillos 38 que se extienden hacia dentro de las paredes del canal 36 para soportar la bandeja 34. Es decir, los rodillos 38 se pueden disponer en pares de modo que la bandeja 34 se pueda insertar entre cada par de rodillos 38 para restringir por ello el movimiento de la bandeja 34 a través del bastidor 24 a la dirección longitudinal. El canal 36 también puede incluir guías 40 para contactar la parte inferior de la bandeja 34 para mantener la bandeja 34, y por lo tanto el primer troquel 26, en la configuración deseada. La bandeja 34 se puede insertar en el canal

36 y, después de formar la carga 14 en el primer troquel 26, la bandeja 34 se puede quitar con el primer troquel 26 y disponer la carga formada 14 en la bandeja 34. Por ejemplo, la bandeja 34 se puede insertar en el canal 36 en una primera dirección paralela a la dirección longitudinal de la bandeja 34 y posteriormente sacar del canal 36 en la misma dirección o en dirección opuesta. Alternativamente, en otras realizaciones de la presente invención, la bandeja 34 se puede insertar y/o quitar en otras direcciones, tales como las direcciones transversales a la dirección longitudinal de la bandeja 34 y los troqueles 26, 28.

Con la bandeja 34 colocada en el canal 36, el primer troquel 26 puede ser soportado por el bastidor 24, y la carga 14 se puede colocar entre los troqueles primero y segundo 26, 28. A este respecto, la carga 14 se puede disponer en el primer troquel 26 antes o después de la introducción del troquel en el bastidor 24 del aparato 10. Según una realización de la presente invención, la carga 14 se puede formar en el primer troquel 26, por ejemplo, disponiendo por separado una pluralidad de capas o pliegues del material compuesto para colocar la carga 14 directamente en el primer troquel 26. De esta forma, las capas u otros elementos de la carga 14 pueden ser colocados con relación al primer troquel 26 de modo que la carga 14 se indexe con relación al primer troquel 26. Por ejemplo, si algunas capas de la carga 14 se han de extender sólo parcialmente a lo largo de la carga 14, los extremos de las capas, o "caídas de pliegue", se pueden colocar exactamente con relación al primer troquel 26. Además, si la carga 14 ha de definir características formadas o dispuestas antes de la formación, las características se pueden indexar con relación al primer troquel 26. Por ejemplo, bordes, agujeros, porciones engrosadas o adelgazadas, sujetadores incrustados, soportes u otros elementos de la carga 14 se pueden colocar exactamente con relación al primer troquel 26. El primer troquel 26 se puede indexar entonces durante la formación y/u otro procesado. De esta forma, la carga 14 se puede indexar al troquel 26, y el troquel 26 se puede indexar entonces con relación a otros dispositivos para procesado de modo que la carga 14 se coloque exactamente sin tener que indexar la carga 14 directamente para cada proceso.

Como se representa en las figuras 4 y 5, las porciones longitudinales primera y segunda 30, 32 del primer troquel 26 están configuradas en una configuración sustancialmente paralela para definir una ranura o rebaje 42 entre las porciones 30, 32. Cada una de las porciones 30, 32 del primer troquel 26 es ajustable en una dirección transversal de modo que el rebaje 42 se pueda abrir o cerrar moviendo las porciones 30, 32 hacia fuera o hacia dentro, respectivamente. Con las porciones 30, 32 del primer troquel 26 ajustadas hacia fuera a una posición primera o abierta, el rebaje 42 puede ser suficientemente grande para recibir al menos parcialmente el segundo troquel 28. Con las porciones 30, 32 del primer troquel 26 ajustadas hacia dentro a una posición segunda o cerrada, el rebaje 42 puede ser menor que el segundo troquel 28. En algunos casos, las porciones 30, 32 del primer troquel 26 pueden contactar una con otra en la posición cerrada.

El segundo troquel 28 está configurado para ser empujado hacia el primer troquel 26 de modo que la carga 14 se pueda formar entre los troqueles 26, 28. Por ejemplo, como se representa en la figura 6, el segundo troquel 28 puede estar conectado a ejes 44 que son extendidos o retirados por una pluralidad de dispositivos de accionamiento 46, tales como accionadores hidráulicos, neumáticos o eléctricos. El segundo troquel 28 define típicamente un contorno que corresponde al menos parcialmente al contorno del primer troquel 26. Por ejemplo, el segundo troquel 28 puede definir una porción ahusada o en forma de cuña 48 que corresponde a superficies ahusadas o inclinadas 50 definidas por cada una de las porciones 30, 32 del primer troquel 26. Además, el segundo troquel 28 puede definir pestañas o topes 52 que se extiendan hacia fuera a ambos lados de la porción ahusada 48.

En algunos casos, el segundo troquel 28 puede definir un contorno tal como una arista o ranura 29 (figuras 13A-13C) que imparta un contorno en la carga 14 durante la formación. Por ejemplo, la ranura 29 se puede extender longitudinalmente a lo largo de la longitud del segundo troquel 28, y la carga 14 se puede formar para definir un contorno que incluya una característica en forma de canal o ranura que corresponda a la ranura 29 en el segundo troquel 28. Por ejemplo, los accionadores de apriete 96 pueden ser usados para empujar el material de la carga 14 a la ranura 29. De esta forma, se pueden formar varios contornos o características en la carga 14. En algunos casos, los contornos o características pueden permanecer en el elemento estructural 12 formado a partir de la carga 14. Alternativamente, sin embargo, tales contornos o características que son impartidos a la carga 14 se pueden quitar antes de que el elemento estructural 12 se forme completamente, por ejemplo, durante el curado de la carga 14. A este respecto, la formación temporal de tales contornos o características en la carga 14 puede reducir el esfuerzo en la carga 14 durante la formación y mejorar la exactitud dimensional del elemento estructural acabado 12, por ejemplo, proporcionando durante toda la carga 14 material adicional que pueda ser necesario si los materiales de la carga 14 "disminuyen de tamaño" o se contraen de otro modo durante el curado, como tiene lugar típicamente cuando se cura material compuesto de fibra de carbono a partir de una condición verde. En cualquier caso, el segundo troquel 28 puede ser fácilmente sustituible, por ejemplo, quitando un pasador 45a que conecta una tuerca en T o bobina 45b del troquel 28 al eje 44, de modo que se pueda usar troqueles de varias configuraciones con el aparato 10.

El aparato 10 también puede incluir a lo largo de la longitud del aparato 10 dispositivos de control de movimiento 54 que están configurados para controlar la posición transversal de cada porción 30, 32 del primer troquel 26. Como se representa en la figura 6, cada uno de los dispositivos de control de movimiento 54 se puede extender al primer troquel 26 de modo que el agujero del primer troquel 26 sea controlado por los dispositivos 54. Así, los dispositivos 54 se pueden oponer al movimiento hacia fuera del primer troquel 26 y, por lo tanto, la extensión del segundo troquel 28 al rebaje 42 entre las porciones 30, 32 del primer troquel 26. En otros términos, como se representa en la figura 7, la extensión del segundo troquel 28 al rebaje 42 tiende a regular las porciones 30, 32 del primer troquel 26 hacia fuera; sin embargo, el movimiento hacia fuera puede ser controlado por los dispositivos de control 54,

5 incrementando por ello la presión ejercida en la carga 14 entre los dos troqueles 26, 28, la velocidad del proceso de formación, la extensión de movimiento de los troqueles 26, 28, y/u otros aspectos de la operación de formación. Cada dispositivo de control 54 puede ser alguno de varios tipos de accionadores u otros controladores de movimiento. Por ejemplo, cada dispositivo de control 54 puede ser un dispositivo activo tal como un solenoide, motor paso a paso, otro accionador eléctrico, un cilindro controlado hidráulica o neumáticamente, o análogos. Alternativamente, cada dispositivo de control 54 puede ser un dispositivo generalmente pasivo tal como un muelle mecánico, un cilindro hidráulico o neumático pasivo, o análogos. En cualquier caso, los dispositivos de control 54 pueden ralentizar o parar el movimiento de las porciones 30, 32 del primer troquel 26, por ejemplo, para mantener una presión predeterminada mínima entre los troqueles 26, 28 durante la formación. En algunos casos, la fuerza ejercida en la carga 14 entre los troqueles 26, 28 puede ser supervisada por un dispositivo de supervisión, tal como una célula de carga 33 (ilustrada en las figuras 13A-13C), que es típicamente un transductor electrónico que proporciona una señal electrónica indicativa de la fuerza de formación.

15 Además, cada uno de los dispositivos de control 54 puede ser ajustado independientemente de modo que la posición de las porciones 30, 32 del primer troquel 26 sea determinada selectivamente independientemente a lo largo de la longitud del aparato 10. A este respecto, uno o ambos troqueles 26, 28 se pueden formar de materiales que son generalmente incompresibles y rígidos, pero que permiten cierta flexibilidad. Por ejemplo, cada uno de los troqueles 26, 28 se puede formar de un polímero tal como polietileno de alta densidad (HDPE) o análogos. En virtud de esta flexibilidad, los troqueles 26, 28 pueden ser empujados a una configuración ligeramente no lineal para conformarse a no uniformidades a lo largo de la longitud de la carga 14. Por ejemplo, si la carga 14 define variaciones de grosor a lo largo de su longitud, las porciones 30, 32 del primer troquel 26 pueden ser empujadas hacia fuera a una mayor extensión donde la carga 14 sea más gruesa, mientras que las porciones 30, 32 son empujadas hacia fuera a una menor extensión donde la carga 14 es más fina. Las porciones 30, 32 del primer troquel 26 también pueden ser ajustadas cantidades no uniformes para acomodar otras características; tal como no uniformidades o no linealidad del segundo troquel 28, y análogos.

25 El segundo troquel 28 es extendido por la pluralidad de accionadores 46 hacia el primer troquel 26 hasta que la carga 14 se forme en una configuración predeterminada, empujando por ello las porciones 30, 32 del primer troquel 26 hacia fuera. Como se representa en la figura 8, la porción ahusada 48 del segundo troquel 28 se puede insertar completamente en el rebaje 42 entre las porciones 30, 32 del primer troquel 26, y las pestañas 52 definidas por el segundo troquel 28 pueden ser empujadas hacia el primer troquel 26 para evitar la introducción adicional del segundo troquel 28 en el rebaje 42 y evitar el empuje adicional del primer troquel 26 hacia fuera por el segundo troquel 28. Es decir, las pestañas 52 del segundo troquel 28 pueden actuar como un tope para evitar la formación adicional de la carga 14. En algunos casos, el segundo troquel 28 se puede formar de un material que sea al menos ligeramente flexible, y los accionadores se pueden extender a posiciones ligeramente diferentes de modo que el segundo troquel 28 se disponga contra la carga 14 en una configuración no lineal con relación a la configuración inicial del segundo troquel 28. Así, el segundo troquel 28 se puede flexionar para conformarse a las variaciones en la carga 14, el primer troquel 26, o de otro modo.

40 Según una realización de la presente invención, la separación de las porciones 30, 32 del primer troquel 26 durante la formación pone la carga 14 en tensión. Más en concreto, una primera superficie 60 dirigida hacia el primer troquel 26 y una segunda superficie 62 dirigida hacia el segundo troquel 28 pueden estar sometidas a tensión durante la operación de formación, en lugar de esfuerzo de compresión que de otro modo podría tener lugar en la primera superficie 60 de la carga 14 si las porciones 30, 32 del primer troquel 26 permaneciesen estacionarias en la configuración abierta durante toda la operación de formación. Aunque no se pretende limitar la presente invención a ninguna teoría de operación particular, se considera que mantener la carga 14 en tensión durante la operación de formación puede reducir o eliminar la aparición de rizado en la carga 14.

45 En algunos casos, la carga 14 puede ser retenida por y/o contra el primer troquel 26 durante la formación. Por ejemplo, la figura 9 ilustra la bandeja 34 y las porciones 30, 32 del primer troquel 26 según una realización de la presente invención. La primera porción 30 del primer troquel 26 se representa en su configuración montada con una hoja de cubierta perforada 64, y la segunda porción 32 del primer troquel 26 se representa sin la hoja de cubierta perforada 64 solamente a efectos de claridad de la ilustración. Cada porción 30, 32 define una pluralidad de agujeros 66 para evacuar gas de la superficie de la porción respectiva 30, 32 sobre la que se dispone la carga 14 durante la formación. Así, la carga 14 puede ser retenida por un vacío parcial formado entre la carga 14 y cada porción 30, 32. Los agujeros 66 pueden conectar con unas o más cámaras internas 68 (figura 9A) que se extienden longitudinalmente a lo largo de cada porción 30, 32, manteniéndose cada cámara 68 a una presión baja por un dispositivo de evacuación de gas 70 configurado para evacuar gas de las cámaras 68. Cada hoja de cubierta perforada 64 puede definir una pluralidad de agujeros relativamente pequeños 72 de tal manera que se aspire aire ambiente a través de toda la hoja de cubierta 64, reteniendo por ello la carga 14 en las hojas de cubierta 64 y, por lo tanto, las porciones 30, 32 del primer troquel 26. Por ejemplo, las hojas de cubierta 64 se pueden formar de una hoja porosa Vyon®, marca comercial registrada de Porvair de Norfolk, Inglaterra.

60 El aparato 10 también puede estar configurado para fijar las porciones 30, 32 del primer troquel 26 en una posición particular. Por ejemplo, si las porciones 30, 32 son empujadas hacia fuera distancias no uniformes en puntos diferentes a lo largo del aparato 10, por ejemplo, para definir una configuración no lineal de las porciones 30, 32, las porciones 30, 32 pueden ser bloqueadas en dicha posición. Con el primer troquel 26 bloqueado en la configuración

deseada de la carga 14, el primer troquel 26 se puede guiar desde el bastidor 24 de modo que el primer troquel 26 soporte la carga 14 en la configuración deseada durante el procesado posterior. Por ejemplo, como se ilustra en las figuras 8 y 10, cada porción 30, 32 del primer troquel 26 puede estar conectada a la bandeja 34 por una pluralidad de dispositivos de bloqueo 74. En la realización ilustrada, cada dispositivo de bloqueo 74 incluye un perno 76 que se extiende a través de la bandeja 34. Cada perno 76 se extiende a través de una ranura 78 (figura 10A) en la porción 30, 32 de tal manera que las porciones 30, 32 estén fijadas a la bandeja 34 por una cabeza 80 de cada perno 76 dispuesto enfrente de la ranura 78 de la bandeja 34 y cada porción 30, 32 sea deslizantemente ajustable con relación a los pernos 76. Es decir, permaneciendo los pernos 76 estacionarios en agujeros definidos a través de la bandeja 34, cada porción 30, 32 puede ser ajustada hacia dentro y hacia fuera para cerrar o abrir el rebaje 42 entre las porciones 30, 32. Un muelle 82 está dispuesto en cada perno 76 entre la bandeja 34 y una tuerca 84 en el perno 76. El muelle 82, que puede ser, por ejemplo, un disco o muelle Belleville, empuja la tuerca 84 alejándola de la bandeja 34, de tal manera que la cabeza 80 del perno 76 empuje la porción respectiva 30, 32 contra la bandeja 34, bloqueando por ello con rozamiento la porción 30, 32 a la bandeja 34. Los dispositivos de bloqueo 74 pueden estar situados en una pluralidad de posiciones a lo largo de la longitud de cada porción 30, 32 de modo que cada porción 30, 32 se pueda fijar independientemente en la configuración deseada, que puede incluir configuraciones en las que cada porción 30, 32 se flexione y/o sea no lineal a lo largo de su longitud. En la operación, cada dispositivo de bloqueo 74 puede ser liberado empujando la tuerca 84 hacia la bandeja 34 para superar la fuerza del muelle y liberar la fuerza de rozamiento entre la porción respectiva 30, 32 y la bandeja 34. De hecho, como se representa en la figura 8, el aparato 10 puede incluir accionadores 88 configurados para extenderse y empujarse contra los dispositivos de bloqueo 74 para desbloquear cada dispositivo 74 durante la formación. Los accionadores 88 pueden retirar y liberar los dispositivos de bloqueo 74 una vez que la carga 14 esté formada a la configuración deseada de modo que las porciones 30, 32 del primer troquel 26 sean bloqueadas entonces en posición, aunque la bandeja 34 se haya quitado del bastidor 24.

Así, el elemento estructural 12 se puede quitar del aparato 10 con la bandeja 34 y el primer troquel 26 después de la formación. La bandeja 34 puede ser llevada entonces a una estación de procesado posterior para procesado adicional del elemento estructural 12. Además, dado que el elemento estructural 12 se indexa a la bandeja 34 y el primer troquel 26, la bandeja 34 o el primer troquel 26 puede ser usado para indexar el elemento estructural 12 para operaciones posteriores. Por ejemplo, la carga 14 se puede comprimir más y/o curar en la configuración deseada mientras es soportada por el primer troquel 26. Además, como se representa en la figura 11, el elemento estructural 12 puede ser recortado, tal como con una cuchilla ultrasónica alternativa 90 controlada por un cabezal de recorte automático multieje ajustable 92. La bandeja 34 se puede indexar a una plataforma de trabajo 94 u otra estructura asociada con el cabezal de recorte 92 de modo que el cabezal de recorte 92 pueda cortar exactamente el elemento estructural 12 a una configuración deseada sin requerir que el elemento estructural 12 se indexe directamente de nuevo.

Como también se ilustra en la figura 8, el aparato 10 puede incluir accionadores de apriete 96 que están configurados para extenderse o retirarse selectivamente a través de agujeros 98 en la bandeja 34. En la posición extendida, cada accionador de apriete 96 puede contactar la carga 14, empujando por ello la carga 14 contra el segundo troquel 28 y manteniendo una posición de la carga 14 con relación al segundo troquel 28 hasta que la carga 14 esté formada. Se puede disponer un elemento intermedio, tal como una cuña longitudinal, entre los accionadores de apriete 96 y la carga 14 de modo que la carga 14 se mantenga contra el segundo troquel 28 a lo largo de toda la longitud de la carga 14.

La figura 13 ilustra otra realización de la presente invención en la que el aparato 10 define retenes 100 para limitar un movimiento de la carga 14 con relación a cada una de las porciones 30, 32 del primer troquel 26. Los retenes 100 pueden ser elementos en forma de bridas de unión que se extiendan a lo largo de la longitud de las porciones 30, 32 del primer troquel 26 y retengan al menos parcialmente bordes transversales 102, 104 de la carga 14. Por ejemplo, los retenes 100 pueden definir ranuras 106 para recibir los bordes transversales 102, 104 de la carga 14 de modo que los bordes 102, 104 se mantengan contra las porciones 30, 32 del troquel 26. Los retenes 100 pueden ser dispositivos fijos o pueden ser ajustables, es decir, para empujar la carga 14 contra las porciones 30, 32 del primer troquel 26 y además retener la carga 14. Los retenes ilustrados 100, o los retenes de otras configuraciones, pueden ser usados en combinación con o en lugar del dispositivo de evacuación 70.

La carga 14 se puede fijar o retener alternativamente durante la formación usando otros varios dispositivos o métodos. En algunos casos, los dispositivos de retención pueden estar conectados al segundo troquel 28. Por ejemplo, las figuras 13A-13C muestran otra realización ejemplar de la presente invención en la que el segundo troquel 28 del aparato 10 incluye retenes ajustables 100a. Cada retén 100a incluye un elemento de lastre 160 que está conectado ajustablemente a una de las pestañas 52 del segundo troquel 28. Por ejemplo, el elemento de lastre 160 puede definir una ranura 162 que recibe un saliente o pasador 164 que se extiende desde la pestaña respectiva 52, de modo que el elemento de lastre 160 pueda ser ajustado con relación al segundo troquel 28, es decir, ajustado hacia arriba y hacia abajo con relación a las pestañas 52 como se representa en las figuras 13A-13C. Cada elemento de lastre 160 puede ser empujado hacia el primer troquel 26 como se representa en la figura 13A por el peso del elemento 160 y/o por un elemento de empuje tal como un muelle. Así, cuando el segundo troquel 28 se ajusta hacia el primer troquel 26, los elementos de lastre 160 pueden contactar la carga 14 antes de que la carga se forme significativamente entre los troqueles 26, 28. Los elementos de lastre 160 pueden ser empujados suficientemente contra el primer troquel 26 de modo que los elementos 160 retengan la carga 14 durante la formación. En otras realizaciones de la presente invención, los retenes 100a pueden ser ajustados activamente. Por ejemplo, se puede disponer un motor u otro accionador para ajustar la posición de los retenes 100a. Además, los retenes se pueden formar de un material flexible tal como caucho o



polímero. De hecho, en algunos casos, cada retén 100a puede incluir una vejiga inflable que se puede llenar de gas y por ello expandir hacia la carga 14 en el primer troquel 26 para mantener la carga 14 en posición durante la formación.

El primer troquel 26 de los aparatos 10 ilustrados en las figuras 1-13 puede ser usado para formación así como procesado posterior de los elementos estructurales 12. Así, la carga 14 se puede disponer en el primer troquel 26, la carga 14 puede ser procesada en el aparato 10, y el primer troquel 26 puede ser quitado del aparato 10 y procesado adicionalmente en otra estación o dispositivo de procesado. A continuación, el elemento estructural 12 puede ser quitado del primer troquel 26, y el primer troquel 26 puede ser reutilizado para formar otro elemento estructural 12. Naturalmente, se pueden utilizar múltiples primeros troqueles 26 con el aparato 10 de modo que el aparato 10 pueda ser operado incluso cuando uno de los troqueles 26 se esté usando para soportar una carga 14 o elemento estructural 12 fuera del aparato 10. En algunos casos, los múltiples troqueles 26 pueden definir diferentes longitudes, secciones transversales, y análogos para formar elementos estructurales 12 de configuraciones diferentes.

Los troqueles primero y/o segundo 26, 28 pueden ser ajustables para definir configuraciones no lineales, por ejemplo, para formar la carga 14 a una configuración que se curve alrededor de uno o más ejes. A este respecto, las figuras 13D-13E ilustran que el bastidor 24 del aparato 10 puede incluir dispositivos de soporte ajustables tales como pogos 25, de los que cada uno incluye típicamente un accionador 25a que puede extender y retirar selectivamente un vástago de accionamiento 25b. Los vástagos de accionamiento 25b de los pogos 25 también pueden ser rotativamente ajustables en virtud de una conexión rotativa 25c de modo que la carga 14 pueda ser soportada en una configuración curvada, retorcida o contorneada tridimensionalmente de otro modo. Cada vástago 25b puede soportar los troqueles 26, 28, por ejemplo, mediante secciones de canal 36a que incluyen rodillos 38 dispuestos en pares para definir líneas de contacto para recibir la bandeja 34 como se ha descrito igualmente anteriormente en conexión con las figuras 2 y 3. Así, los pogos 25 pueden ser ajustados para soportar la bandeja 34 y el primer troquel 26 en una configuración deseada, de tal manera que la carga 14 se pueda formar, curar o procesar de otro modo en la configuración deseada. Los pogos 25 pueden formar el bastidor 24 del aparato 10 que se usa para soportar la bandeja 34 y el primer troquel 26 mientras la carga 14 se forma usando el segundo troquel 28. Alternativamente, los pogos 25 pueden ser usados para soportar la bandeja 34, el primer troquel 26, la carga 14, y el segundo troquel 28 durante una operación de formación separada que se realice antes o después de la formación de la carga 14 con el segundo troquel 28. Así, la carga 14 se puede formar a una configuración generalmente no lineal definida por la configuración de los pogos 25, por separado o en unión con la formación de la carga 14 entre los troqueles primero y segundo 26, 28.

Además, como se representa, por ejemplo, en la figura 11, cada porción 30, 32 del primer troquel 26 puede incluir múltiples segmentos 30a, 32a dispuestos longitudinalmente. Cada segmento 30a, 32a puede ser un dispositivo modular con características de conexión para conectar a los otros segmentos 30a, 32a de la porción respectiva 30, 32. Así, el primer troquel 26 se puede construir usando cualquier número de los segmentos modulares de modo que el primer troquel 26 tenga una longitud correspondiente a la longitud del elemento estructural 12 a formar. La longitud del troquel 26 puede ser ajustada de modo que los mismos segmentos modulares 30a, 32a puedan ser usados para formar elementos 12 de diferentes longitudes. En particular, cada segmento modular 30a, 32a puede definir vástagos de alineación 112 que se extiendan desde el segmento para enganchar agujeros de alineación correspondientes 114 definidos por un segmento adyacente 30a, 32a. Además, si el primer troquel 26 está configurado para realizar la evacuación a través de una superficie para retener la carga 14, la cámara interna 68 de cada segmento modular 30a, 32a puede estar conectada a los segmentos adyacentes 30a, 32a mediante correspondientes conexiones de vacío 116 en cada extremo del segmento 30a, 32a. Las conexiones de vacío 116 en los extremos expuestos de los segmentos modulares 30a, 32a colocados en los extremos del troquel montado 26 pueden estar selladas con un tapón o chapa, o las conexiones de vacío 116 pueden ser usadas para conectar con el dispositivo de evacuación 70. Aunque no se ilustra en la figura 11, el dispositivo de evacuación 70 puede seguir operando para proporcionar vacío en la cámara 68 de cada porción 30, 32 del primer troquel 26 durante las operaciones posteriores a la formación en el aparato 10, tal como durante el recorte por el cabezal de recorte 92.

El elemento estructural 12 formado según la explicación anterior define una ranura o canal 18 a lo largo de su longitud, sin embargo el aparato 10 también se puede usar para formar elementos estructurales parcial o completamente cerrados 12a (figura 26). Por ejemplo, las figuras 14 y 15 ilustran otra disposición del aparato 10, que puede ser usada para envolver un material compuesto alrededor de una herramienta interna 120 para formar el elemento estructural en forma de tubo 12a, el aparato 10 incluye un bastidor 24 para soportar un troquel 122, que define un canal, ranura, cavidad u otro rebaje 124 para recibir la carga 14. Como se ilustra, el troquel 122 define una configuración fija, pero en otras realizaciones el troquel 122 puede incluir múltiples porciones que pueden ser ajustadas para cambiar el tamaño y/o configuración del rebaje 124, por ejemplo, como se describe en conexión con las porciones 30, 32. En cualquier caso, el troquel 122 puede ser soportado por el bastidor 24 en una configuración predeterminada. Así, como se representa en la figura 16, la carga 14 se puede disponer en el troquel 122 y por ello indexar a una configuración predeterminada con relación al aparato 10,

El segundo troquel o herramienta del aparato 10 es la herramienta interna 120. El aparato 10 puede colocar automáticamente la herramienta interna 120 para formación y, en algunos casos, la herramienta interna 120 puede ser desconectada del resto del aparato 10. Por ejemplo, el aparato 10 puede incluir un dispositivo de colocación 126 para mover la herramienta interna 120 durante la formación. El dispositivo de colocación 126 puede enganchar selectivamente la herramienta interna 120, por ejemplo, usando un carril de vacío 128 que evacue aire de una pluralidad de dispositivos de unión de vacío 130 colocados a lo largo de la longitud del carril 128. Así, el dispositivo de colocación

126 puede enganchar la herramienta interna 120 y colocar la herramienta 120, después desenganchar o liberar la herramienta interna 120 de modo que la carga 14 pueda ser envuelta alrededor de la herramienta 120 sin interferencia con el dispositivo de colocación 126. Por ejemplo, como se representa en la figura 16, la herramienta interna 120 se puede colocar a distancia del rebaje 124 de modo que la carga 14 se pueda disponer sobre el rebaje 124. A continuación, se puede usar un primer conjunto de accionadores 132 del dispositivo de colocación 126 para extender el carril de vacío 128 a la herramienta interna 120 de modo que los dispositivos de unión de vacío 130 puedan enganchar la herramienta interna 120. El dispositivo de colocación 126 puede empujar entonces la herramienta interna 120 al rebaje 124 para formar al menos parcialmente la carga 14. Por ejemplo, los accionadores 132 del dispositivo de colocación 126 pueden elevar la herramienta interna 120 (figura 18), un segundo conjunto de accionadores 134 del dispositivo de colocación 126 puede ajustar la herramienta interna 120 a una posición en alineación con el rebaje 124 (figura 19), y el primer conjunto de accionadores 132 puede extender la herramienta interna 120 contra la carga 14 y al rebaje 124 de modo que la carga 14 se forme en el rebaje 124 entre el troquel 122 y la herramienta interna 120 (figura 20). El dispositivo de colocación 126 puede liberar entonces la herramienta interna 120 en el rebaje 124 y retirarse al menos parcialmente de la herramienta interna 120 para facilitar la envoltura de la carga compuesta 14 alrededor de la herramienta interna 120 (figura 21).

En particular, una primera barra de formación 136 puede deslizarse hacia dentro en el troquel 122 a una posición en la que la herramienta interna 120 está dispuesta entre el troquel 122 y la barra de formación 136. De esta forma, la barra de formación 136 puede curvar uno de los bordes transversales 102, 104 de la carga 14 contra la herramienta interna 120 (figura 22). La primera barra de formación 136 se puede retirar, y entonces se puede extender una segunda barra de formación 138 para curvar el otro borde transversal 102, 104 de la carga 14 contra la herramienta interna 120 (figura 23). Cada barra de formación 136, 138 puede ser extendida y retirada por uno o más accionadores 140, 142, tal como dispositivos de accionamiento eléctricos, neumáticos o hidráulicos. El aparato 10 también puede incluir un calentador 144 para calentar la carga 14 para facilitar la formación de la carga 14. Por ejemplo, una o ambas barras de formación 136, 138 pueden incluir un calentador 144, tal como un dispositivo de calentamiento resistivo eléctrico interno que caliente la carga 14 a una temperatura deseada y por ello ablande la carga 14. La herramienta interna 120 también puede ser calentada por el calentador 144, por ejemplo, descansando la herramienta 120 en la barra de formación 136 como se representa en las figuras 15 y 16. También se puede usar otros tipos de calefactores para calentar la carga 14 durante la formación, tal como calefactores de conducción o convección, un calentador resistivo dispuesto en el segundo troquel 28 o una manta calentada u otro material que se coloque en contacto con la carga 14 o el aparato 10 para calentar por ello de forma conductiva la carga 14 o el aparato 10.

La carga 14 se puede compactar entonces en la configuración deseada. Por ejemplo, con los bordes 102, 104 de la carga 14 plegados contra la herramienta interna 120 y la segunda barra de formación 138 dispuesta enfrente de los bordes 102, 104 del elemento interno 120, el dispositivo de colocación 126 se extiende de nuevo y ejerce una fuerza contra la segunda barra de formación 138, comprimiendo por ello los bordes 102, 104 de la carga 14 entre la herramienta interna 120 y la segunda barra de formación 138. En algunos casos, la herramienta interna 120 puede ser un elemento rígido, de tal manera que los bordes 102, 104 de la carga 14 sean comprimidos entre la segunda barra de formación 138 y la herramienta interna 120. Además, tal herramienta interna rígida puede incluir agujeros en su superficie a través de los que el aire ambiente puede ser evacuado, por ejemplo, por un dispositivo de evacuación por fluido conectado a una cámara interna de la herramienta. Así, el dispositivo de evacuación puede empujar la carga 14 contra la superficie exterior de la herramienta. Alternativamente, como se representa en la figura 24, la herramienta interna 120 puede ser una vejiga inflable que esté configurada para recibir un fluido de una fuente de fluido presurizado 150 y por ello expandir contra el troquel 122 y la barra de formación 138. A este respecto, la vejiga se puede expandir mientras esté colocada en el rebaje 124 para proporcionar por ello suficiente rigidez para hacer frente a la fuerza de compresión para compactar la carga 14. Después de formar y compactar la carga 14 a la configuración deseada del elemento estructural 12, el dispositivo de colocación 126 y la barra de formación 138 se retiran de modo que el elemento estructural 12 quede expuesto de nuevo, y se libere el fluido presurizado dispuesto en la herramienta interna (si es aplicable). Así, el elemento estructural 12 puede ser quitado del troquel 122 y la herramienta interna 120 puede ser quitada del elemento estructural 12. En algunos casos, el elemento estructural 12 puede ser procesado adicionalmente mientras es soportado por el troquel 132, por ejemplo, para cortar el elemento estructural 12 a una configuración deseada, proporcionar de otro modo características en el elemento estructural 12, curar más el elemento estructural 12, o análogos. A este respecto, el troquel 122 puede ser fácilmente extraíble del bastidor de soporte 24 de modo que el elemento estructural 12 pueda ser transportado en el troquel 122 a otras estaciones o equipo para procesar el elemento estructural 12. Es decir, el troquel 122 puede estar adaptado para quitarse sin una reconfiguración significativa del bastidor de soporte 24 o el troquel 22, por ejemplo, sin cortar, curvar, desenroscar, desatornillar o desconectar de otro modo el troquel 122 del bastidor de soporte 24 a excepción de soltar las conexiones fácilmente extraíbles tales como los dispositivos de bloqueo 74.

En cada uno de los ejemplos, el aparato 10 de la presente invención se describe incluyendo un elemento de formación macho móvil 28, 120 que se ajusta a un rebaje 42, 124 definido por un elemento formador hembra 26, 122. Sin embargo, en algunos casos, el elemento formador macho puede ser un dispositivo estacionario, y el elemento formador hembra es ajustado hacia el elemento macho. En cualquier caso, la carga 14 se puede formar a la forma deseada del elemento estructural 12. Además, el elemento estructural 12 puede ser quitado de ambos elementos formadores, o el elemento estructural 12 puede ser soportado por uno o ambos elementos formadores durante una operación posterior de procesado.

Muchas modificaciones y otras realizaciones de la invención les vendrán a la mente a los expertos en la técnica a la que pertenece esta invención que conozcan las ideas presentadas en las descripciones anteriores y los dibujos asociados. Por lo tanto, la invención no se ha de limitar a las realizaciones específicas descritas, y se ha previsto que modificaciones y otras realizaciones queden incluidas dentro del alcance de las reivindicaciones anexas.

## REIVINDICACIONES

1. Un método para formar un elemento estructural compuesto de resina reforzada con fibra a partir de una carga (14), incluyendo el método:

proporcionar troqueles incompresibles primero y segundo (26, 28) que se extienden en una dirección longitudinal, teniendo el primer troquel porciones primera y segunda (30, 32), siendo regulables las porciones en direcciones transversales entre posiciones primera y segunda; y

disponer una carga (14) entre los troqueles primero y segundo; caracterizado el método porque las porciones (30, 32) están estructuradas en la segunda posición para definir de forma cooperante un rebaje (42) entre las porciones (30, 32) configurado para recibir al menos parcialmente el segundo troquel y porque el método incluye además:

insertar el segundo troquel (28) al menos parcialmente en el rebaje (42) definido por el primer troquel (26) de tal manera que las porciones (30, 32) del primer troquel se regulen transversalmente hacia fuera y la carga (14) se forme entre los troqueles primero y segundo a la configuración del elemento estructural.

2. Un método según la reivindicación 1, incluyendo además bloquear una posición de cada una de las porciones del primer troquel (26) después del paso de inserción para evitar el ajuste transversal de las porciones (30, 32).

3. Un método según la reivindicación 1, incluyendo además retener al menos parcialmente la carga (14) en el primer troquel (26) de tal manera que superficies opuestas de la carga se sometan a esfuerzo en tensión durante el paso de inserción.

4. Un método según la reivindicación 3 donde el paso de retención incluye evacuar gas a través de una pluralidad de agujeros (66) definidos por las porciones (30, 32) del primer troquel (26) de tal manera que la carga se retenga en las porciones del troquel.

5. Un método según la reivindicación 1, incluyendo además:

soportar cada uno de los troqueles primero y segundo con un bastidor de soporte (24) durante el paso de inserción;

sacar el primer troquel (26) con el elemento estructural del bastidor de soporte después del paso de inserción; y

procesar el elemento estructural soportado por los troqueles primero y segundo (26, 28).

6. Un método según la reivindicación 1, incluyendo además flexionar las porciones (30, 32) del primer troquel de tal manera que la carga se forme en una configuración curvada.

7. Un método según la reivindicación 1, incluyendo además empujar cada una de las porciones (30, 32) del primer troquel transversalmente hacia dentro durante el paso de inserción y controlar por ello el movimiento transversal de las porciones.

8. Un método según la reivindicación 1, donde proporcionar los troqueles primero y segundo (26, 28) incluye proporcionar al menos uno de los troqueles que define una pluralidad de segmentos conectados longitudinalmente.

9. Un método según la reivindicación 1, incluyendo además proporcionar la carga de material compuesto que tiene un material fibroso de refuerzo dispuesto en un material de matriz.

10. Un aparato (10) para formar un elemento estructural a partir de una carga, incluyendo el aparato:

un bastidor de soporte (24);

un primer troquel (26) soportado por el bastidor (24), teniendo el primer troquel porciones longitudinales primera y segunda (30, 32), siendo las porciones transversalmente ajustables entre posiciones primera y segunda y estructuradas en la segunda posición para definir de forma cooperante un rebaje (42);

un segundo troquel (28) soportado por el bastidor (24), extendiéndose longitudinalmente el segundo troquel (28), caracterizándose el aparato porque el segundo troquel (28) define una superficie exterior correspondiente al rebaje (42) definido por el primer troquel; y porque el aparato incluye además:

al menos un dispositivo de control de movimiento (54) configurado para controlar un ajuste transversal de las porciones del primer troquel, y

donde al menos uno de los troqueles (26, 28) es ajustable con relación al bastidor en una dirección hacia el otro troquel para insertar al menos parcialmente el segundo troquel (28) en el

rebaje (42) definido por el primer troquel (26) y por ello ajustar las porciones del primer troquel transversalmente hacia fuera y formar la carga (14) entre los troqueles primero y segundo a la configuración del elemento estructural.

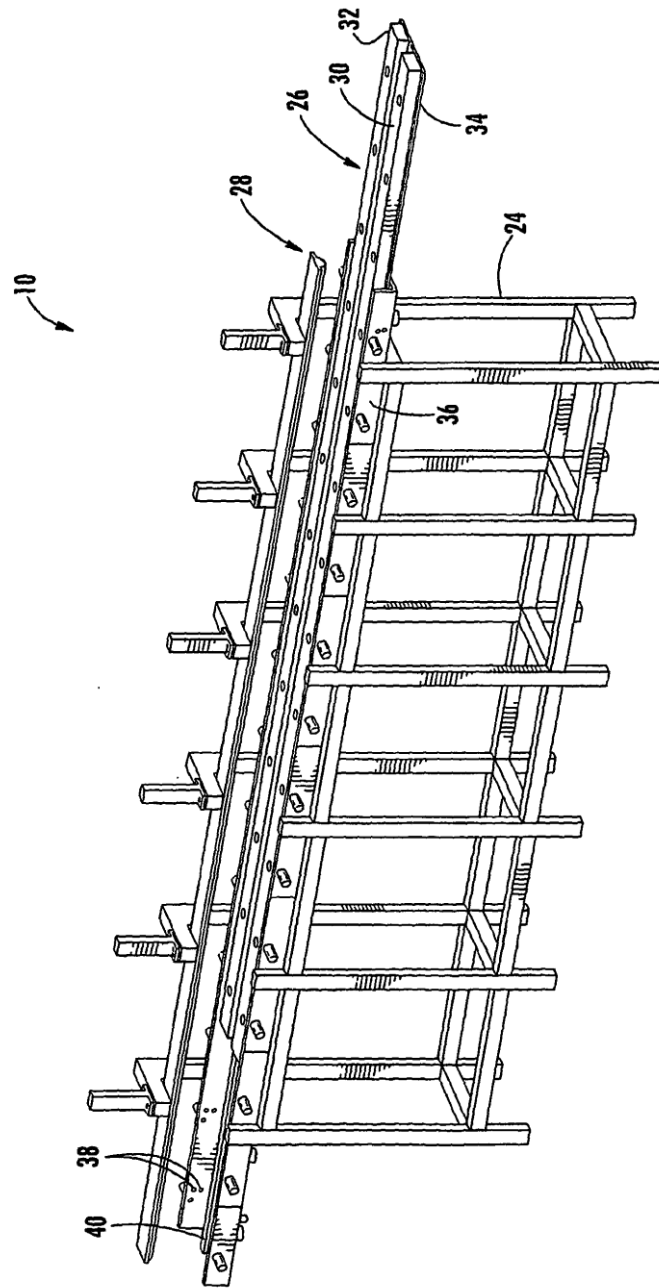


FIG. 1

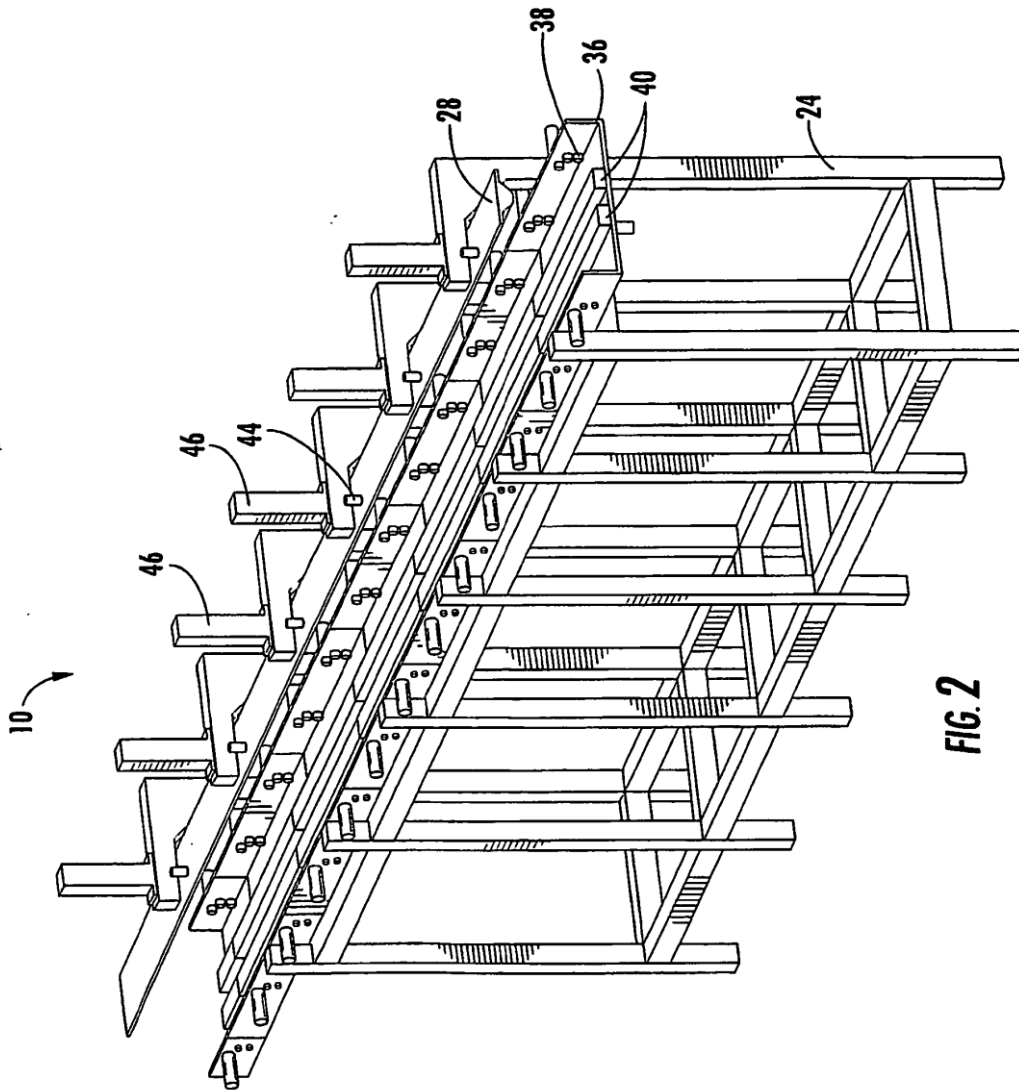
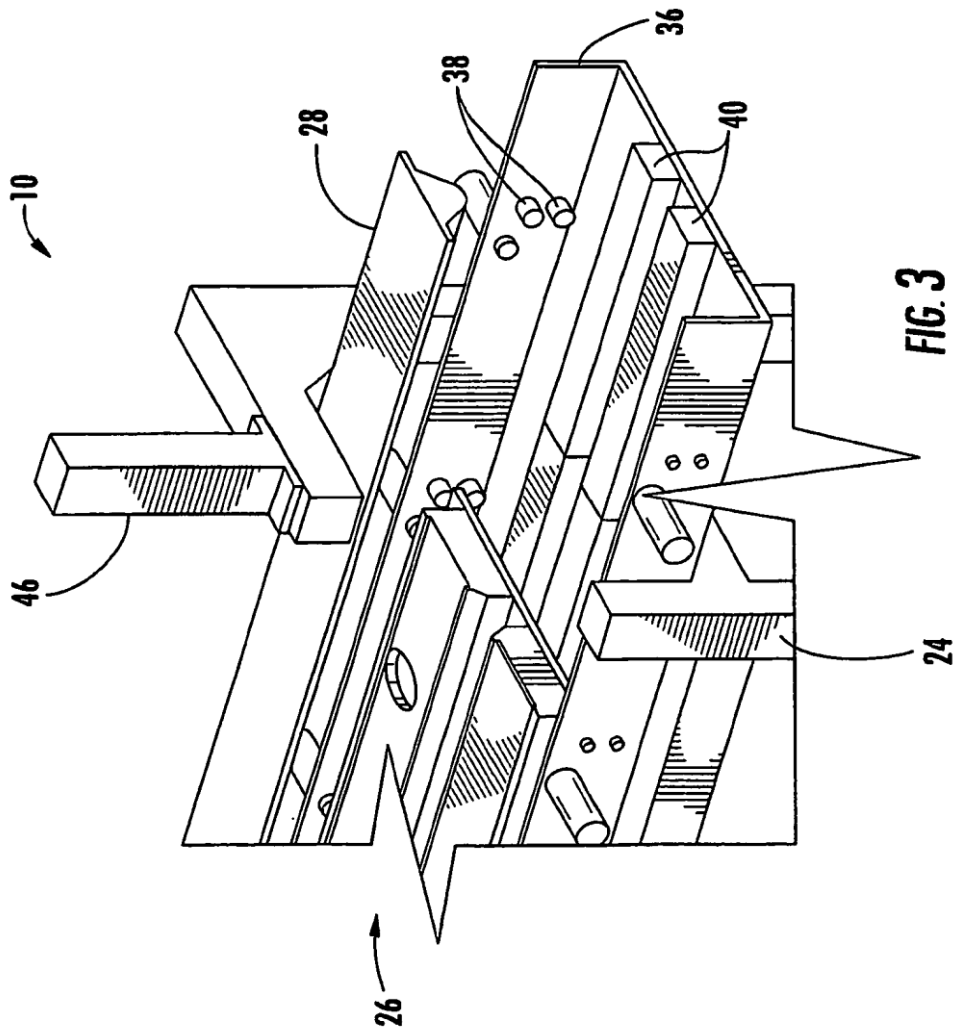


FIG. 2





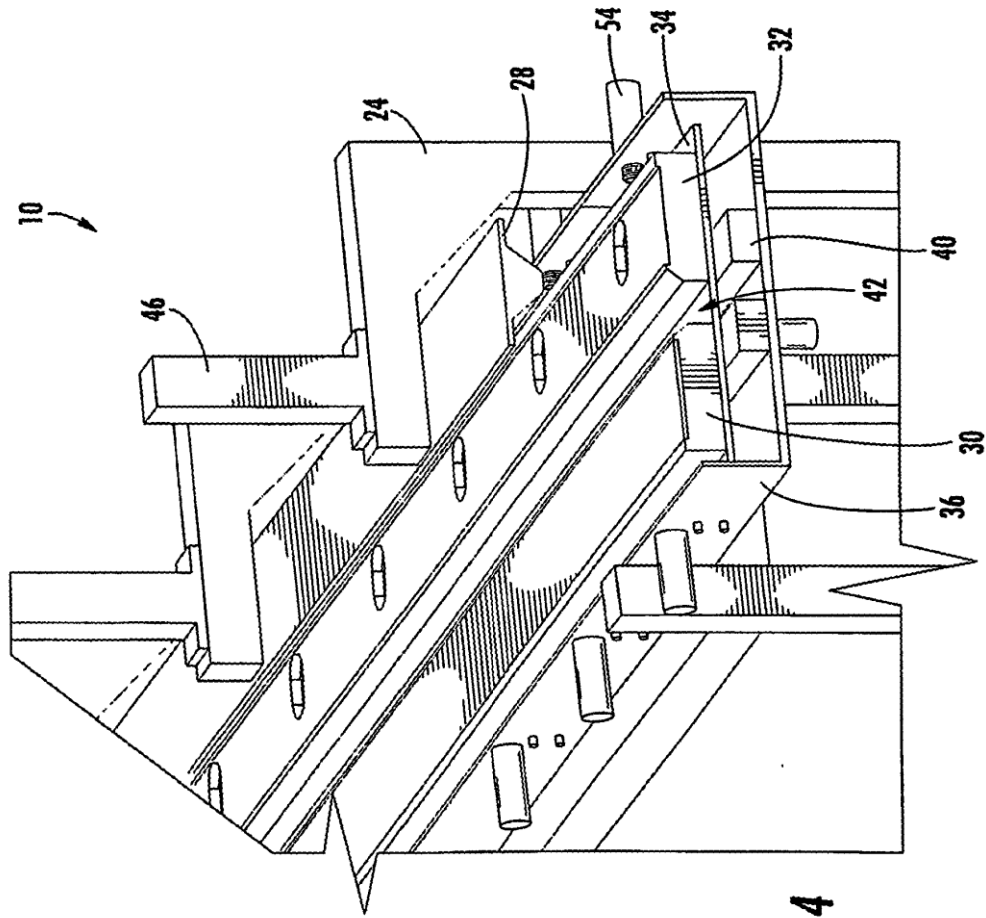
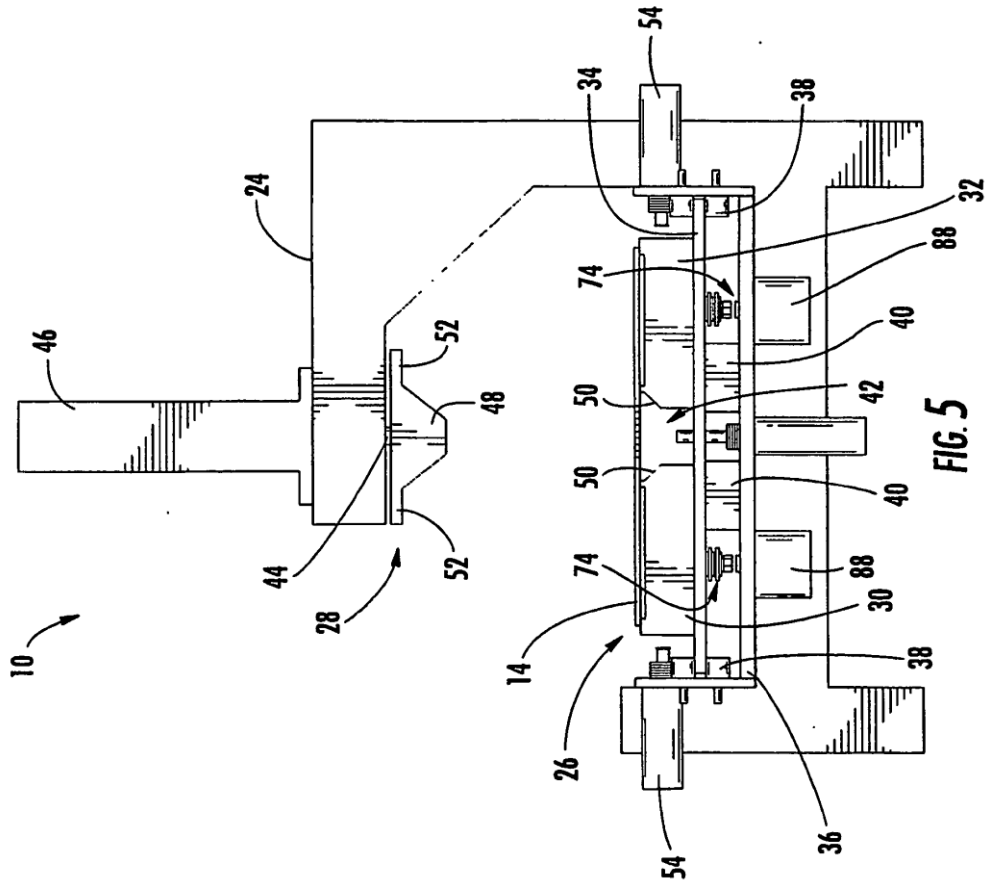
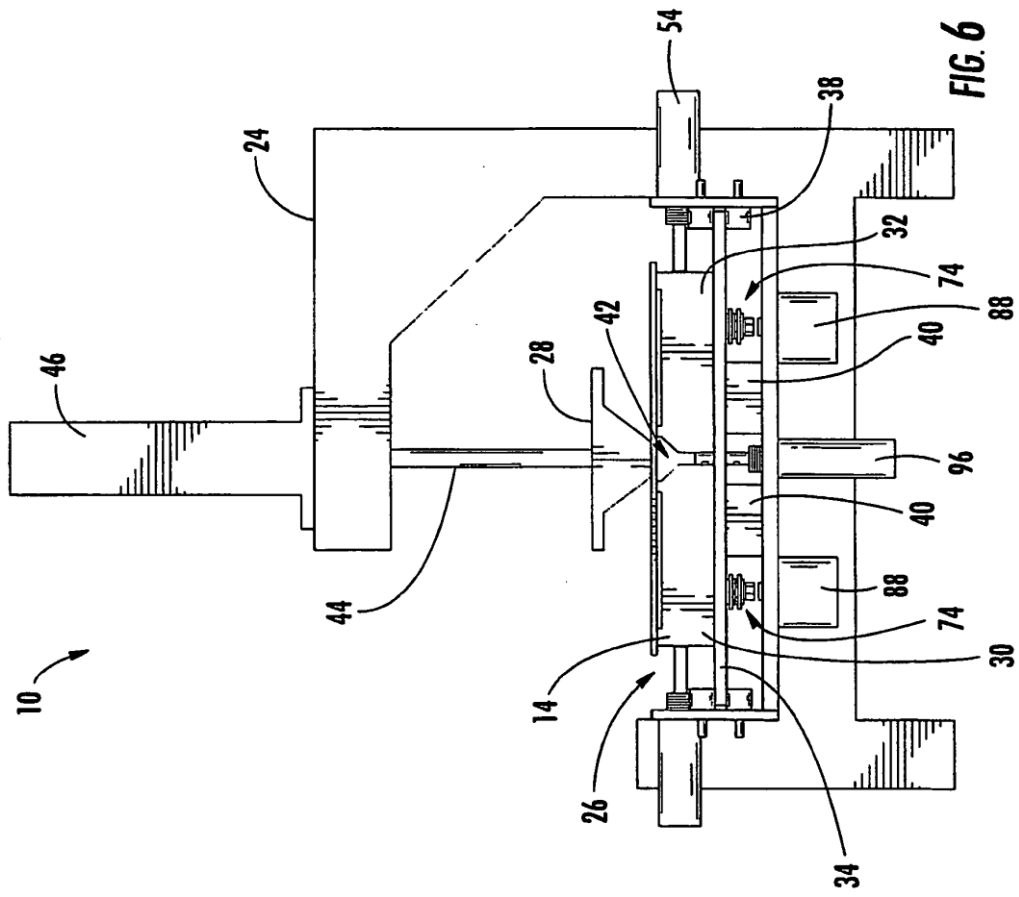
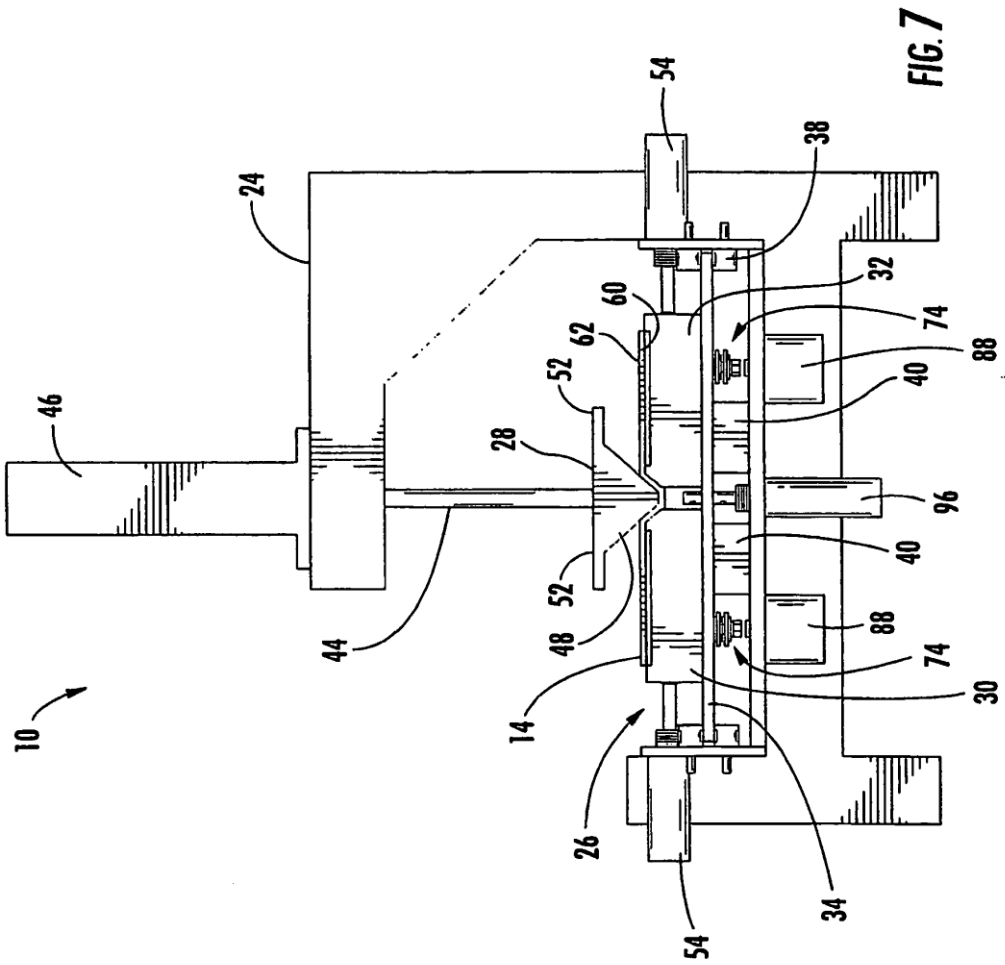
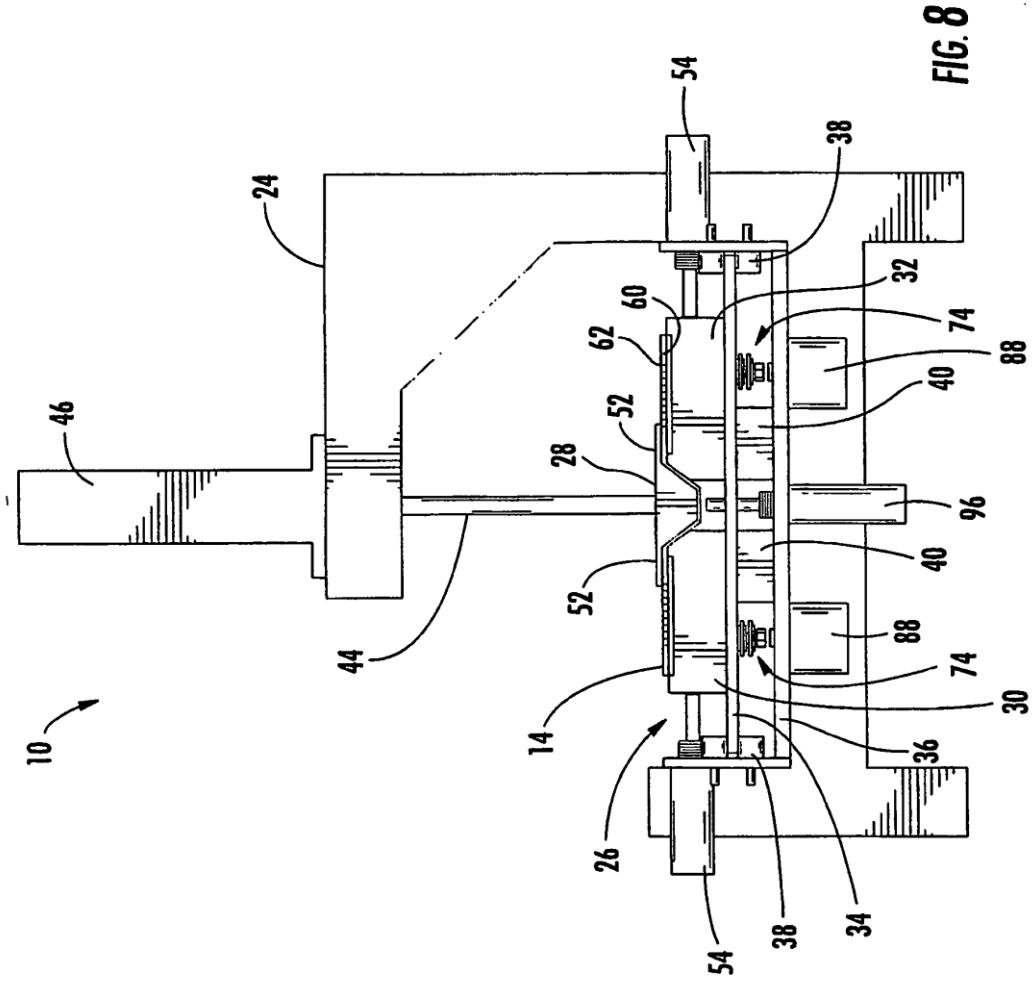


FIG. 4









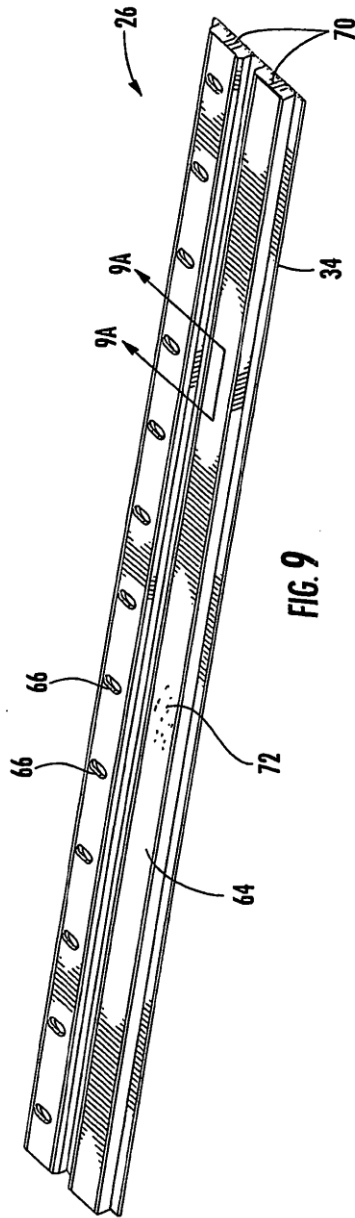


FIG. 9

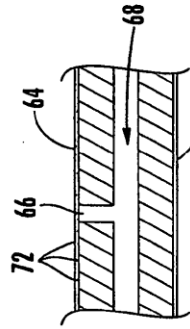


FIG. 9A

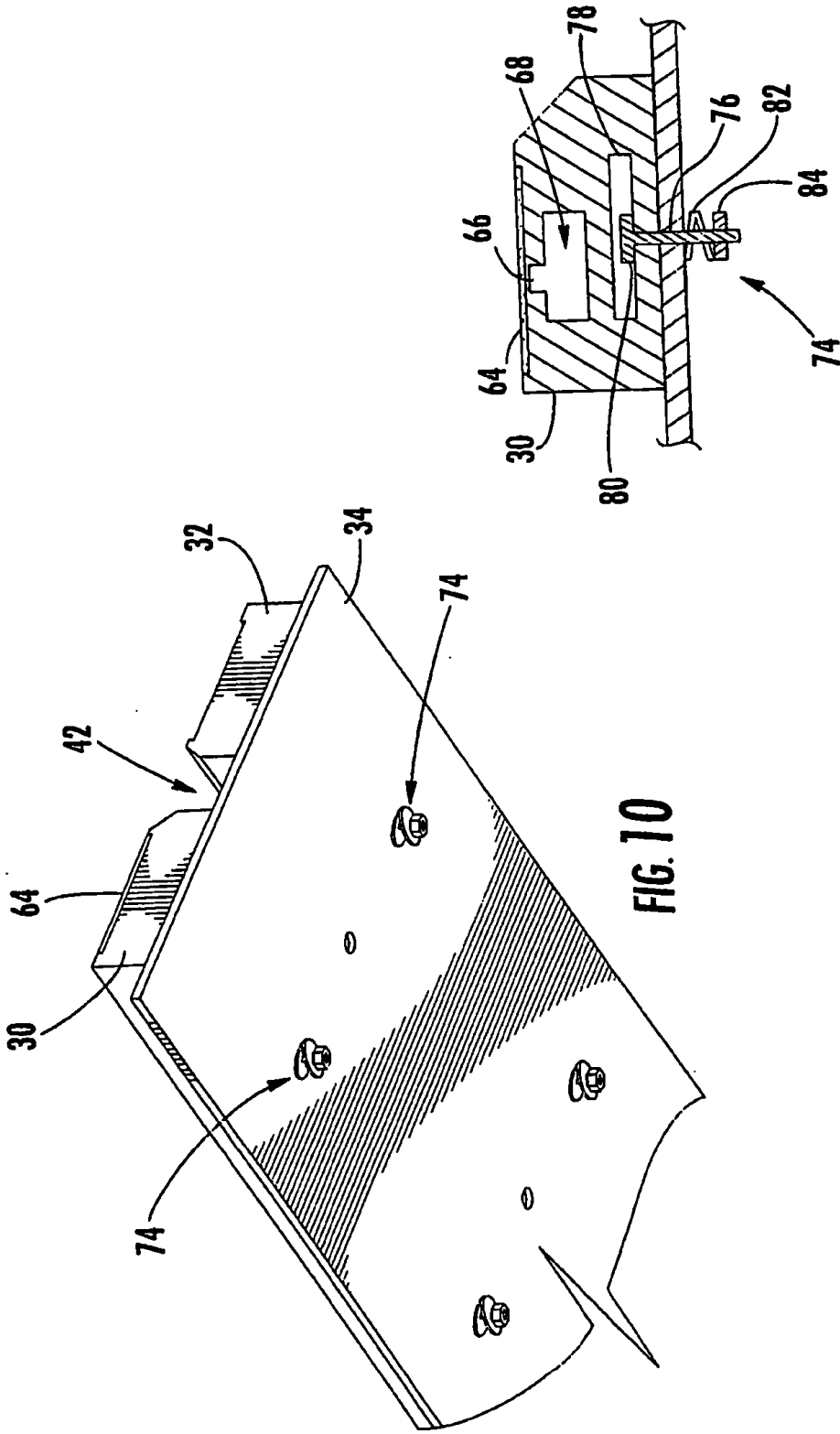


FIG. 10A

FIG. 10

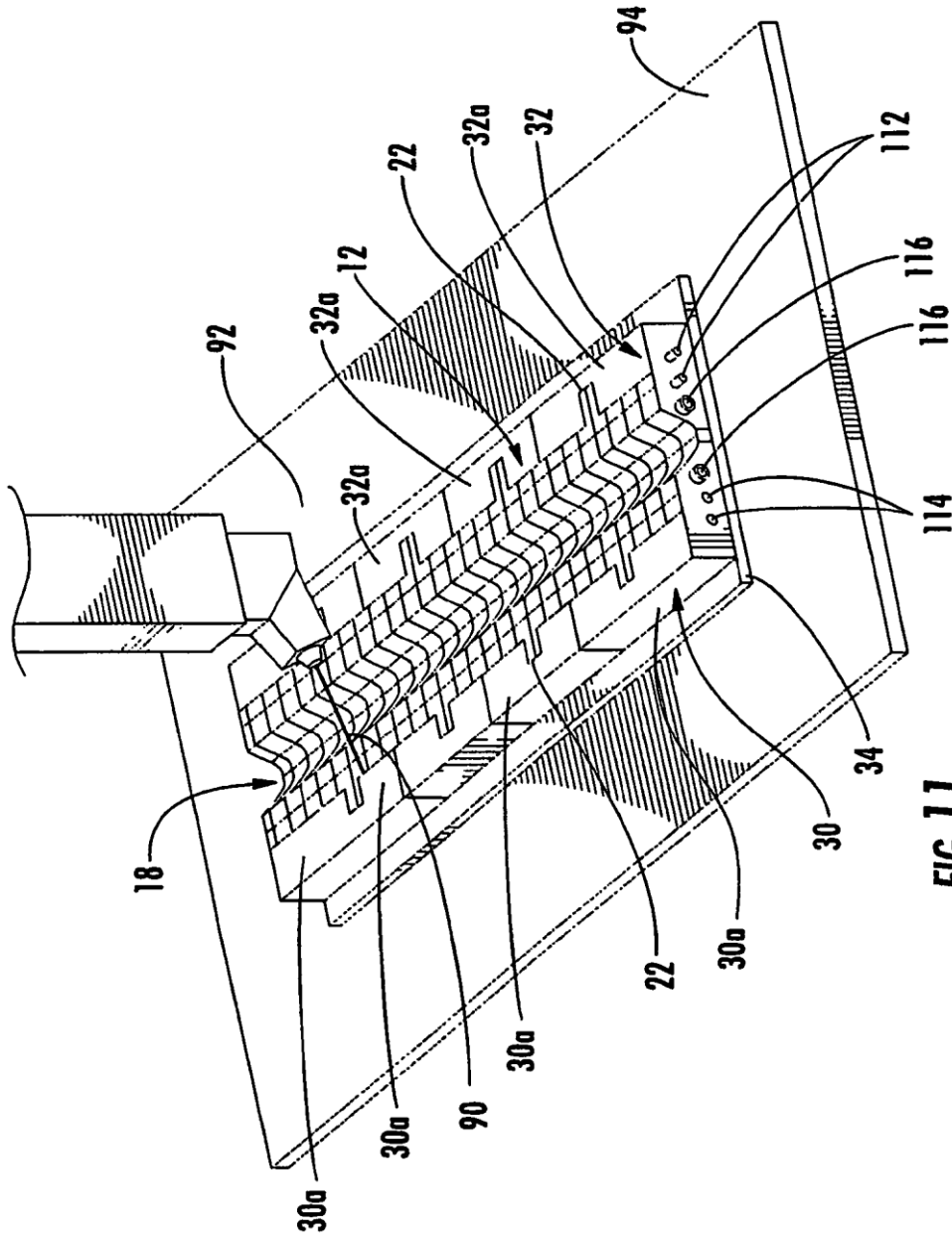
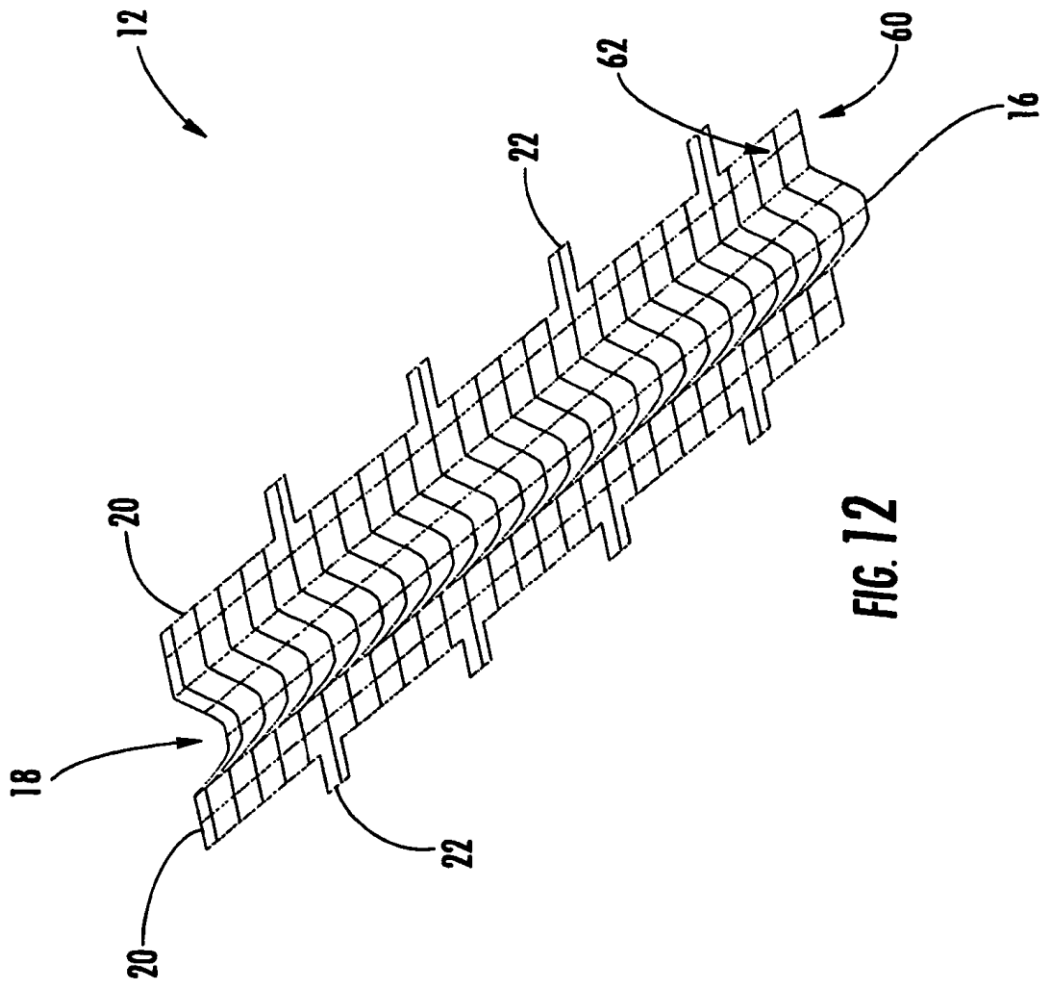
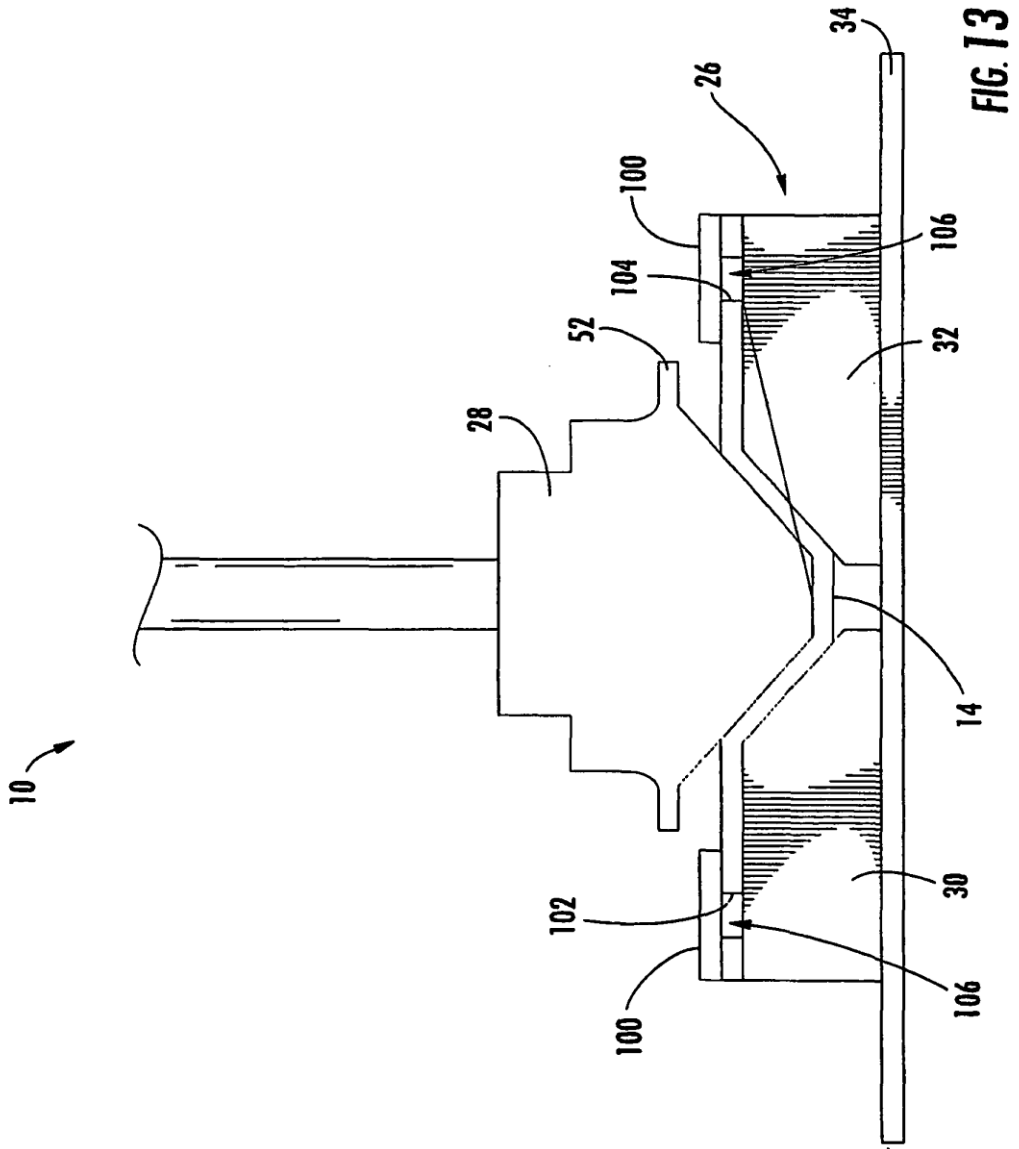


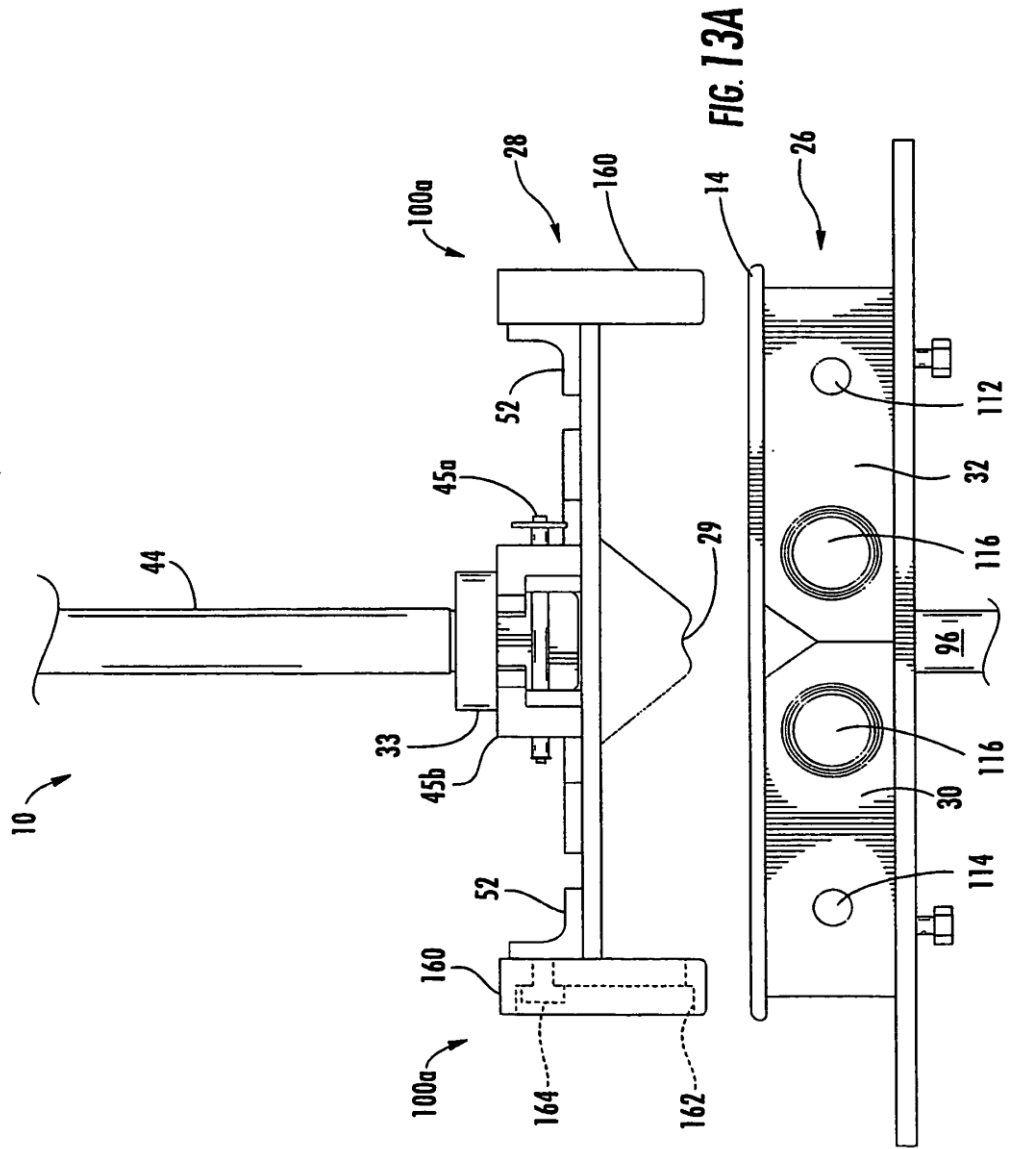
FIG. 17

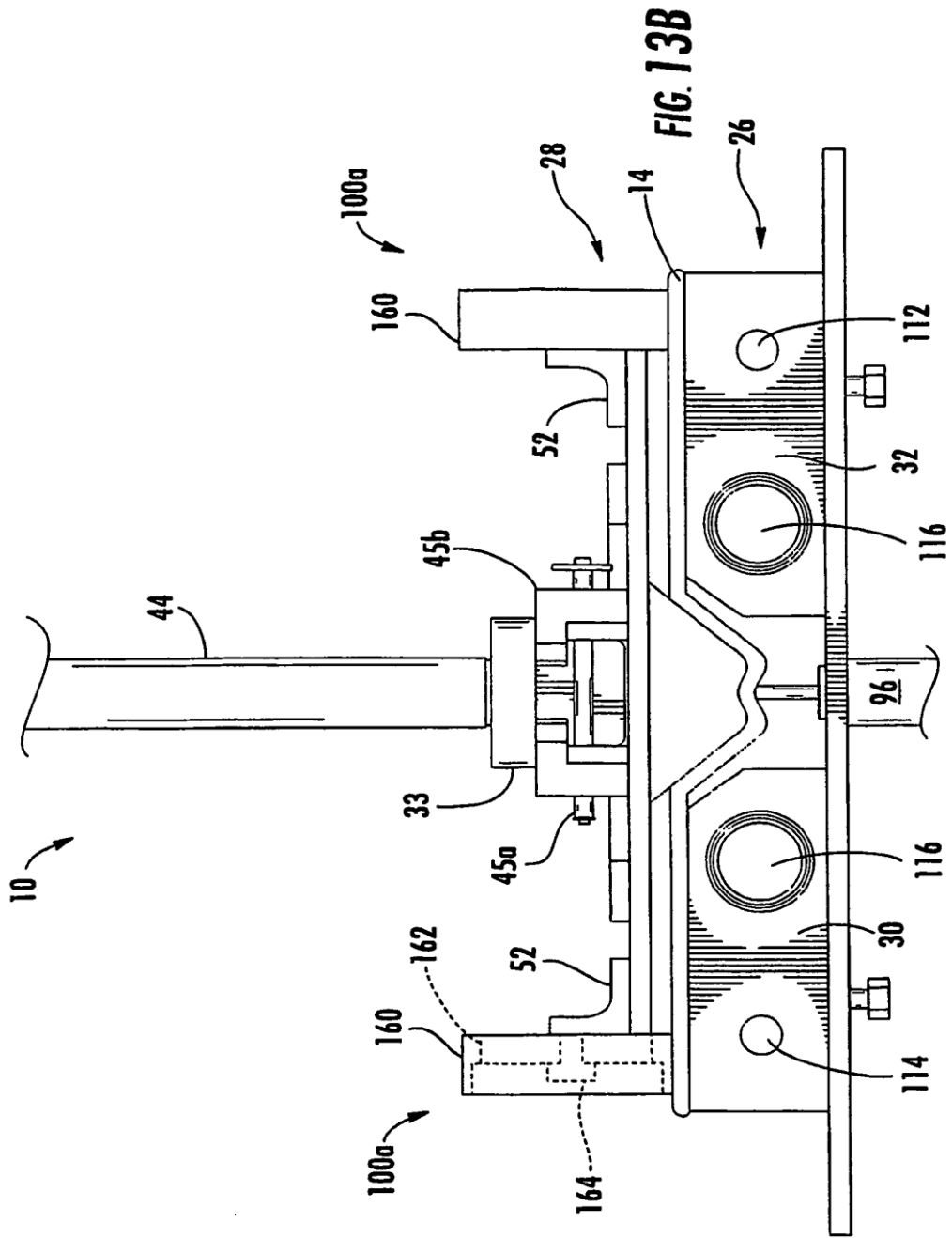


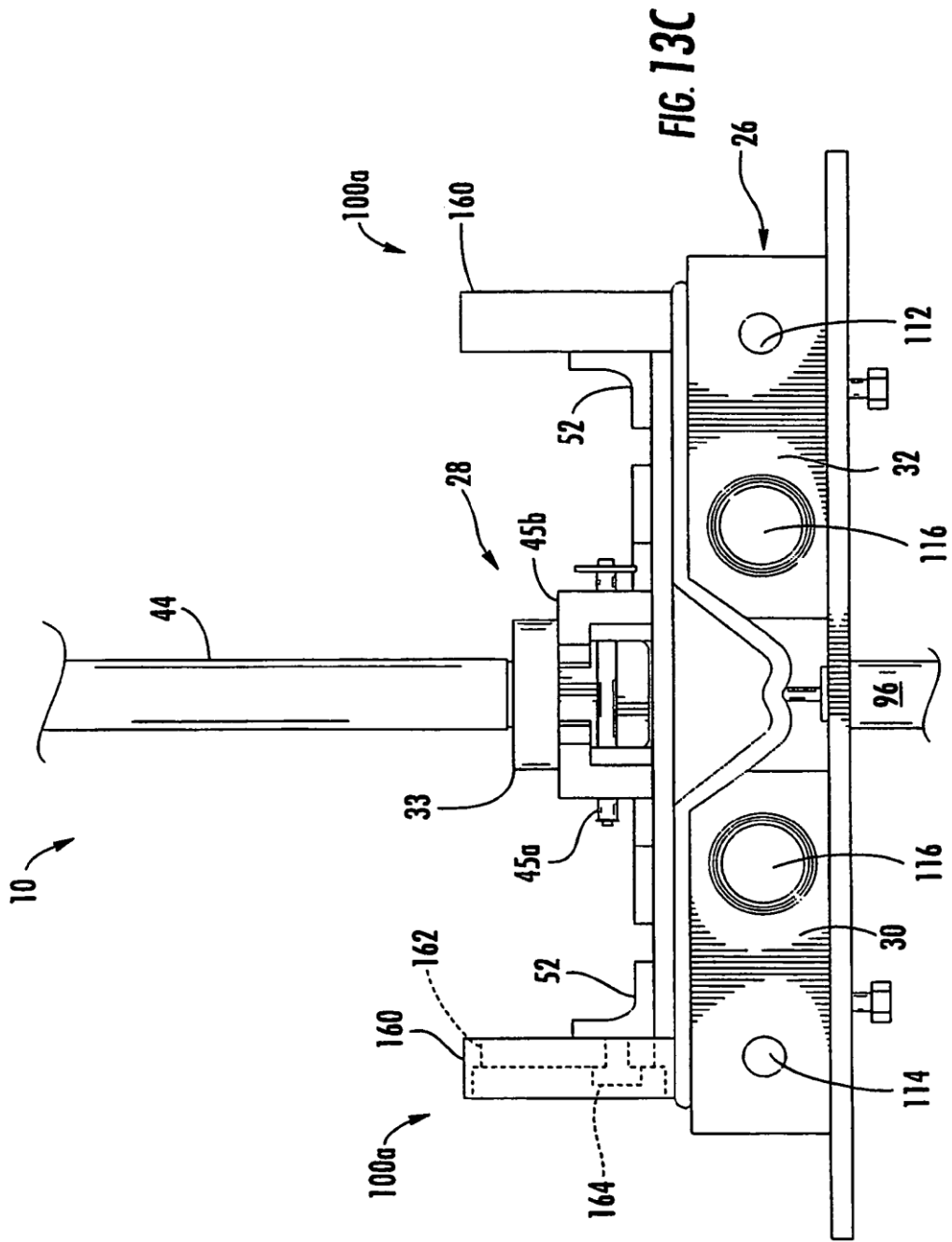


**FIG. 12**









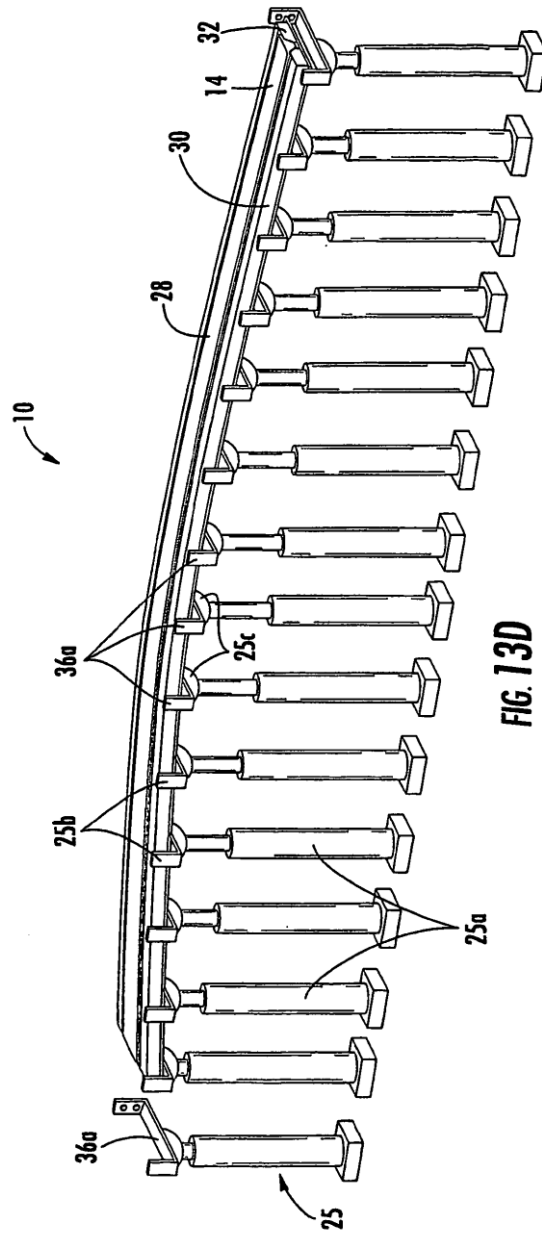
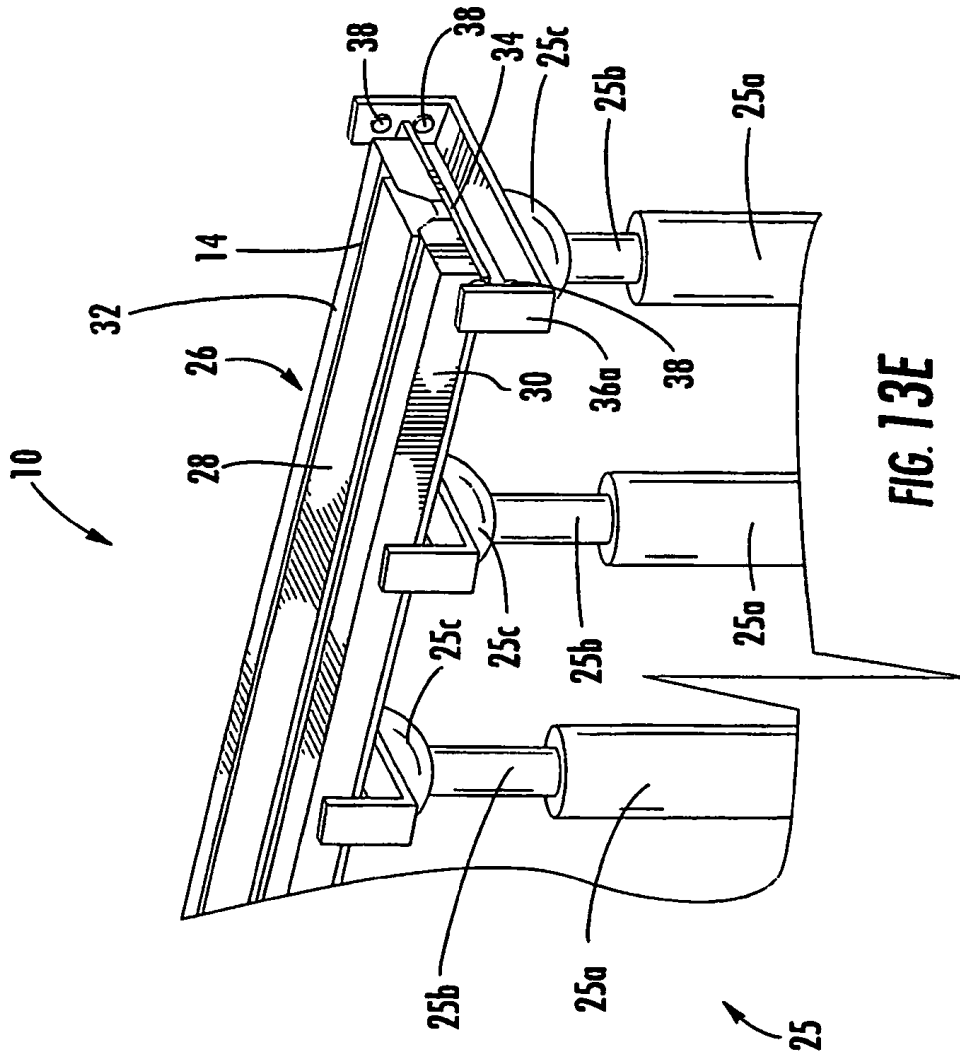


FIG. 13D



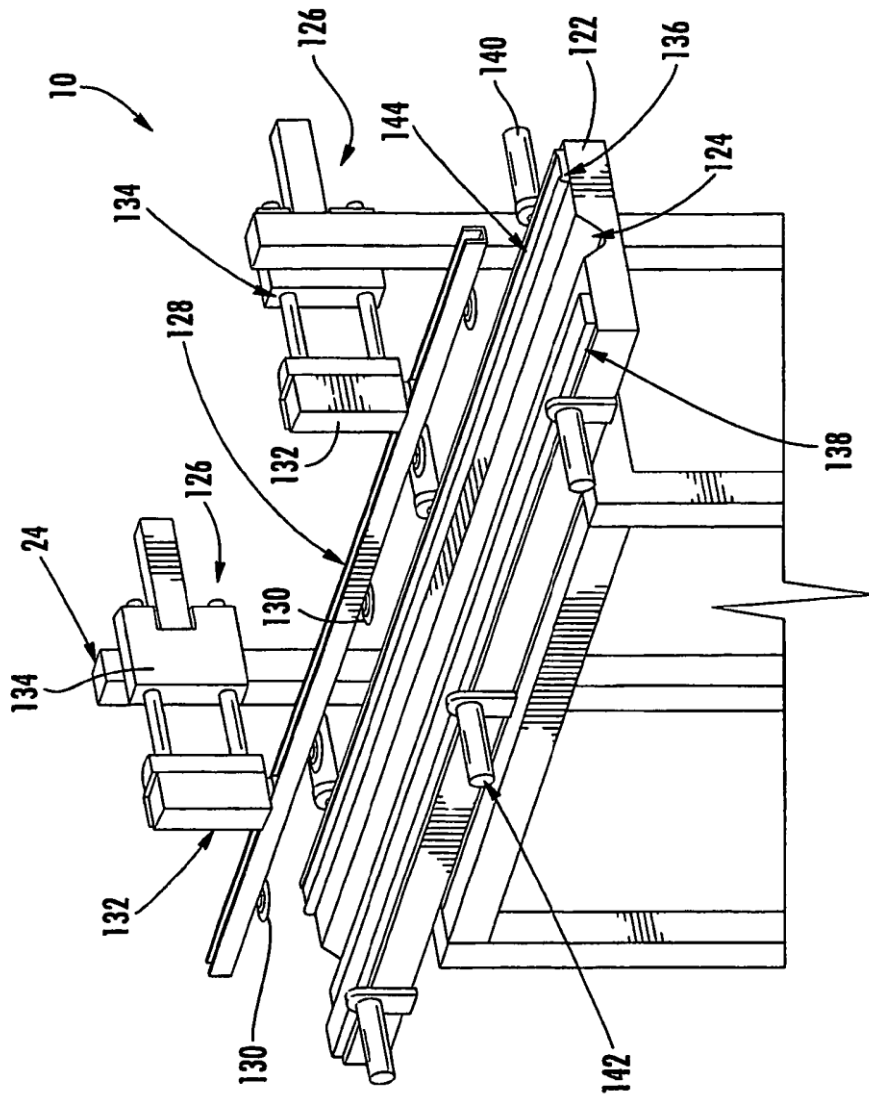


FIG. 14



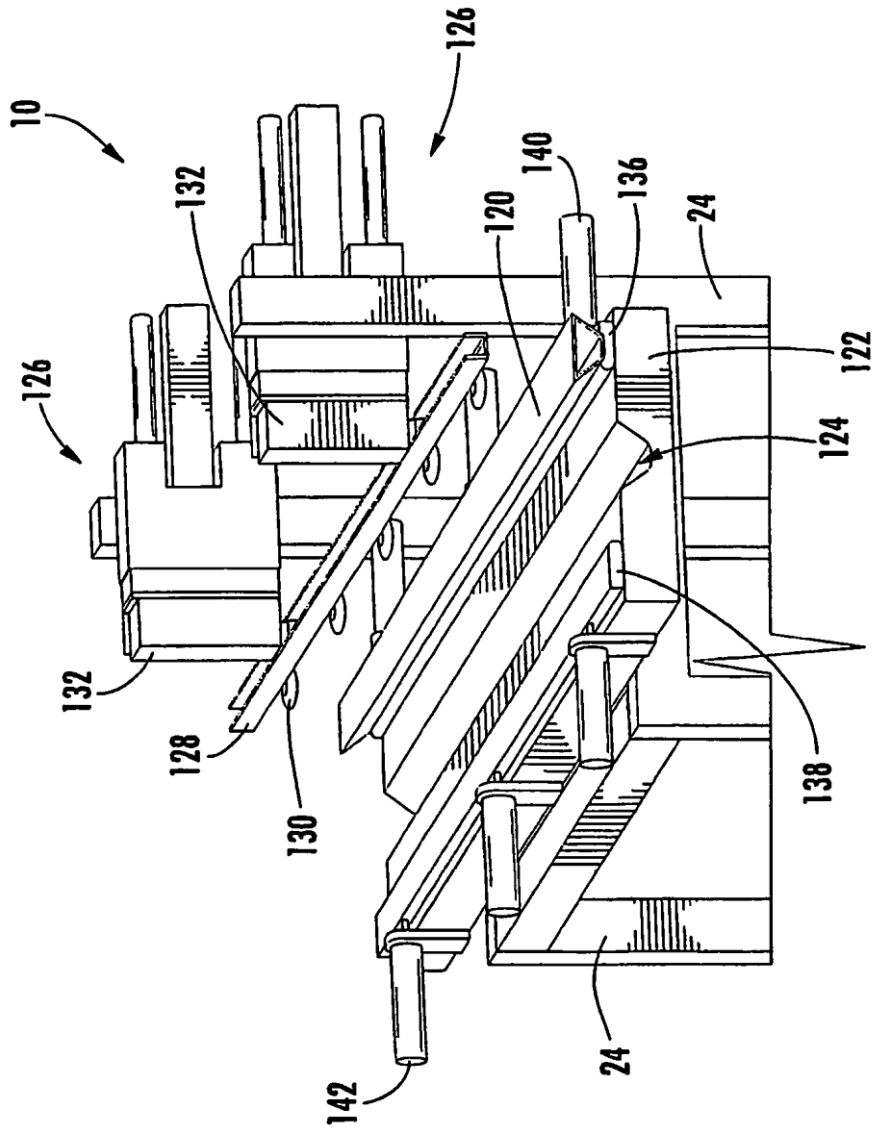
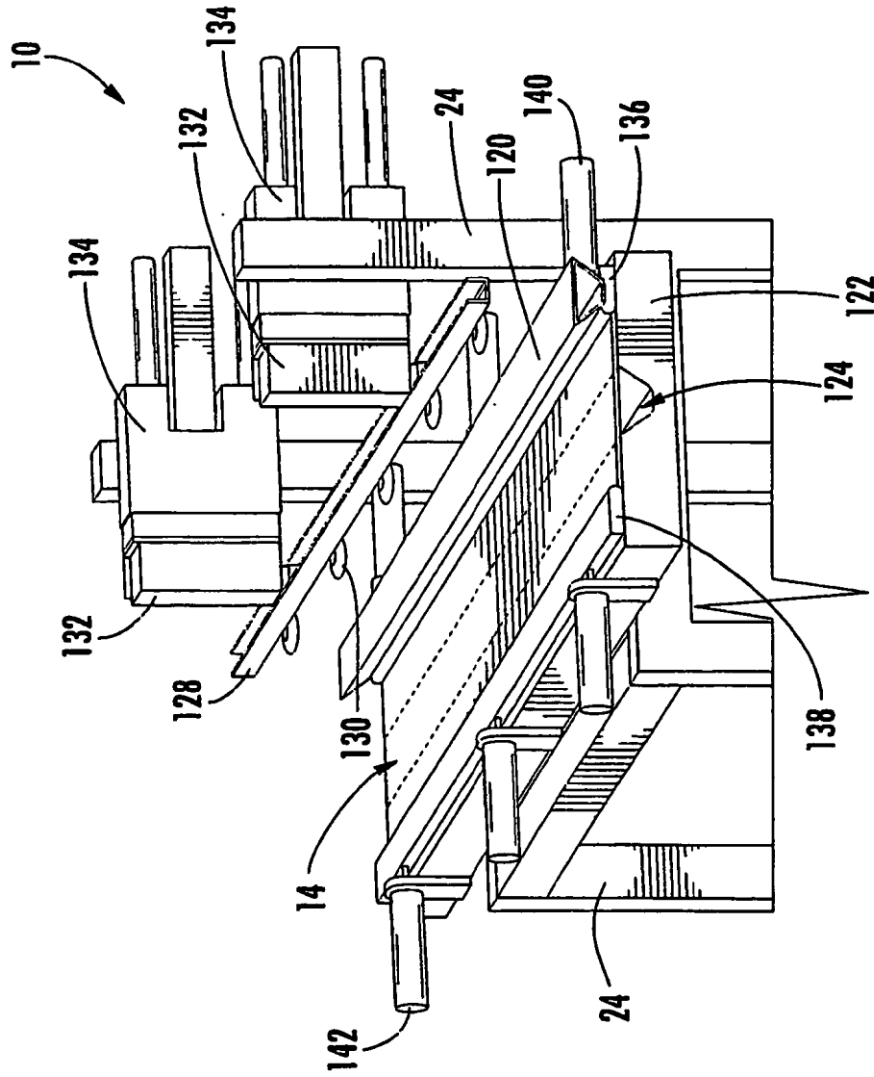


FIG. 15



**FIG. 16**

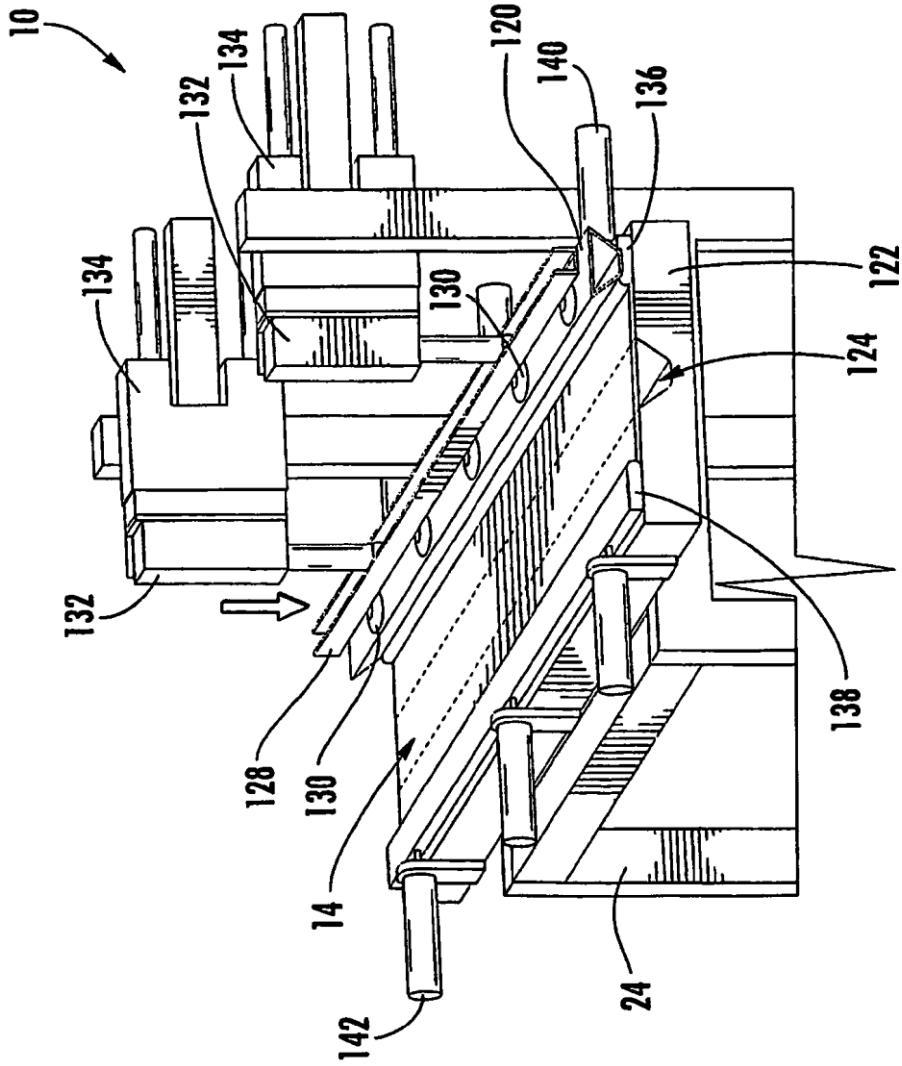


FIG. 17

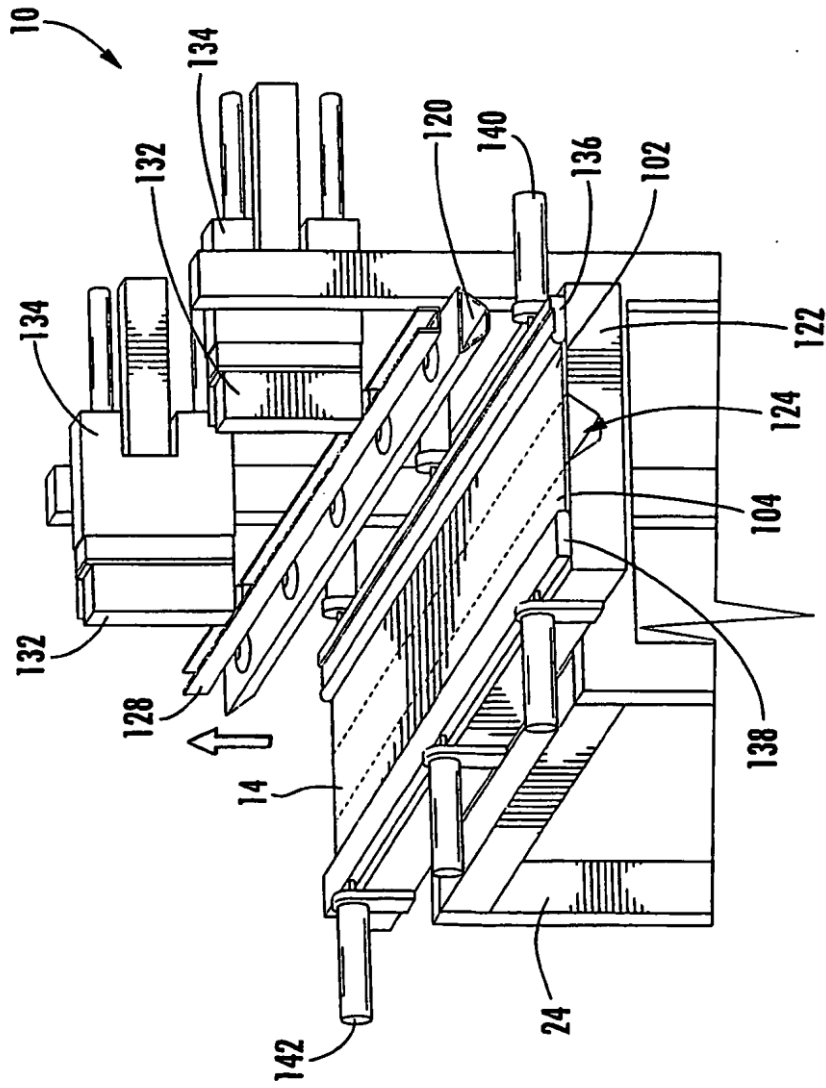


FIG. 18

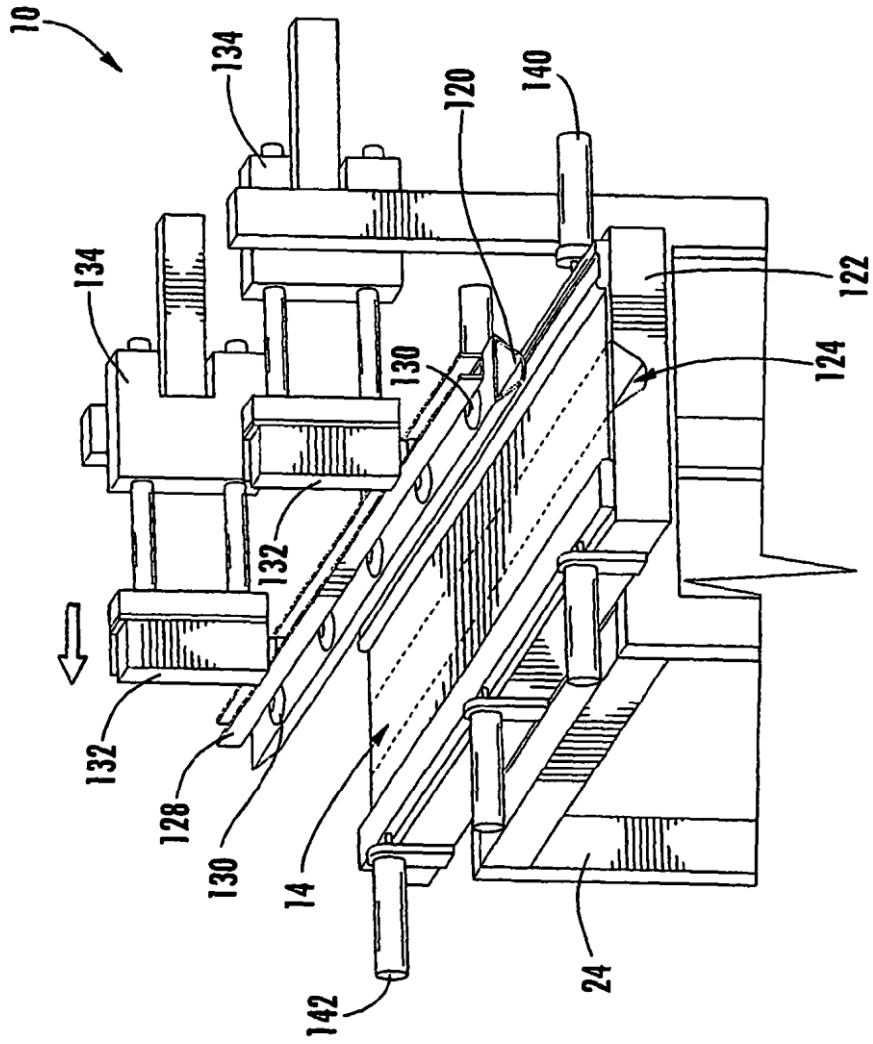


FIG. 19





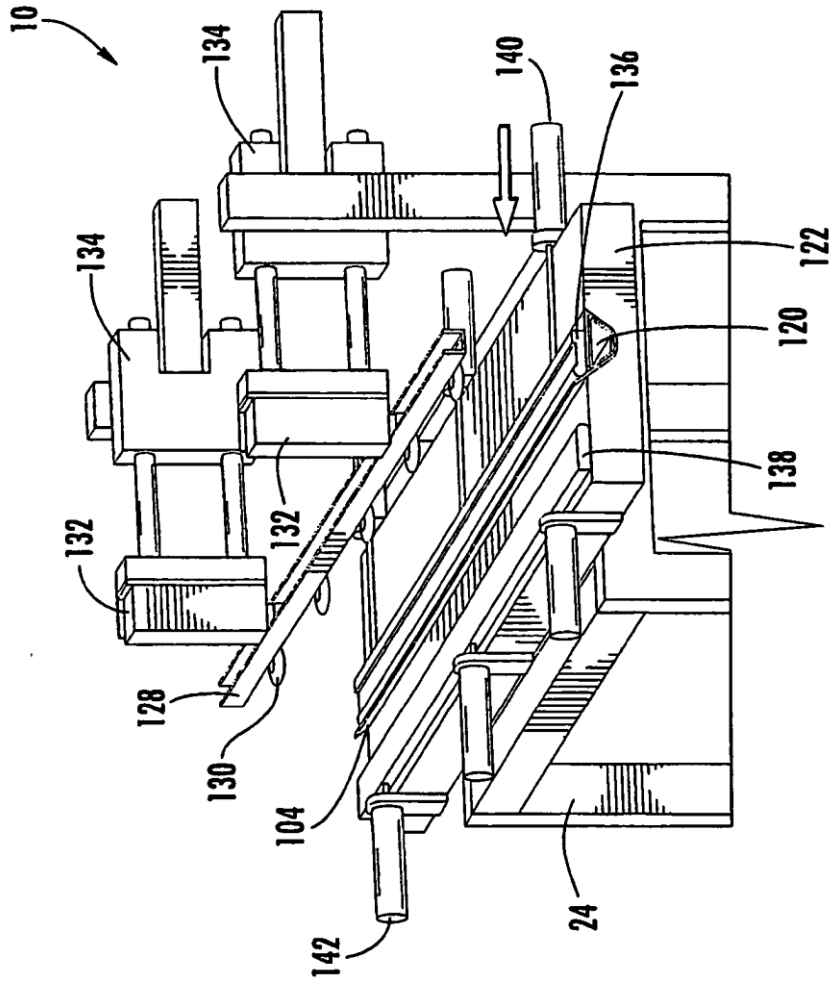


FIG. 22



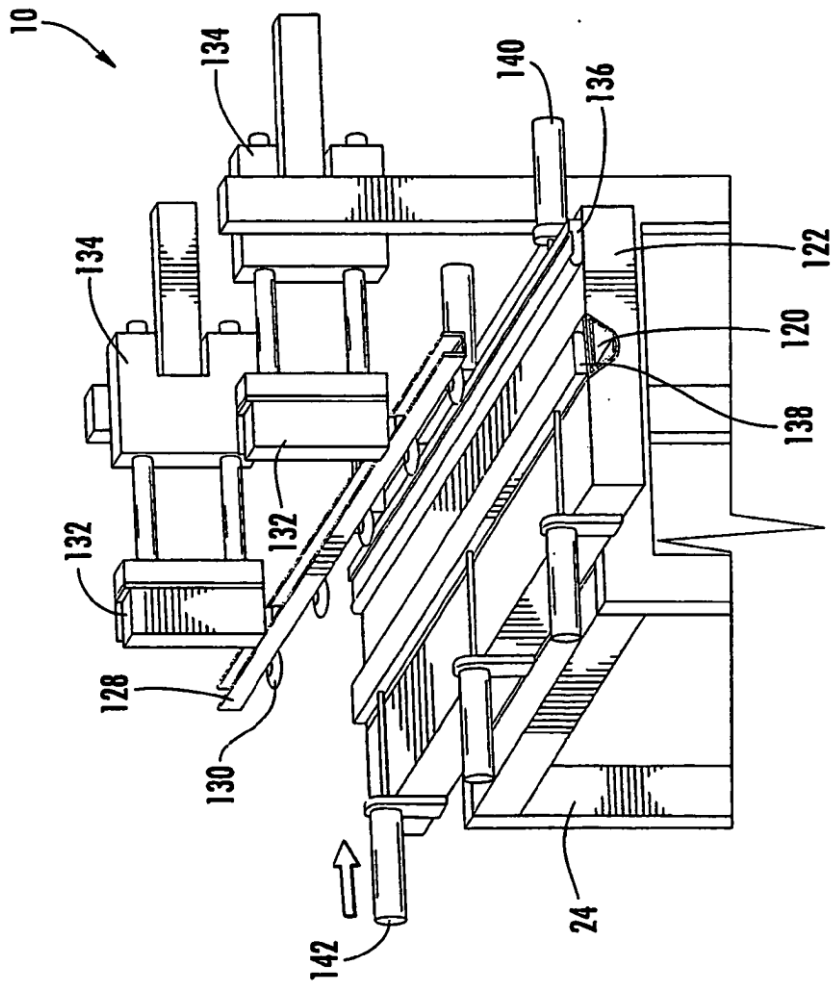


FIG. 23

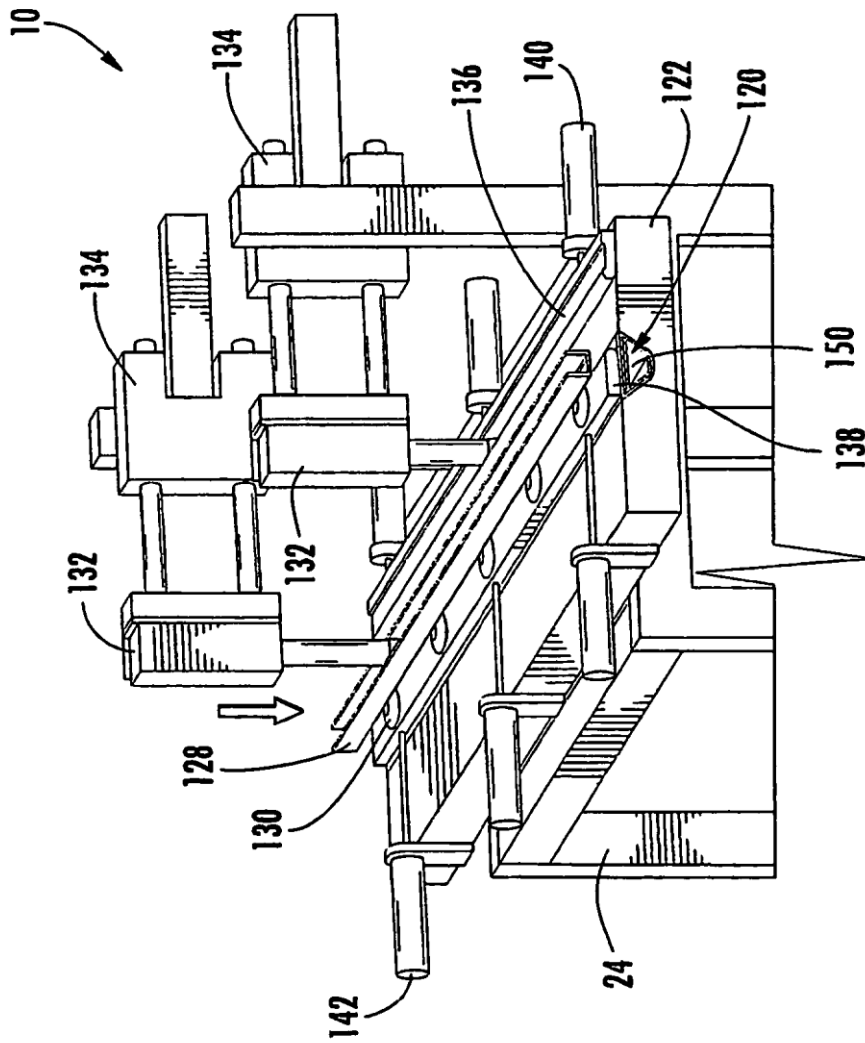


FIG. 24

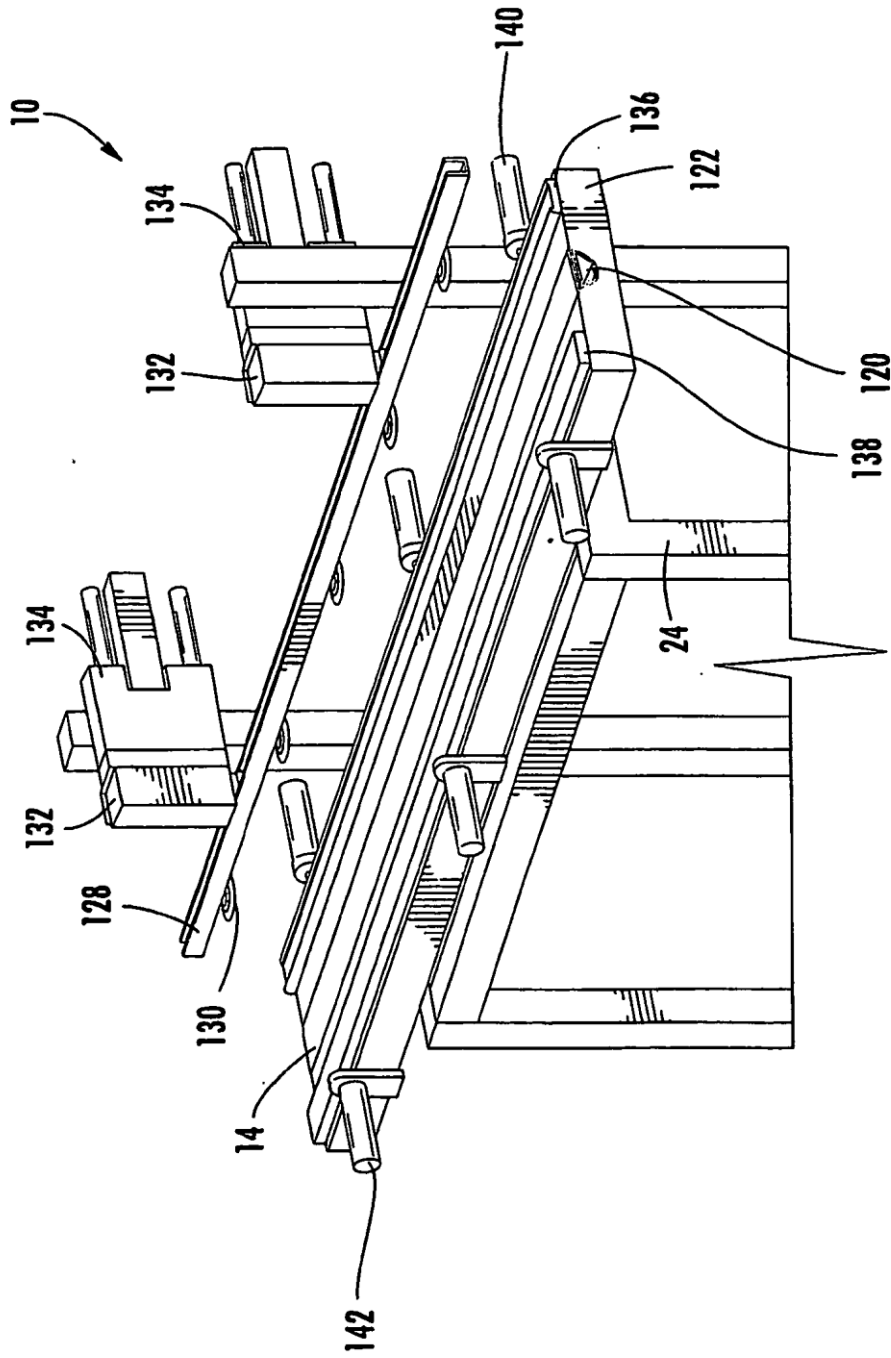
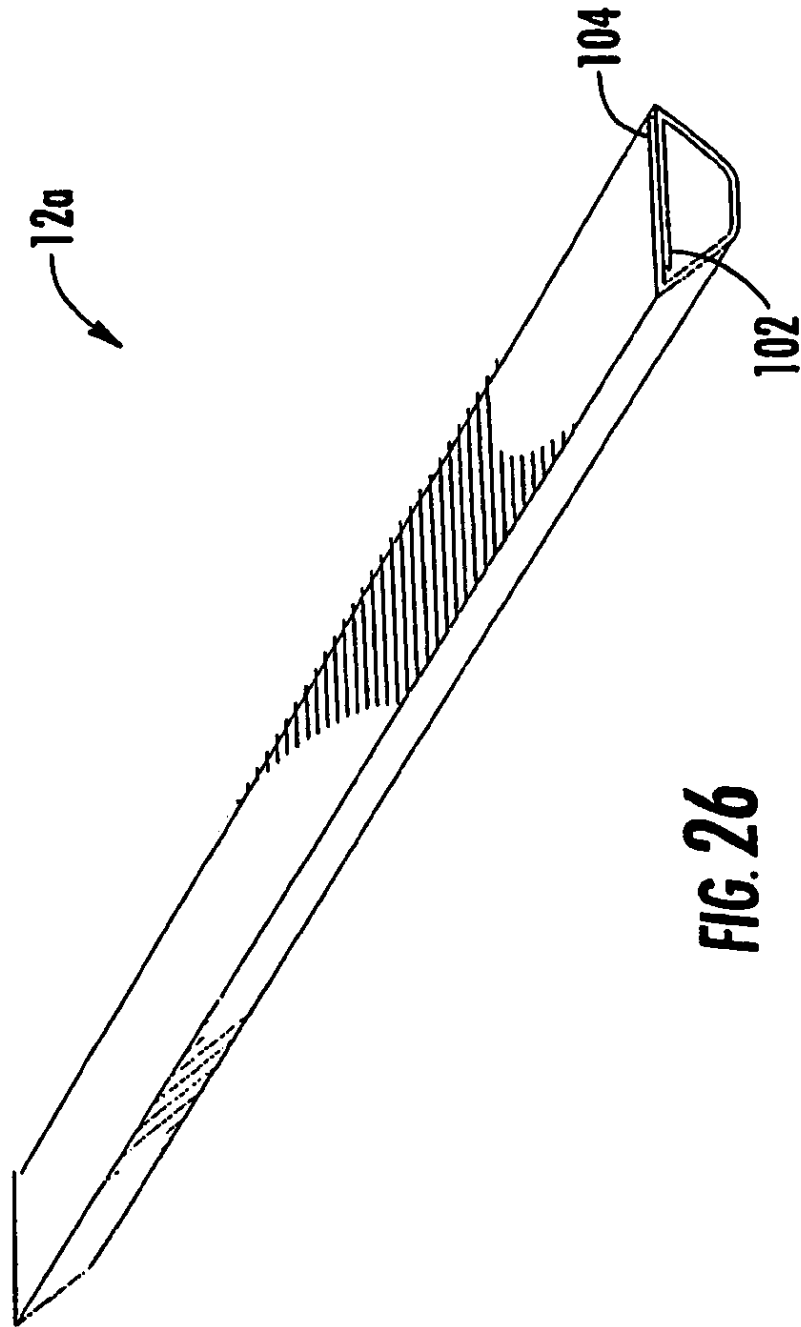


FIG. 25



**FIG. 26**