

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 628 053**

51 Int. Cl.:

B29C 70/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.06.2007 PCT/US2007/072113**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.06.2008 WO08073520**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.06.2007 E 07871000 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.03.2017 EP 2035214**

54 Título: **Dispositivo de compactación para colocación de fibras utilizando un desplazamiento de segmentos interdependientes y método de fabricación del dispositivo de compactación correspondiente**

30 Prioridad:

28.06.2006 US 476455

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

01.08.2017

73 Titular/es:

**ORBITAL ATK, INC. (100.0%)
4700 Nathan Lane North
Plymouth, MN 55442, US**

72 Inventor/es:

**MILLER, LLOYD G.;
HARRIS, DOUGLAS G.;
BENSON, VERNON M.;
SHUPE, KEITH G. y
WADE, KEVIN L.**

74 Agente/Representante:

ELZABURU SLP, .

ES 2 628 053 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

Dispositivo de compactación para colocación de fibras utilizando un desplazamiento de segmentos interdependientes y método de fabricación del dispositivo de compactación correspondiente

5 CAMPO TÉCNICO
 La invención se refiere en general a tecnología de colocación de fibras y, más específicamente, a un dispositivo de compactación con segmentos interdependientes que son móviles unos con respecto a otros con el fin de permitir la conformidad con una superficie irregular durante la colocación de fibras.

10 ANTECEDENTES
 Las máquinas y técnicas de colocación de fibras son bien conocidas en la técnica y disfrutan de un uso considerable en la producción de piezas o estructuras de material compuesto. Las estructuras de material compuesto son particularmente útiles en aplicaciones de alto rendimiento, tales como en la industria aeroespacial debido a su elevada relación de resistencia-peso, buena resistencia a la corrosión, buena resistencia frente a impactos y alta resistencia eléctrica y térmica exhibidas por las piezas de material compuesto. Como consecuencia, los componentes de material compuesto reemplazan frecuentemente componentes metálicos en diversas estructuras, aparatos y sistemas.

15 20 En la producción de componentes de material compuesto, las máquinas de colocación de fibras son capaces de alimentar y cortar individual y selectivamente mazos o mechas separados de fibras para formar una banda de fibras sobre una superficie de la pieza. Este corte y alimentación selectivos de las mechas permite ventajosamente que el dispositivo de compactación de fibras deposite las mechas en una trayectoria arqueada en la superficie de pieza que evita el pandeo, el arrugado o la desalineación de las fibras. Las mechas de fibras, también conocidas como preimpregnados de mechas, son generalmente un mazo de fibras continuas impregnadas con una resina (es decir, un material polímero que puede estar en un estado curado, no curado o parcialmente curado).

25 30 Un ejemplo de una máquina de colocación de fibras incluye un dispositivo de compactación que comprende una pluralidad de segmentos de rodillo dispuestos en una relación de lado con lado, estando soportado cada rodillo para movimiento pivotante alrededor de un eje de pivote dispuesto excéntricamente. Los segmentos de rodillo son móviles independientemente uno de otro de tal manera que el dispositivo de compactación puede adaptarse a geometrías superficiales mientras intenta aplicar una presión contra las mechas individuales cuando son presionadas sobre la superficie de un mandril o capa subyacente de una pieza dada. Tales dispositivos de compactación de la técnica anterior emplean comúnmente un segmento de rodillo más central fijo, mientras se permite que los otros segmentos se muevan hacia adentro y hacia fuera, siendo empujados hacia adelante por presión neumática o fuerza de resorte al tiempo que pueden deslizarse como un conjunto. Tal dispositivo se describe en la patente de Estados Unidos 5.454.897 concedida a Vaniglia.

35 40 Algunos dispositivos de compactación que tienen segmentos móviles independientemente incorporan el uso de vejigas de presión (es decir, cámaras elásticas presurizadas de fluido), por ejemplo una vejiga en cada lado del segmento central fijo, para aplicar una fuerza de compactación a los segmentos de rodillo. Las vejigas empujan los segmentos de rodillo asociados de manera pivotante en la dirección frontal, con respecto al segmento central fijo, en un intento de adaptarse a la geometría superficial de la pieza y para proporcionar una presión generalmente uniforme contra la superficie.

45 50 Un problema con los dispositivos de compactación de la técnica anterior que utilizan un segmento de rodillo más central fijo es que los segmentos deben estar equilibrados de modo que la fuerza ejercitada por cada segmento de rodillo sea la misma. Adicionalmente, con un segmento central fijo, la adaptabilidad del sistema de rodillos a superficies geométricas complejas es bastante limitada. Además, debido a que los segmentos trabajan independientemente uno de otro, no hay nada que mantenga la posición de segmento promedio en la posición nominal (es decir, la posición de un segmento cuando no hay desplazamiento desde el eje central).

55 En dispositivos de compactación de colocación de fibras que utilizan vejigas inflables, existen muchos problemas adicionales. Por ejemplo, cuando la presión de la vejiga es demasiado baja, el segmento central soporta una carga más alta. Esto puede, en última instancia, provocar daños en el segmento central, en la pieza que se está fabricando (por ejemplo, si la fibra se está colocando sobre el núcleo), o en ambos. Esto es particularmente un problema cuando las vejigas dejan de inflarse, ya que tal caso podría dar como resultado un daño irreparable a los rodillos cuya sustitución es cara.

60 65 Por otro lado, si las vejigas están demasiado infladas, la sección central puede elevarse completamente de la superficie de pieza de material compuesto, dando como resultado, por lo tanto, fallos para compactar una o más mechas que están siendo colocadas sobre la superficie de pieza. Por lo tanto, las vejigas requieren regulación de presión e inflado continuo. Por lo tanto, las vejigas requieren una abertura a través de la cual pueda entrar y salir el gas y un sistema sellado para suministrar el gas presurizado. Estas conexiones selladas se rompen a menudo de tal manera que tienen que ser reselladas, lo cual es una operación que consume mucho tiempo. En general, las vejigas requieren un mantenimiento y reparación costosos que pueden incluir el desmontaje del rodillo.

Por lo tanto, sería deseable proporcionar un dispositivo de compactación de colocación de fibras mejorado. Por ejemplo, existe la necesidad de mejorar el posicionamiento y equilibrado de las fuerzas del segmento, aumentar la adaptabilidad de los segmentos de rodillo y simplificar el mantenimiento y control de un dispositivo de compactación.

5 EXPOSICIÓN DE LA INVENCION

La presente invención se dirige a un dispositivo según la reivindicación 1 y a un método según la reivindicación 16.

10 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Los dibujos ilustran diversas realizaciones de la invención:

La figura 1 ilustra una vista en perspectiva de un dispositivo de compactación según una realización de la presente invención;

15 La figura 2 ilustra una vista en sección transversal parcial de un dispositivo de compactación que incluye una sección parcial de un segmento y una vejiga según una realización de la presente invención;

La figura 3 ilustra detalles de una porción de un dispositivo de compactación que incluye una superficie de contención de vejiga ajustable según una realización de la presente invención;

La figura 4a ilustra una vista en sección transversal parcial de un dispositivo de compactación según una realización de la presente invención;

20 La figura 4b ilustra una vista en sección de un mecanismo de vibración de fluido según una realización de la presente invención;

La figura 5 ilustra una vista en sección transversal parcial de un dispositivo de compactación que incluye una sección parcial de un segmento y que muestra unos pistones actuadores según una realización de la presente invención;

25 La figura 6 ilustra una vista en sección longitudinal de un dispositivo de compactación, según una realización de la presente invención;

Las figuras 7a-7c ilustran vistas laterales en sección de un dispositivo de compactación, mostrando los funcionamientos internos de un segmento de rodillo mientras el segmento está en diversas posiciones, según una realización de la presente invención;

30 Las figuras 8a-8c ilustran una herramienta de inserción de vejiga y el uso de la misma, según una realización de la presente invención;

La figura 9 ilustra una vista en sección de un segmento de dispositivo de compactación que incluye un cabezal de compactación pivotante; y

35 La figura 10 ilustra una vista en perspectiva de un dispositivo de compactación según una realización de la presente invención, que incluye un cabezal de compactación fijo.

MODO(S) PARA REALIZAR LA INVENCION

Las máquinas de colocación de fibras que incluyen un dispositivo de compactación se utilizan para producir piezas de material compuesto. En las diversas realizaciones de la presente invención, todos los segmentos individuales del dispositivo de compactación están relacionados interdependientemente entre ellos durante el funcionamiento. En una realización de la presente invención, un dispositivo de compactación incluye una pluralidad de segmentos individuales dispuestos en una relación de lado con lado para compactar mechas de fibra sobre un contorno plano, curvado o compuesto. Los segmentos individuales pueden configurarse como rodillos que ruedan a través de la superficie de pieza o como miembros no giratorios que se deslizan sobre la superficie. Para ajustarse al contorno de la superficie de la pieza, los segmentos individuales pueden estar configurados para deslizarse hacia adelante y hacia atrás o, en otra realización, pivotar alrededor de un eje que no está en el centro del segmento (eje fuera del centro). Cada segmento de rodillo puede estar fijado opcionalmente en su sitio para evitar que se mueva con respecto a los otros segmentos. La opción de fijar cualquiera o todos los segmentos, o cualquier combinación de segmentos, proporciona una mayor flexibilidad del dispositivo de compactación para adaptarse a superficies geométricas complejas. En una realización, cada segmento individual es un rodillo que contiene un cojinete anular que permite que las superficies exteriores de los segmentos giren independientemente entre ellas. Cada rodillo puede contener una abertura en la que puede estar situado un miembro actuador y aplicar una fuerza al segmento en una dirección especificada. Adicionalmente, cada rodillo puede tener una superficie elastómera que está diseñada para dar docilidad adicional entre los segmentos del dispositivo de compactación y la superficie de pieza que se está formando.

En otra realización de la presente invención, un dispositivo de compactación incluye una pluralidad de segmentos individuales que tienen una zapata rígida que se desliza sobre la superficie de la estructura fibrosa. Los segmentos individuales son móviles unos con independencia de otros para adaptarse a las variaciones de forma de la estructura. La presión se aplica igualmente a cada segmento a través de un sistema interdependiente vinculado con los segmentos. Cada segmento se puede bloquear individualmente en una posición fija. La zapata rígida para cada segmento puede estar fijada rígidamente al segmento, articulada en múltiples direcciones, o pivotar sobre un solo eje. Las zapatas rígidas pueden estar cubiertas con un material que puede proporcionar una docilidad superficial adicional y reducir la fricción entre las zapatas y la estructura fibrosa. Las zapatas pueden incluir un aparato para proporcionar refrigeración, calor o vibración. Adicionalmente, puede colocarse de forma fija un material flexible delgado entre la estructura fibrosa y las zapatas para reducir la fricción entre la estructura fibrosa y el dispositivo de

compactación. El uso del material flexible delgado distribuirá de manera más uniforme la presión de la zapata y mejorará el acabado superficial de la estructura fibrosa.

5 En una realización adicional de la presente invención, un dispositivo de compactación incluye una pluralidad de segmentos individuales con un segmento central que no está fijo en su posición con respecto a los otros segmentos, o con respecto a un eje estacionario dado del dispositivo de compactación. Tal estructura duplica efectivamente el área de desplazamiento de los segmentos de rodillo en comparación con los dispositivos en los que el segmento central es fijo. Además, debido a que el dispositivo está configurado de manera que las presiones aplicadas a segmentos individuales sean autoequilibrables, la invención elimina la posibilidad de diferencias de presión entre la sección central y las otras secciones. Como resultado, el dispositivo de compactación es duradero y evita daños al mandril, en el que se fabrica la pieza, o a la propia pieza. Mediante el equilibrado ideal y la falta de una sección central fija, se consigue una mayor adaptabilidad y se mejora la consolidación del material.

15 En una realización adicional de la presente invención, se proporciona un dispositivo de compactación que incluye una serie de segmentos individuales que compactan la fibra contra una superficie de pieza. Cada segmento individual contiene una abertura en la que se puede situar un miembro actuador. El miembro actuador equilibra la presión aplicada a cada segmento ejerciendo una fuerza para empujar el segmento individual hacia la superficie de pieza que se está formando, ajustándose así adaptablemente al contorno de la superficie de pieza. Los miembros actuadores pueden incluir, por ejemplo, un tubo elastómero (por ejemplo, una vejiga) relleno con: un fluido sustancialmente incompresible, un material sustancialmente sólido altamente elástico que actúa como un fluido incompresible, o un material granular sustancialmente sólido que actúa como un fluido incompresible. En otra realización, los miembros actuadores pueden incluir pistones y cilindros individuales que están conectados cada uno con un volumen fijo de fluido sustancialmente incompresible. Mediante el uso de un fluido (o un material que se comporta sustancialmente como un fluido) que tiene un volumen fijo, se elimina la necesidad de un suministro neumático regulado y el control asociado y la instalación de fontanería. Por lo tanto, pueden simplificarse, si se desea, el control, el mantenimiento y la construcción del dispositivo de compactación.

30 En una realización de la invención, se incluye un dispositivo de compactación que comprende una vejiga y un segmento de rodillo de compactación, una superficie de contención de vejiga o superficies que encierran la vejiga en los extremos. Estas superficies de contención pueden ser ajustables para tener el efecto de ajustar el volumen de trabajo de la vejiga cambiando su forma. También se puede disponer una plantilla o accesorio de calibración en el dispositivo para permitir un ajuste repetible de las superficies de contención de la vejiga basado en los radios de rodillo efectivos de los segmentos con respecto al eje de rodillo físico. En una realización, las superficies de contención pueden ajustarse mediante un servocontrolador opcional.

35 En otra realización más, un dispositivo de compactación también puede incluir un accesorio de vibración que hace vibrar todo el dispositivo de compactación. El accesorio de vibración puede incluir, pero no está limitado a, un tipo de vibrador que incluye, un lóbulo excéntrico, hidráulico, accionado por aire o electromagnético. El dispositivo de compactación también puede incluir un accesorio de vibración que hace vibrar el fluido u otro material dispuesto en la vejiga o el suministro de fluido para los actuadores hidráulicos. La vibración del dispositivo de compactación mejora la compactación y la consolidación del material compuesto.

45 Asimismo, se puede incluir una vejiga secundaria opcional que rodea la vejiga primaria para capturar cualquier fluido que pueda fugarse de la vejiga primaria, y luego descargar el fluido fugado en un dispositivo de detección de fugas.

50 Además, una realización incluye una herramienta para llenar e insertar vejigas dentro del dispositivo de compactación ensamblado. Por ejemplo, cuando se necesita reemplazar una vejiga, se puede extraer la vejiga vieja y se puede insertar la herramienta de inserción que contiene una nueva vejiga dentro del dispositivo de compactación. Con las realizaciones descritas, la presente invención simplifica la construcción, el mantenimiento y el control del dispositivo de compactación y reduce potencialmente el coste para el usuario.

A continuación, se describirán adicionalmente diversas realizaciones de la presente invención con referencia a los dibujos y a la práctica preferida de la invención.

55 Con referencia ahora a la figura 1 de los dibujos, se ilustra una vista en perspectiva de un dispositivo de compactación 10 según una realización de la presente invención.

60 El dispositivo de compactación 10 está soportado por una estructura 28, e incluye unos segmentos 20 de rodillo que colectivamente forman lo que puede denominarse rodillo 21 o conjunto de rodillos. Los segmentos 20 de rodillo están configurados según una relación separada lado con lado con un segmento 22 de rodillo más extremo en cada lado y limitados axialmente por un(os) collar(es) 24. Los segmentos 20 de rodillo son móviles independientemente uno del otro de tal manera que el rodillo 21 del dispositivo de compactación 10 puede adaptarse a superficies geométricas complejas de una pieza que se está formando y aplicar una presión uniforme contra toda la superficie, mejorando así la consolidación del material que se está fabricando. Para proporcionar soporte a los segmentos individuales 20, se proporcionan unos medios de soporte por una estructura de soporte 28 que puede incluir, por

ejemplo, unas placas extremas 30 (sólo se ve una en la figura 1), una orejeta de montaje 42, que se acopla con unas ranuras 44 formadas en un par de brazos de soporte 46.

La figura 2 muestra una vista parcial en sección transversal con un único segmento 20 del dispositivo de compactación 10 (eliminándose otros segmentos por motivos de claridad), estando dispuesto cooperativamente el segmento 20 alrededor de una vejiga elastómera 50. La vejiga 50 se extiende sustancialmente paralela a un eje estacionario 90 alrededor del cual pueden deslizarse los segmentos de rodillo en una dirección sustancialmente perpendicular al mismo. La vejiga 50 está llena, por ejemplo, de un fluido sustancialmente incompresible, un material sustancialmente sólido altamente elástico que actúa como un fluido incompresible, o un material granular sustancialmente sólido que actúa como un fluido sustancialmente incompresible. El uso de un volumen fijo también elimina la necesidad de regulación de presión de la vejiga y pueden eliminarse las tuberías neumáticas de suministro 70 a las vejigas. Adicionalmente, el dispositivo de compactación 10 puede incluir una vejiga secundaria 52 que rodea la vejiga primaria 50 y atrapa fluido fugado, descargándolo en un dispositivo de detección de fugas (no mostrado). La presión en la vejiga 50 puede controlarse utilizando la superficie de contención 110 de vejiga dispuesta en el collar 108 de presión de vejiga, el movimiento hacia dentro de la superficie de contención 110 comprime la vejiga 50 e incrementa la presión respectiva. Por el contrario, el movimiento hacia fuera de la superficie de contención 110 reduce la presión en la vejiga 50. El movimiento de la superficie de contención puede realizarse manualmente o mediante un servo 114 (figura 3). Toda la vejiga 50 debe estar limitada sustancialmente para enfocar el cambio de presión dentro de la vejiga 50 a los segmentos individuales 20. Cada extremo de la vejiga 50 está limitado por un collar de contención 100.

El segmento 20 de rodillo contiene un segmento deslizante 26 con una abertura 32 situada en el centro. La vejiga 50 y el eje estacionario 90 encajan a través de la abertura 32 del segmento deslizante que permite que los segmentos 20 de rodillo se deslicen hacia atrás y hacia delante cuando el miembro prensador (por ejemplo, la vejiga 50) ejerce una fuerza para empujar el segmento individual 20 hacia la superficie de una pieza que se está formando. Cada segmento 20 de rodillo puede fijarse opcionalmente en su sitio para evitar que se mueva con respecto al eje estacionario 90. Los segmentos 20 de rodillo también pueden incluir una superficie elastómera 60 con una dureza de material especificada para proporcionar una docilidad adicional a la superficie de trabajo contra la cual se presionan los segmentos 20. Un cojinete, tal como un cojinete anular 40, puede estar dispuesto en el perímetro exterior de cada segmento 20 de rodillo para permitir que las superficies exteriores de los segmentos 20 giren con respecto al segmento deslizante del mismo e independientemente de otros segmentos 20.

Cuando el conjunto 21 de rodillos se acopla con la superficie de una estructura de material compuesto y cuando cambia el contorno superficial de la estructura de material compuesto, los segmentos 20 de rodillo se deslizan individualmente hacia adelante o hacia atrás para mantener el contacto con la superficie de una manera conforme. A medida que se desplaza el segmento deslizante 26 del rodillo, el segmento deslizante 26 mete, o libera, presión en la vejiga 50 y el fluido incompresible (u otro material) se transfiere así entre porciones de la vejiga correspondientes a los segmentos individuales 20 para equilibrar las fuerzas respectivas de cada segmento individual haciendo así que el movimiento de los segmentos individuales 20 sea interdependiente del movimiento de otros segmentos individuales 20. Debido a que los segmentos 20 son interdependientes (por medio de la vejiga 50), la posición de segmento promedio se mantiene en la posición nominal (es decir, si un segmento se desplaza hacia adelante una unidad, entonces los segmentos restantes son desplazados hacia atrás una media de una unidad, manteniendo así la posición media del segmento en cero o nominal) lo que disminuye la magnitud de cualesquiera de errores de final de estrato (EOP). En una realización, un vibrador 31 (figura 5) puede estar unido a una placa extrema 30 que está acoplada con el eje estacionario 90. Puede utilizarse cualquier vibrador 31 apropiado para hacer vibrar el dispositivo de compactación con el fin de mejorar adicionalmente la compactación y consolidación del material compuesto. El vibrador 31 sirve a la finalidad de asegurar que el material compuesto que se está formando no contiene bolsas de aire.

En la figura 3 de los dibujos se ilustra una porción del dispositivo de compactación 10 que tiene una superficie de contención de vejiga ajustable 110 dispuesta en el collar 108 de presión de vejiga, según una realización de la presente invención. El dispositivo de compactación 10 incluye una vejiga 50 que se extiende sustancialmente en paralelo con un eje estacionario 90. Los segmentos de rodillo (no mostrados) se deslizan hacia adelante y hacia atrás en una dirección sustancialmente perpendicular a la longitud de la vejiga 50 y el eje 90. En una realización de la presente invención, el dispositivo de compactación 10 incluye al menos una superficie de contención 110 de vejiga. La superficie de contención 110 de vejiga comprime la vejiga y puede ser ajustable para tener el efecto de permitir el ajuste del volumen de trabajo de la vejiga cambiando su forma o volumen efectivo. También se puede utilizar una plantilla o accesorio de calibración (no mostrado) para permitir el ajuste repetible de las superficies de contención de vejiga basado en el radio de rodillo efectivo de los segmentos 20 con respecto al eje estacionario 90. En una realización, se puede utilizar un dispositivo servocontrolado 114 para ajustar la superficie de contención 110 de vejiga.

En la figura 4(a) de los dibujos, se ilustra una vista interna de un dispositivo de compactación 10 según otra realización de la presente invención. El dispositivo de compactación 10 incluye una pluralidad de miembro actuador 12 que pueden incluir pistones 140 y cilindros 130 individuales que están interconectados por un colector que incluye un paso 80. El sistema, incluyendo los cilindros 130 y el paso 80, se llena con un volumen fijo de fluido

sustancialmente incompresible. Los pistones 140 descansan en los cilindros interconectados 130 y se desplazan hacia adelante y hacia atrás según el contorno de la superficie de pieza.

El dispositivo de compactación 10 puede incluir una pluralidad de segmentos 20 que incluyen un segmento 22 de rodillo más extremo. Los segmentos 20 de rodillo están configurados según una relación separada de lado con lado con un segmento 22 de rodillo más extremo 22 en cada lado. Cada segmento 20 de rodillo incluye un segmento deslizante 26 con una abertura 32 en la que puede estar situado un miembro actuador 12 y que ejerce una fuerza contra un segmento de rodillo individual asociado 20 en dirección hacia la superficie de una pieza que se está fabricando. Los miembros actuadores 12 crean interdependencia en posiciones de los segmentos de modo que, si uno o más segmentos 20 son desplazados, los otros se mueven para equilibrar las posiciones de segmento debido al desplazamiento de fluido a través del colector. Los segmentos 20 de rodillo son móviles con independencia uno de otro de tal manera que el dispositivo de compactación 10 pueda adaptarse a superficies de pieza conformadas de manera compleja y aplicar una presión uniforme contra toda la superficie para compactar mejor el material que se está colocando durante la formación de un componente de material compuesto. Cada segmento 20 de rodillo puede estar opcionalmente fijado en su sitio para evitar que el segmento 20 de rodillo se mueva con respecto al eje estacionario 90.

Adicionalmente, la figura 4(b) ilustra un elemento vibrador hidráulico 120 que puede instalarse en el sistema hidráulico del dispositivo de compactación 10. El elemento vibrador 120 incluye un alojamiento 122 que incluye un cilindro 127 y una lumbrera 123. El pistón 126 flota libremente y se desplaza haciendo girar la leva 124 del cilindro 127 creando "puntas" de presión cíclicas que se desplazan a través de la lumbrera 123 y la tubería hidráulica 82 hasta el paso 80 en el colector hidráulico (figura 4 (a)). Las "puntas" de presión se trasladan a continuación a los pistones 140 y finalmente se observan como vibraciones en la superficie de emparejamiento entre el dispositivo de compactación y la estructura de material compuesto (figura 4 (a)). Asimismo, puede ser necesario un resorte 128 de retorno de pistón en el cilindro 127.

En la figura 5 de los dibujos se ilustra una vista en sección parcial del dispositivo de compactación 10 mostrado y descrito con respecto a la figura 4 (a) de los dibujos. Como se muestra en la figura 5 de los dibujos, la pluralidad de miembro actuador 12 puede incluir unos pistones individuales 140 que están conectados entre ellos de una manera de tipo de colector con un volumen fijo de fluido sustancialmente incompresible. Los pistones 140 descansan en cilindros interconectados (no mostrados en la figura 5) y se desplazan hacia delante y hacia atrás cuando los segmentos individuales 20 se ajustan a la geometría superficial de una estructura de material compuesto dada que se está fabricando o de un mandril sobre el cual se va a formar la estructura. El dispositivo de compactación 10 también incluye un segmento 20 de rodillo (sólo se muestra uno en la figura 5 por motivos de claridad) que puede incluir un cojinete, tal como un cojinete anular 40 y una superficie elastómera 60. El cojinete anular 40 permite que las superficies exteriores giren con independencia entre ellas y la superficie elastómera 60 está diseñada para dar docilidad adicional a la superficie de trabajo tal como se ha descrito anteriormente con respecto a otras realizaciones.

Una guía 150 de pistón se extiende sustancialmente en paralelo a un eje estacionario 90 y a través de una abertura 32 del segmento deslizante 26 de cada segmento 20 de rodillo. Cuando cambia el contorno de una superficie de pieza, el segmento 20 de rodillo (y el segmento deslizante asociado 26) se desliza hacia delante o hacia atrás para mantener el contacto con la superficie. A medida que se desplaza el segmento deslizante 26 de rodillo, el segmento deslizante 26 introduce, o alivia, la presión de los pistones 140 y el fluido sustancialmente incompresible es transferido entre los cilindros asociados con los diversos segmentos 20 de rodillo para equilibrar la fuerza que se está aplicando a cada segmento de rodillo individual 20. Un vibrador adecuado 31 (mostrado en líneas de puntos), utilizado para hacer vibrar el dispositivo de compactación con el fin de mejorar adicionalmente la compactación y consolidación del material compuesto, puede estar unido a la estructura de soporte.

En la figura 6 de los dibujos se ilustra una vista en sección longitudinal del dispositivo de compactación 10 mostrado y descrito con respecto a las figuras 4 y 5. Como se ve en la figura 6 de los dibujos, el dispositivo de compactación 10 incluye segmentos 20 de rodillo configurados en una relación separada lado con lado con un segmento 22 de rodillo más extremo en cada lado, y un segmento 18 más central. La figura 6 de los dibujos ilustra solamente una capa superior de un dispositivo de compactación con miembro actuador 12 y, por lo tanto, los segmentos de rodillo alternos 23 están alineados con los pistones 140. Una capa inferior (no mostrada) de miembros actuadores se alinea con los otros segmentos 20 de rodillo. Cada segmento 20 y 23 de rodillo incluye un cilindro 130 en el que pueden colocarse los pistones 140. Cuando se aplica presión a través del paso 80 dentro del cilindro 130, el pistón 140 ejerce una fuerza para empujar el segmento de rodillo individual 20 hacia la superficie de una pieza que se está fabricando. Alternativamente, cada segmento 20 de rodillo puede estar fijado opcionalmente en su sitio para evitar que se mueva. Cada segmento 20 de rodillo puede contener un cojinete, tal como un cojinete anular 40 que permite que las superficies exteriores giren independientemente de un segmento deslizante e independientemente entre ellas. Adicionalmente, los segmentos 20 de rodillo pueden tener una superficie elastómera 60 que está diseñada para dar docilidad adicional a la superficie de pieza.

En los dibujos de las figuras 7(a)-7(c) se ilustran unas vistas laterales seccionadas de un solo segmento 20 de rodillo, que ilustra el funcionamiento interno de un segmento 20 de rodillo, mientras se encuentra en diversas

posiciones, según una realización de la presente invención. Cada segmento 20 de rodillo contiene un cojinete anular 40 y una superficie elastómera 60.

Además, cada segmento 20 de rodillo incluye un segmento deslizante 26 que contiene una abertura 32 en la que está situado un miembro de presión 12. En la figura 7(a) de los dibujos se ilustra una vista lateral de un segmento 20 de rodillo en una posición extendida (es decir, con el pistón 140 extendido desde su cilindro respectivo 130 y empujando contra el segmento deslizante 26) en la dirección de la flecha 142. Al desplazar el segmento de rodillo, se hace fluir fluido desde uno o más de los otros cilindros 130 a través del paso 80 y se hace que sus respectivos pistones 140 (y, por lo tanto, los segmentos rodantes) se desplacen con respecto al eje estacionario 90 de modo que se aplique una presión interdependiente equilibrada a través de la cara del conjunto 21 de rodillos.

En la figura 7(c) de los dibujos se ilustra una vista lateral de un segmento 20 de rodillo en una posición retraída. Al desplazar el segmento 20 de rodillo, se hace fluir fluido a través del paso 80 y hacia uno o más de los otros cilindros 130, haciendo que sus respectivos pistones 140 (y, por lo tanto, los segmentos rodantes 20) se desplacen con respecto al eje estacionario 90, de modo que se aplique una presión interdependiente equilibrada a través de la cara del conjunto 21 de rodillos.

En la figura 7(b) de los dibujos se ilustra una vista lateral de un segmento 20 de rodillo en una posición de desplazamiento medio en donde el segmento 20 de rodillo ni se extiende ni se retrae; es decir, un segmento 20 de rodillo está a medio recorrido.

Haciendo referencia a los dibujos de las figuras 8(a)-8(c), se ilustra una herramienta 160 de inserto de vejiga y su manera de uso. La herramienta 160 de inserto de vejiga puede incluir un tubo rígido de pared delgada 180 que está conformado para encajar en el dispositivo de compactación ensamblado 10 en donde está situada la vejiga 50 (es decir, dentro de las aberturas 32 de los segmentos deslizantes 26). La herramienta 160 de inserto de vejiga también incluye un inserto rígido 182 que encaja en el tubo 180 con un ajuste deslizante y es más larga que el tubo 180. Cuando se necesita reemplazar una vejiga, la vejiga vieja es extraída del rodillo y se inserta la herramienta 160 de inserto de vejiga, que contiene una nueva vejiga 50 llena de fluido incompresible, dentro del conjunto 21 de rodillos (figura 1). El tubo rígido 180 se retira entonces mientras se utiliza el inserto rígido 182 para mantener la vejiga en su sitio dentro del conjunto de rodillos.

Así, por ejemplo, la figura 8(a) de los dibujos ilustra una vejiga desinflada 50 situada dentro de un tubo rígido 180 de una herramienta 160 de inserto de vejiga. La vejiga 50 se llena con un fluido incompresible y se sella (figura 8(b)). El tubo rígido 180 se inserta dentro del dispositivo de compactación ensamblado 10 y luego se retira utilizando el inserto rígido 182 para mantener la vejiga 50 en su sitio mientras el tubo 180 se extrae del dispositivo de compactación 10 (figura 8(c)).

Se ilustra en la figura 9 de los dibujos otra realización de los segmentos de compactación individuales 14, una pluralidad de segmentos de compactación 14 forman un elemento de compactación. El segmento de compactación 14 incluye un segmento deslizante 26 con un orificio en el que está dispuesto un elemento rígido 90 que incluye una vejiga de presión o una pluralidad de cilindros 130. En la realización mostrada en la figura 9 de los dibujos, cada cilindro 130 está interconectado a través del paso hidráulico 80, en el que un cambio en la posición de un pistón 140 de cualquier segmento 14, da como resultado una reacción igual pero opuesta en los pistones restantes 140. El elemento deslizante se estrecha hasta un cuello 27 en donde se conecta un cabezal de compactación 62. El cabezal de compactación 62 puede ser una zapata rígida 66 que tiene una superficie convexa que hace contacto con la estructura de material compuesto o la zapata rígida 66 puede incluir una cubierta 68. La cubierta 68 puede incluirse para reducir la fricción o para mejorar la docilidad entre el cabezal de compactación 62 y la estructura de material compuesto que se está formando. Algunos materiales contemplados para la cubierta 68 incluyen, un material elastómero, plástico, polietileno o HDPE. El cabezal de compactación 62 puede estar fijado rígidamente al cuello 27 del elemento deslizante, o puede articularse la conexión, o puede ser un pivote sencillo que incluya un pasador 64 de pivote. Si se realiza una conexión articulada, puede construirse la forma del cabezal de compactación 62 para asemejarse a un tazón convexo, en lugar de a una zapata, permitiendo de este modo un contacto de fluido tangencial con formas complejas de la estructura de material compuesto. Adicionalmente, el cabezal de compactación 62 puede enfriarse, calentarse o hacerse vibrar para ayudar a la consolidación de las mechas de fibra.

El elemento de compactación 14 ilustrado en la figura 9 de los dibujos tiene la misma funcionalidad que un segmento de rodillo de compactación 20, mostrado en los dibujos de las figuras 1, 2 y 4 a 7, y son sustancialmente intercambiables. Por ejemplo, una pluralidad de elementos de compactación 14 se pueden instalar fácilmente en el bastidor que incluye una vejiga 50 revelada en las figuras 1 y 2, o disponerse igualmente en el conjunto que incluye elementos hidráulicos como se muestra en las figuras 4 a 8 de los dibujos. Como consecuencia, la descripción anterior para las figuras 1 a 8 de los dibujos se aplica sustancialmente al elemento de compactación 14 ilustrado en la figura 9 de los dibujos.

Haciendo referencia ahora a la figura 10 de los dibujos se ilustra una vista en perspectiva de un dispositivo de compactación 10 según una realización de la presente invención que incluye un cabezal de compactación fijo o deslizante 62. Los elementos de compactación 14, mostrados con mayor detalle en la figura 9 de los dibujos, están

5 configurados según una relación separada lado con lado y limitados axialmente por el(los) collar(es) 24. Los elementos de compactación 14 son móviles interdependientes entre ellos de tal manera que el elemento de compactación 14 del dispositivo de compactación 10 se adapte a unas superficies geométricas complejas de una pieza que se está formando y aplique una presión uniforme contra toda la superficie, mejorando por lo tanto la consolidación del material que se está fabricando. Para proporcionar soporte a los elementos de compactación individuales 14, se proporcionan unos medios de soporte por una estructura de soporte 28 que puede incluir, por ejemplo, unas placas extremas 30, orejetas de montaje 42, que se acoplan con las ranuras 44 formadas en un par de brazos de soporte 46.

10 Aunque se ha descrito la presente invención de un dispositivo de compactación de fibras en relación con la fabricación de estructuras o piezas de material compuesto, ésta puede utilizarse en cualquier caso en el que sea deseable tener un rodillo que tenga segmentos interdependientes para seguir una superficie de trabajo, tal como en dispositivos de compactación utilizados para materiales de densidad variable y/o superficies irregulares, aparatos utilizados para seguir superficies de objetos, dispositivos de agarre y sujeción utilizados en robótica, fabricación de neumáticos, aplicación de recubrimientos, aplicación de adhesivos, pintura de superficies irregulares, etc.

15 Aunque la invención puede ser susceptible de diversas modificaciones y formas alternativas, se han mostrado en los dibujos realizaciones específicas a modo de ejemplo y se han descrito en detalle en el presente documento. Sin embargo, deberá entenderse que la invención no pretende limitarse a las formas particulares reveladas. Más bien, la invención incluye todas las modificaciones, equivalentes y alternativas que caen dentro del alcance de la invención según se define en las siguientes reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de compactación (10) para estructuras de material compuesto que comprende
- 5 una serie de segmentos móviles interdependientes individuales (20) para hacer contacto con dicha estructura de material compuesto durante su formación;
- estando configurado el dispositivo de compactación (10) para equilibrar las fuerzas ejercidas por la serie de segmentos interdependientes individuales (20) debido a que comprende una de entre una vejiga primaria (50) llena con uno o más de un fluido sustancialmente incompresible, un material altamente elástico
- 10 sustancialmente sólido, y un material granular sustancialmente sólido o una serie de miembros actuadores (12) que comprenden una pluralidad de pistones (14) y cilindros (130) individuales situados dentro de los segmentos móviles interdependientes (20) y que están interconectados por un paso (80), estando llenos los cilindros (130) y el paso (80) con un volumen fijo de fluido sustancialmente incompresible; y
- 15 una estructura (28) que soporta la serie de segmentos interdependientes individuales (20) y la serie de miembros actuadores (26).
2. El dispositivo de compactación (10) de la reivindicación 1, además **caracterizado por que** al menos una superficie de contención de vejiga ajustable (110) encierra la vejiga primaria en sus extremos.
- 20 3. El dispositivo de compactación (10) de la reivindicación 2, **caracterizado por que** la al menos una superficie de contención de vejiga ajustable (110) comprende un servocontrolador ajustable (114).
4. El dispositivo de compactación (10) de la reivindicación 2, **caracterizado además por** una plantilla de calibración para permitir el ajuste de la superficie (110) de contención de vejiga.
- 25 5. El dispositivo de compactación (10) de la reivindicación 1, **caracterizado además por** una vejiga secundaria (52) para rodear la vejiga primaria (50).
6. El dispositivo de compactación (10) de la reivindicación 1, **caracterizado por que** la serie de segmentos móviles interdependientes individuales (20) tiene cada uno de ellos un pistón individual (14) y un cilindro individual (130) de la pluralidad de pistones (14) y cilindros (130) individuales dispuestos en el segmento móvil interdependiente individual (20).
- 30 7. El dispositivo de compactación (10) de la reivindicación 1, **caracterizado por que** la serie de segmentos interdependientes individuales (20) comprende uno de entre una serie de rodillos individuales (21) o una serie de segmentos de compactación deslizantes individuales (26) dispuestos dentro de la serie de rodillos individuales (21).
- 35 8. El dispositivo de compactación de la reivindicación 1, **caracterizado por que** la serie de segmentos interdependientes individuales (20) comprende una serie de miembros no giratorios (14) que incluyen una zapata de compactación sustancialmente rígida (66).
- 40 9. El dispositivo de compactación (10) de la reivindicación 8, **caracterizado por que** la zapata de compactación (66) es una zapata que se enfría, se calienta y se hace vibrar independientemente.
- 45 10. El dispositivo de compactación (10) de la reivindicación 1, **caracterizado por que** cada uno de la serie de segmentos interdependientes individuales (20) gira independientemente de otro.
11. El dispositivo de compactación (10) de la reivindicación 1, **caracterizado por que** cada uno de la serie de segmentos interdependientes individuales (20) tiene una cavidad (32) para situar en su interior un miembro actuador.
- 50 12. El dispositivo de compactación (10) de la reivindicación 1, **caracterizado por que** un segmento individual (20) de la serie de segmentos interdependientes individuales (20) comprende segmentos móviles que se pueden fijar en su sitio.
- 55 13. El dispositivo de compactación (10) de la reivindicación 1, **caracterizado por que** al menos un segmento individual (20) de la serie de segmentos interdependientes individuales (20) incluye una superficie elastómera (60).
14. El dispositivo de compactación (10) de la reivindicación 1, **caracterizado además por** un aparato vibrador (120) que incluye un cilindro (127), un pistón de flotación libre (126) y una leva (124).
- 60 15. El dispositivo de compactación (10) de la reivindicación 1, **caracterizado por que** una cuña flexible delgada está dispuesta de forma fija entre los segmentos móviles interdependientes individuales (20) y la estructura de material compuesto.
- 65 16. Un método para fabricar un dispositivo de compactación (10), **caracterizado por:**

- proporcionar una serie de segmentos interdependientes individuales (20);
 proporcionar una serie de miembros prensadores (26) configurados para equilibrar las fuerzas ejercidas por la serie de segmentos interdependientes individuales (20);
 configurar el dispositivo de compactación (10) para equilibrar las fuerzas ejercidas por la serie de segmentos interdependientes individuales (20) proporcionando una de entre una vejiga primaria (50) llena de al menos uno de un fluido sustancialmente incompresible, un material sustancialmente sólido altamente elástico y un material granular sustancialmente sólido o una serie de miembros actuadores (12) que comprenden una pluralidad de pistones (14) y cilindros (130) individuales situados dentro de los segmentos móviles interdependientes (20) y que están interconectados por un paso (80), estando llenos los cilindros (130) y el paso (80) con un volumen fijo de fluido sustancialmente incompresible; y
 proporcionar una estructura (28) que soporta la serie de segmentos interdependientes individuales (20) y la serie de miembros prensadores (26).
- 5
- 10
- 15 17. El método de la reivindicación 16, **caracterizado** además **por que** se proporciona al menos una superficie de contención de vejiga ajustable (110) para encerrar al menos un extremo de la vejiga primaria (50).
- 20 18. El método de la reivindicación 17, **caracterizado** además **por que** se proporciona un servocontrolador (114) para permitir el ajuste opcional de la al menos una superficie de contención de vejiga ajustable (110).
- 25 19. El método de la reivindicación 16, **caracterizado** además **por que** se proporciona una plantilla de calibración para permitir el ajuste de al menos una superficie de contención de vejiga ajustable (110).
- 30 20. El método de la reivindicación 16, **caracterizado** además **por que** se proporciona una vejiga secundaria (52) para rodear la vejiga primaria (50).
- 35 21. El método de la reivindicación 16, **caracterizado por que** la provisión de la serie de miembros actuadores (12) comprende proporcionar al menos uno de entre un pistón individual (14) y un cilindro individual (130) conectados a un volumen fijo de fluido sustancialmente incompresible.
- 40 22. El método de la reivindicación 16, **caracterizado por que** la provisión de la serie de segmentos interdependientes individuales (20) comprende proporcionar uno de una serie de rodillos individuales (21) y una serie de segmentos de compactación (26).
23. El método de la reivindicación 16, **caracterizado por que** la provisión de la serie de segmentos interdependientes individuales (20) comprende proporcionar una serie de miembros no giratorios (14).
24. El método de la reivindicación 16, **caracterizado por que** la provisión de la serie de segmentos interdependientes individuales (20) comprende proporcionar segmentos individuales (20) que giran independientemente uno de otro.
25. El método de la reivindicación 16, **caracterizado por que** la provisión de una serie de segmentos interdependientes individuales (20) comprende proporcionar una abertura (32) en al menos un segmento individual (20) para colocar en su interior un miembro actuador (12).

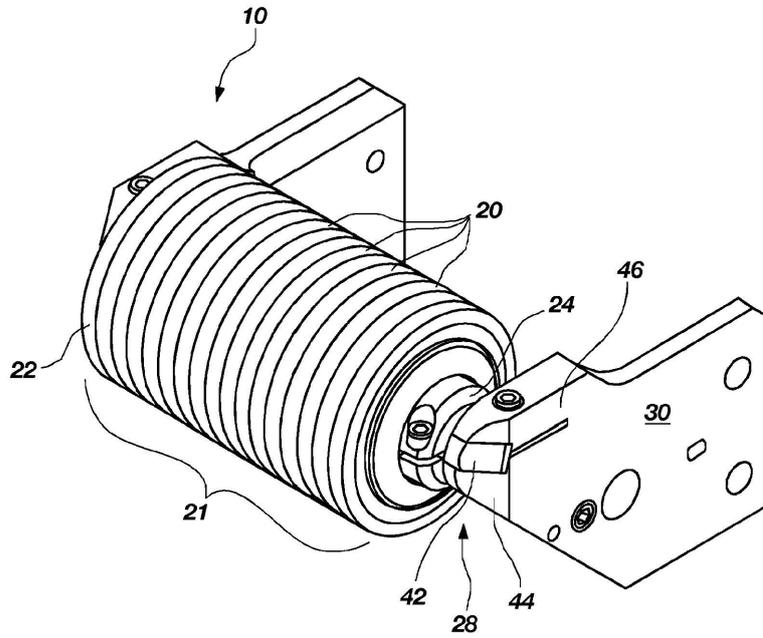


FIG. 1

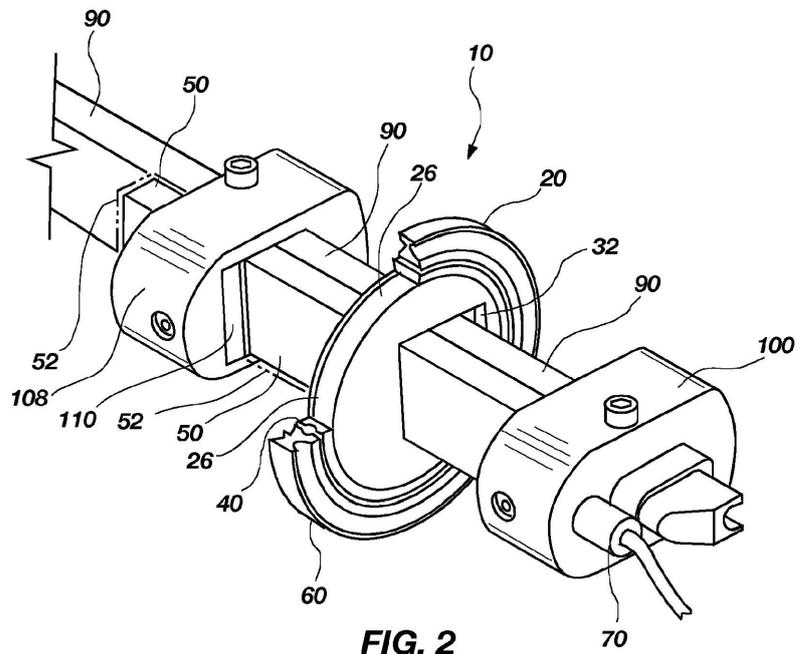


FIG. 2

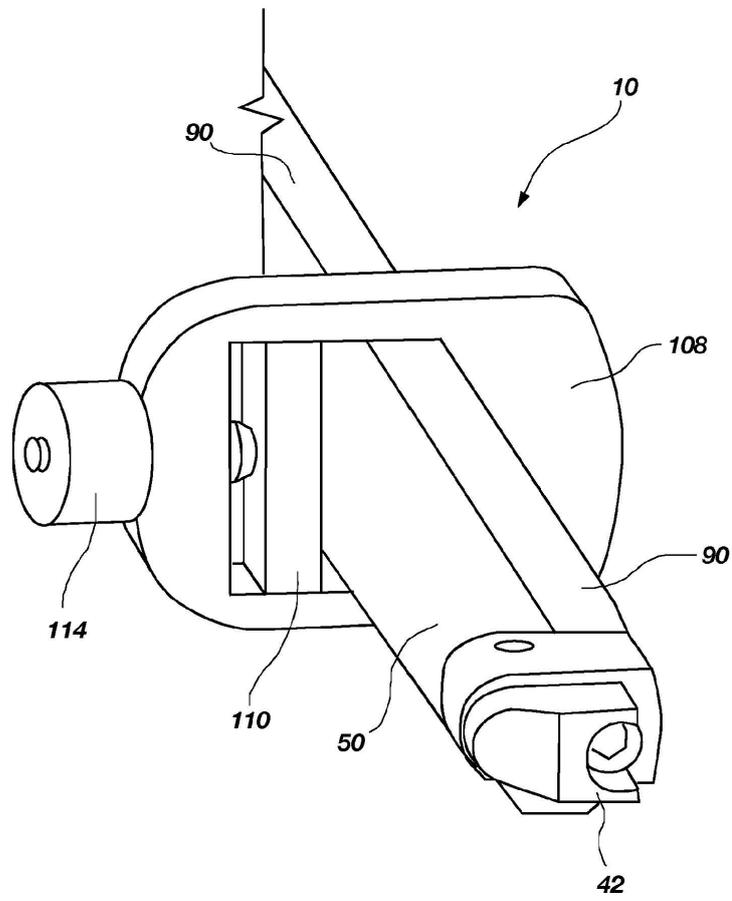


FIG. 3

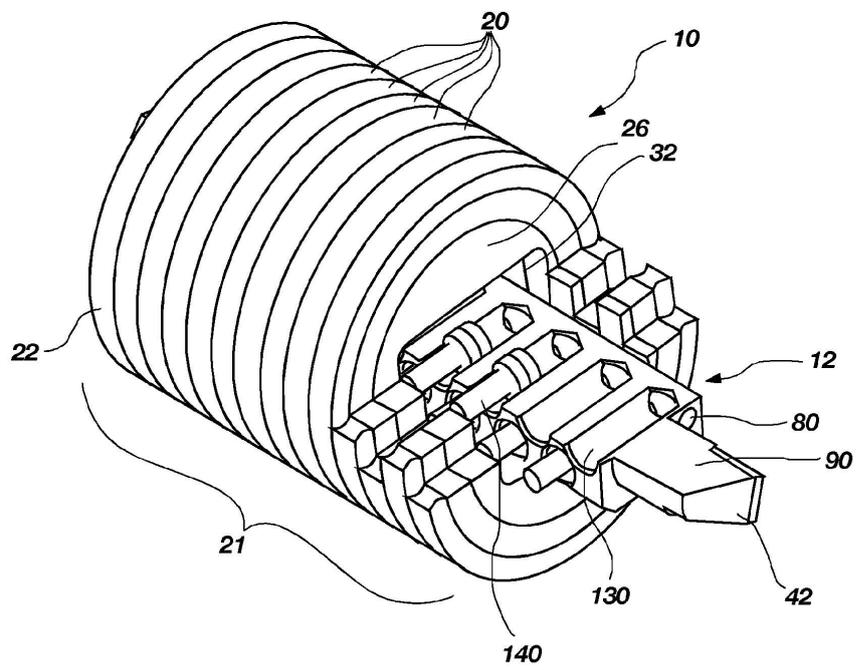


FIG. 4(a)

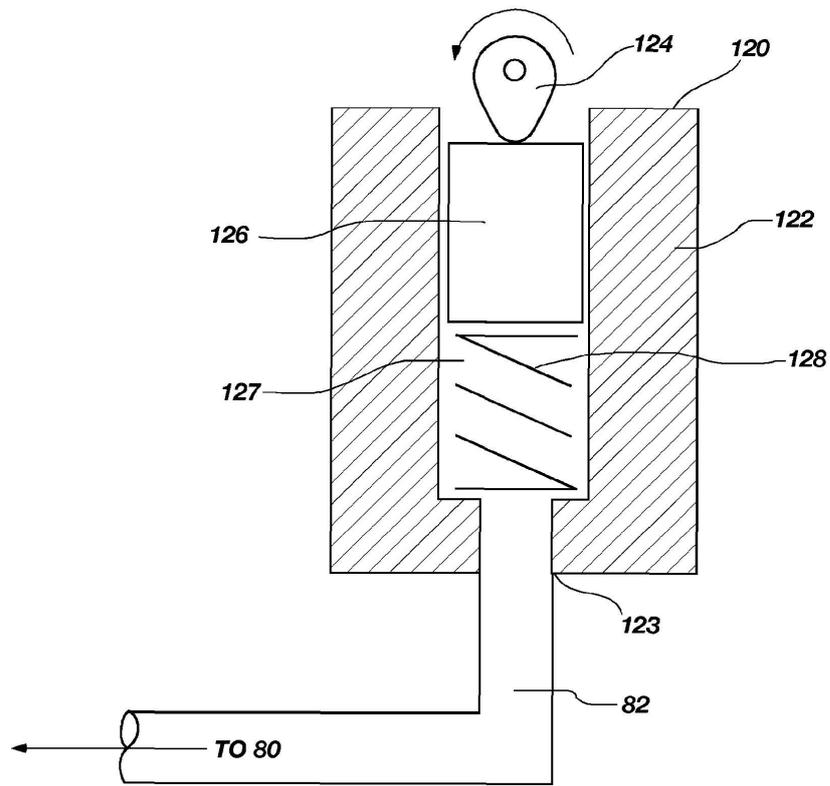


FIG. 4(b)

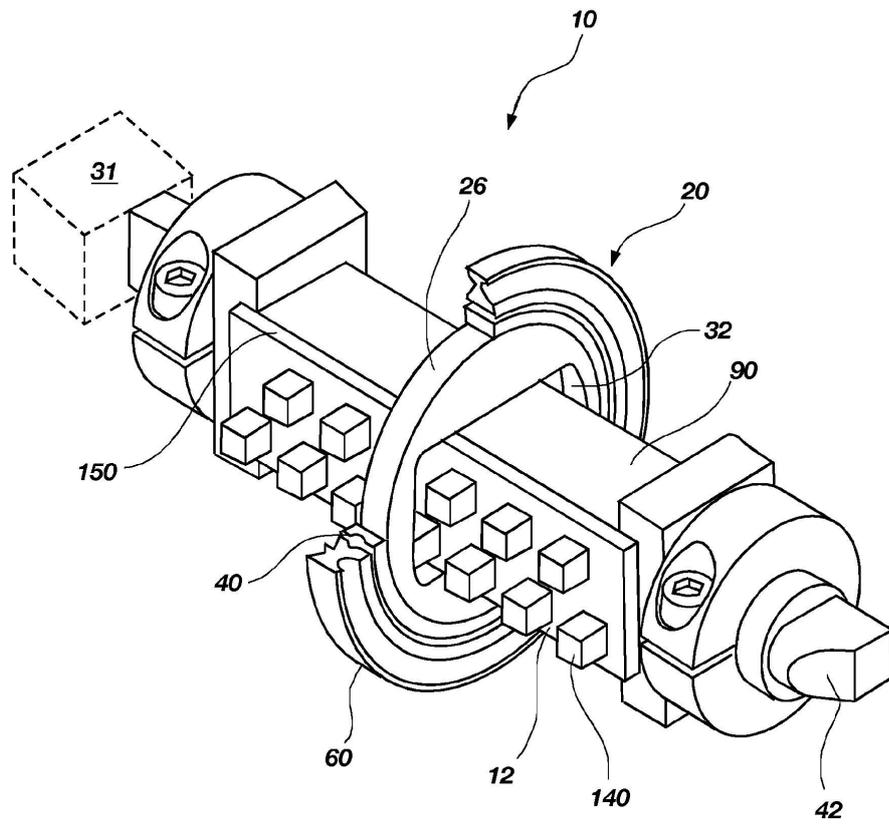


FIG. 5

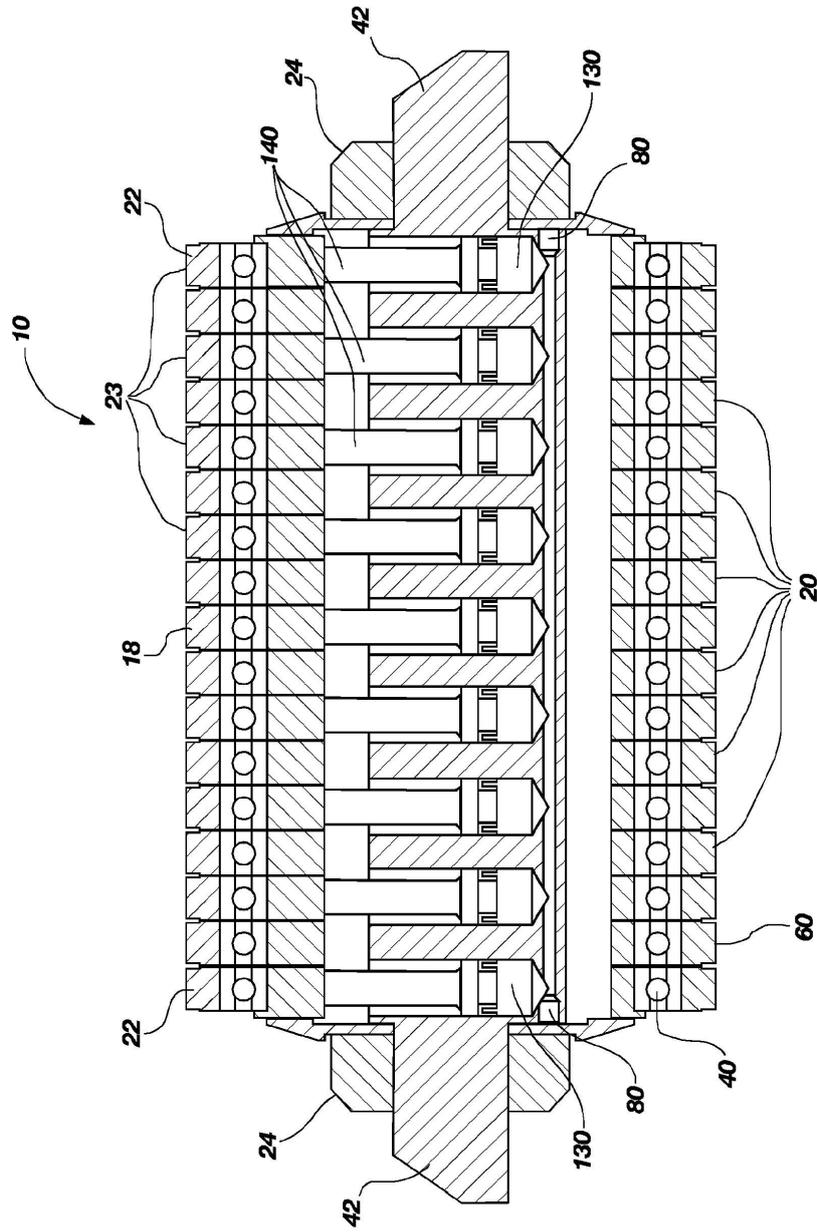


FIG. 6

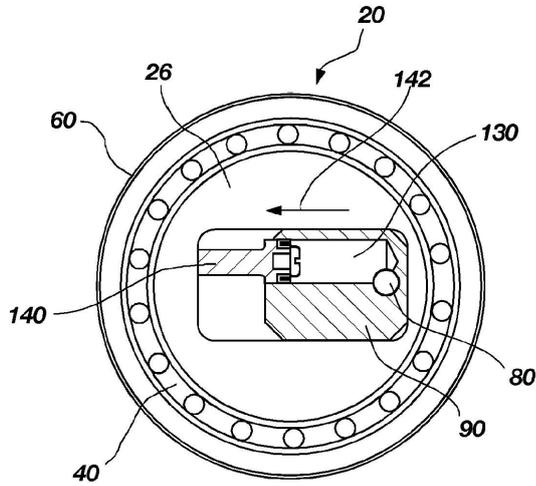


FIG. 7(a)

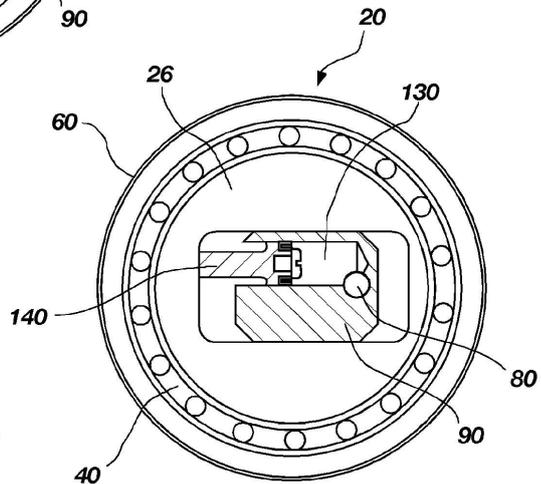


FIG. 7(b)

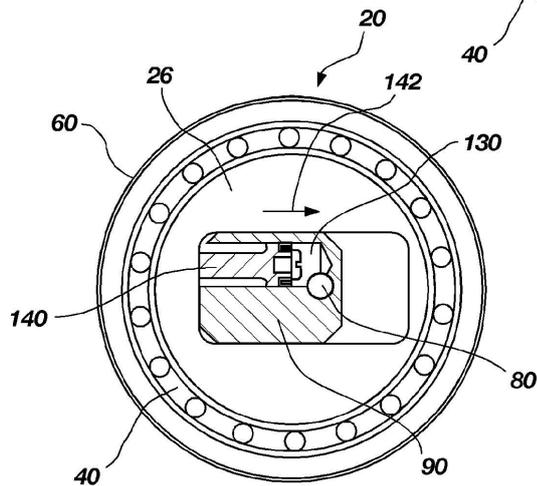


FIG. 7(c)

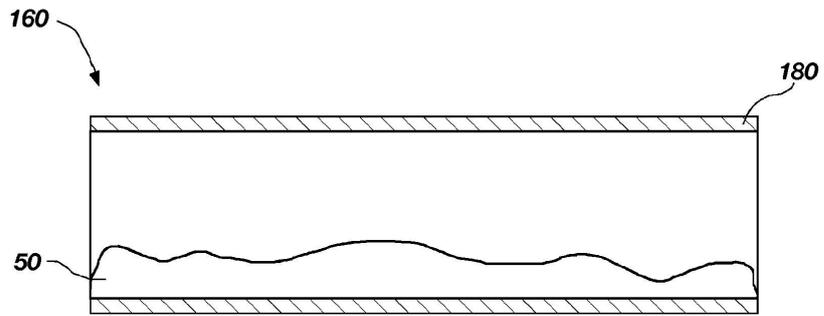


FIG. 8(a)

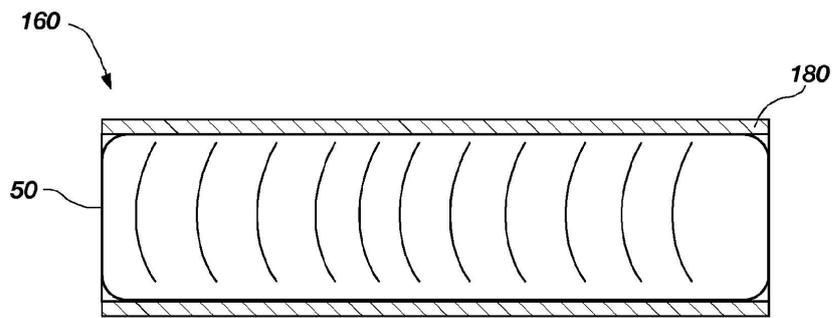


FIG. 8(b)

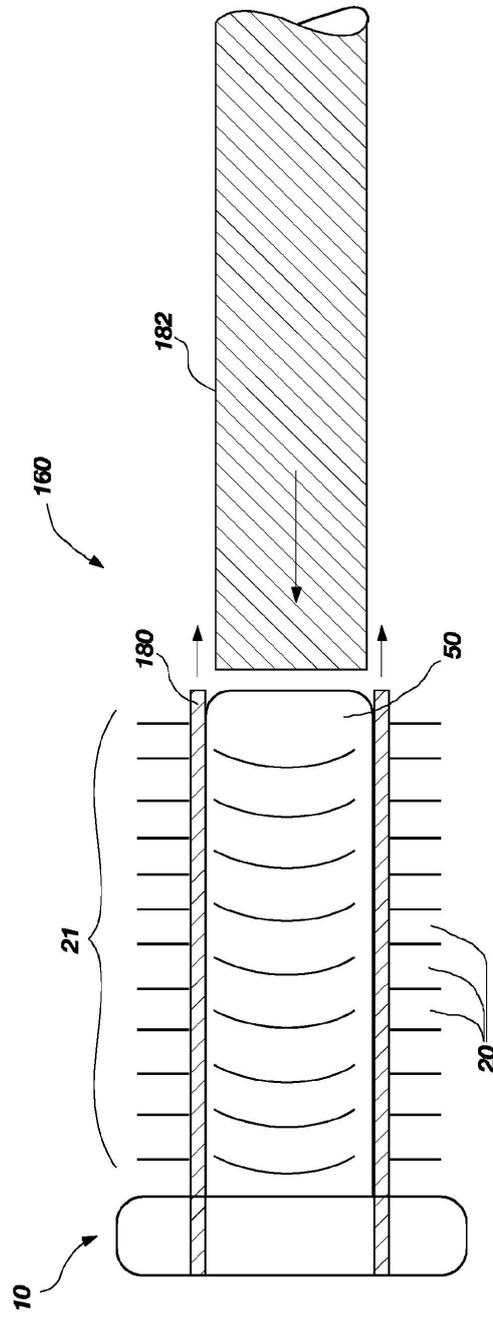


FIG. 8(c)

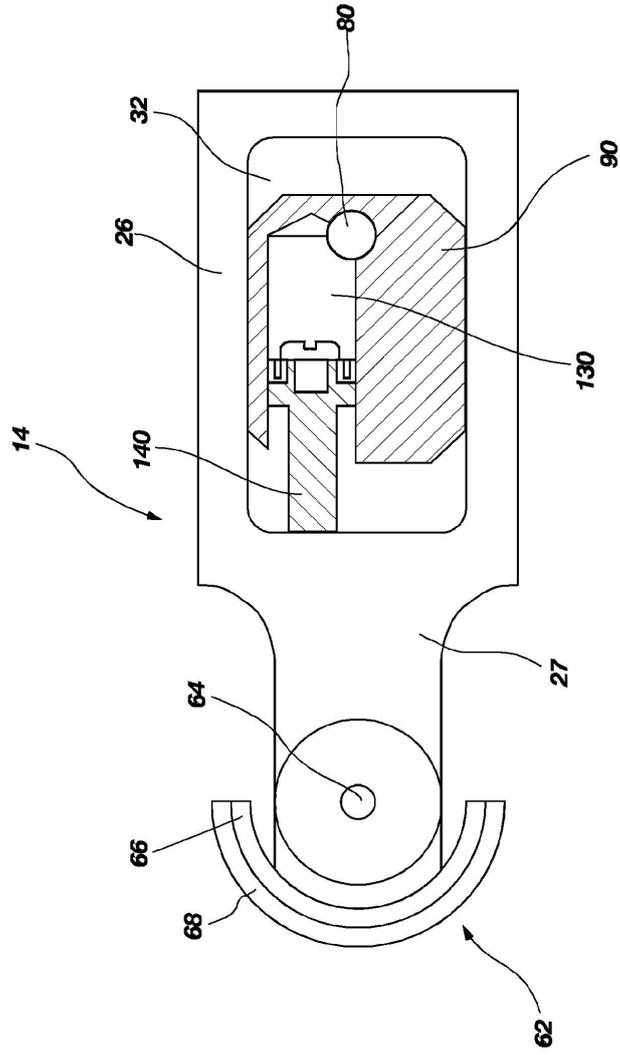


FIG. 9

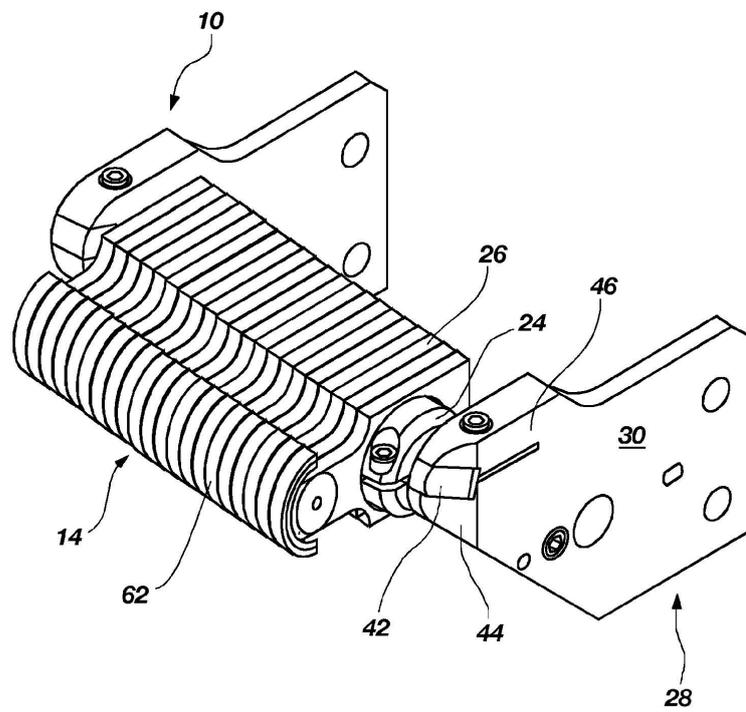


FIG. 10