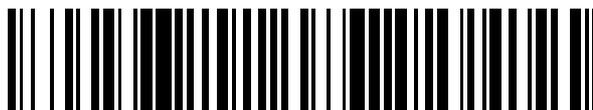


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 430 395**

51 Int. Cl.:

B29C 70/38 (2006.01)

B29C 53/76 (2006.01)

B29C 53/80 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.04.2004 E 10163419 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2013 EP 2305456**

54 Título: **Un muñón robotizado de ejes múltiples y aparato de colocación de fibra que incorpora el mismo y método relacionado**

30 Prioridad:

02.05.2003 US 428332

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

20.11.2013

73 Titular/es:

**ALLIANT TECHSYSTEMS INC. (100.0%)
5050 Lincoln Drive
Edina, Minnesota 55436, US**

72 Inventor/es:

**HARVEY, JAMES L.;
HARRIS, DOUGLAS G.;
BROWN, JAMES M. y
HATCH, BOYD**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 430 395 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

Un muñón robotizado de ejes múltiples y aparato de colocación de fibra que incorpora el mismo y método relacionado

CAMPO TÉCNICO

5 La presente invención se refiere en general a métodos de colocación de fibras y a máquinas de colocación de fibras, y, más específicamente, a sistemas redireccionadores de fibras y a muñones robotizados de ejes múltiples asociados utilizados con tales métodos y máquinas de colocación de fibra.

ANTECEDENTES

10 La colocación de fibras es generalmente una técnica de colocación de una banda de fibras, tal como una pluralidad de mechas de fibras impregnadas previamente, sobre la superficie de un mandril o sobre una pieza de trabajo superpuesta para formar una estructura compuesta. La colocación de fibras ofrece diversas ventajas en la formación de una estructura compuesta que incluyen la capacidad de colocar una banda de fibras bajo diversos ángulos, anchuras y longitudes sobre perfiles y superficies conformados de manera diversa. De este modo, la colocación de fibras permite la fabricación de estructuras compuestas que presentan formas y superficies complejas al tiempo que simultáneamente permiten que la banda de fibras sea colocada y orientada en una orientación y configuración estructuralmente deseada.

15 Los sistemas de colocación de fibras incluyen un suministro de mechas de fibra, denominados en el presente documento como fileta o conjunto de fileta. Se suministran mechas individuales de fibras desde el conjunto de fileta y se alimentan a un muñón robotizado que incluye un cabezal de colocación o entrega. El muñón robotizado permite convencionalmente el posicionamiento del cabezal de colocación articulando el muñón alrededor de ejes múltiples. Por ejemplo, un muñón robotizado de ejes múltiples puede permitir el movimiento alrededor de tres ejes ortogonales denominados convencionalmente guiñada, cabeceo y balanceo.

20 Al alimentar las mechas de fibras desde un conjunto de fileta hasta la colocación, resulta deseable mantener al menos un mínimo nivel de tensión dentro de las mechas de fibras de tal manera que permanezcan relativamente tensas. Sin semejante tensión, las mechas de fibras pueden retorcerse, desplazarse y/o resultar dañadas. En el mejor de los casos, tales resultados pueden provocar un retraso en el procedimiento de colocación de fibras y requerir mantenimiento adicional del sistema de colocación de fibras por un operador del mismo. Sin embargo, una mecha o segmento de fibras dañado o colocado inadecuadamente de cualquier otra manera puede finalmente dar como resultado una estructura compuesta defectuosa.

25 La trayectoria de fibras de las mechas individuales entre el conjunto de fileta y el cabezal de colocación incluye usualmente hacer pasar las mechas de fibras alrededor de uno o más rodillos redireccionadores. Los rodillos redireccionadores permiten que las mechas de fibras cambien sus direcciones y también se acomoden a las posiciones y orientaciones cambiantes del muñón robotizado cuando éste posiciona el cabezal de colocación para la aplicación de mechas de fibras a una superficie deseada. En algunos sistemas de la técnica anterior, los rodillos redireccionadores están acoplados a servomotores u otros dispositivos de posicionamiento para permitir el posicionamiento independiente de los rodillos redireccionadores en un intento de definir y redefinir la trayectoria de las mechas de fibras dependiendo de, por ejemplo, la posición y orientación del muñón robotizado y su cabezal de colocación asociado.

30 Sin embargo, el uso de tales rodillos redireccionadores no ha sido totalmente exitoso en el mantenimiento de las mechas de fibras en un estado relativamente tenso. Por ejemplo, cuando un muñón robotizado se posiciona a sí mismo en los límites de desplazamiento alrededor de sus ejes de guiñada, cabeceo y balanceo, la trayectoria de las mechas de fibras se alarga convencionalmente, provocando una longitud adicional del material que se ha de alimentar desde el conjunto de fileta para las mechas individuales. Sin embargo, cuando el muñón robotizado llega a estar relativamente más retraído en sus posiciones de guiñada, cabeceo y balanceo, la trayectoria de fibras es acorta o se contrae convencionalmente, provocando que las mechas de fibras individual muestren un cantidad de holgura entre el conjunto de fileta y el cabezal de colocación. Tal holgura puede finalmente dar como resultado que una mecha de fibras resulte inaceptablemente retorcida, dañada o desplazada con respecto a su trayectoria individual alrededor de los diversos rodillos redireccionadores.

35 Aunque se han usado mecanismos, tal como el sistema de posicionamiento por servomotor antes mencionado, en un intento de controlar mejor la trayectoria cambiante de las mechas de fibra, tales sistemas han tenido un éxito limitado y además introducen complejidades y costes adicionales en sistemas de colocación de fibra. Por ejemplo, tales mecanismos pueden requerir un control por ordenador complicado para correlacionar los movimientos de un mecanismo de esta clase con los movimientos del muñón robotizado y del cabezal de colocación. Adicionalmente, tales mecanismos introducen cuestiones adicionales de mantenimiento para el operador del equipo de colocación de fibra.

40 Un aspecto algo relacionado con relación a muñones robotizados de ejes múltiples incluye el equipamiento de numerosos cables eléctricos u otras canalizaciones de transmisión (por ejemplo, entubado hidráulico o neumático) acoplados con los diversos controles, sensores, motores y otros accionadores asociados con el muñón y el cabezal de colocación. De nuevo, cuando un muñón robotizado de ejes múltiples se articula mediante sus diversos rangos de movimiento, tales canalizaciones de transmisión presentan cierta cantidad de holgura con el fin de evitar una extensión excesiva y el fallo a tracción de las mismas. De este modo, con las canalizaciones de transmisión presentando holgura

de vez en cuando, dependiendo de la posición del muñón robotizado, tales canalizaciones de transmisión pueden engancharse en un objeto protuberante o enredarse de alguna otra manera.

La publicación US 4750960 (A) muestra un sistema de bobinado para el bobinado de un filamento que incluye un carrete que tiene un soporte de carrete con un cabezal giratorio de bobinado. Una bobina para canalizar filamento está montada de manera giratoria en el cabezal y el cabezal se proporciona con una argolla que puede ser rotada en trayectoria circular para el bobinado de un mandril. El mandril es sostenido en una posición fija. Se conecta un brazo manipulador robotizado al carrete y clasifica el carrete en una pluralidad de posiciones alrededor del mandril fijo.

La publicación US 5645677 (A) muestra una máquina que es proporcionada para soltar / bobinar de manera simultánea una pluralidad de fibra para hilar, que incluye un caballete o plataforma que soporta una placa de mecanismo de transporte de cabezal para soltar / bobinar móvil a lo largo de las direcciones X,Y,Z, al menos un cabezal para soltar / bobinar montado de manera giratoria en la placa de mecanismo alrededor de al menos un eje vertical y que comprende un rodillo para soltar / bobinar, un mecanismo para presentar sobre las fibras para hilar del rodillo a lo largo de al menos dos vueltas tangentes, mecanismo selectivo para conducir y cortar cada fibra para hilar y bobinas que sueltan las fibras para hilar.

A la vista de los inconvenientes de la técnica, sería ventajoso proporcionar un sistema de colocación de fibra, incluyendo un sistema redireccionador de fibras y un muñón robotizado, que minimice el cambio de longitud de la trayectoria de fibras entre, por ejemplo, un conjunto de fileta y un cabezal de colocación al tiempo que se acomoda a las diversas posiciones, orientaciones y configuraciones que puedan asumir el muñón robotizado y el cabezal de colocación.

Adicionalmente, sería ventajoso proporcionar un sistema de colocación de fibras que tenga un sistema redireccionador de fibras que no requiera mecanismos de posicionamiento adicionales tales como, por ejemplo, servomotores, con un control atendido por ordenador del mismo. Preferiblemente, sería ventajoso hacer que un sistema redireccionador de esta clase controle continua y automáticamente la trayectoria de fibra, basándose en la posición y orientación del muñón robotizado y del cabezal de colocación, sin un control independiente de los mecanismos redireccionadores.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Según un aspecto de la invención, se proporciona un sistema de redirección de fibra para ser utilizado en asociación con un muñón robotizado y un sistema de colocación de fibra. El sistema de redirección de fibra incluye al menos un mecanismo de redirección configurado para modificar una trayectoria de al menos una mecha de fibra interconectada con el mismo. El al menos un mecanismo de redirección está centrado sobre o bien una intersección de un eje de cabeceo y un eje de guiñada del muñón robotizado multi eje o bien una intersección de un eje de balanceo y el eje de guiñada del muñón robotizado multi eje.

En una realización ejemplar, el al menos un mecanismo redireccionador puede incluir un primer mecanismo redireccionador que está centrado alrededor de la intersección de los ejes de cabeceo y guiñada, un segundo mecanismo centrado alrededor de la intersección de los ejes de guiñada y balanceo y un tercer mecanismo redireccionador centrado alrededor del eje de balanceo.

Otro aspecto de la presente invención se define por la reivindicación 1, en la que un muñón robotizado para un sistema de colocación de fibra. El muñón robotizado incluye una primera sección, una segunda sección acoplada con la primera sección y una tercera sección acoplada con la segunda sección. Las secciones primera, segunda y tercera están configuradas para articularse alrededor de un eje de cabeceo del muñón robotizado. Las secciones segunda y tercera están configuradas para articularse alrededor de un eje de guiñada del muñón robotizado. La tercera sección está configurada para articularse alrededor de un eje de balanceo del muñón robotizado. Al menos un mecanismo redireccionador está centrado alrededor de un intersección del eje de cabeceo y del eje de guiñada, o de una intersección del eje de guiñada y del eje de balanceo, y está configurado para alterar la trayectoria de al menos una mecha de fibras interconectada con el mismo.

Todavía otro aspecto de la presente invención es definido por una realización, en el que se proporciona un sistema de colocación de fibra. El sistema de colocación de fibra incluye un conjunto de fileta que incluye un suministro de al menos una mecha de fibras. Un sistema de colocación de fibra también incluye un muñón robótico tal y como se describe anteriormente que incluye al menos un mecanismo de redirección centrado sobre o bien la intersección de un eje de cabeceo y un eje de guiñada o bien la intersección del eje de guiñada y el eje de balanceo. Adicionalmente, el sistema de colocación de fibra puede incluir una plataforma estructural sobre la cual el muñón robótico está posicionado de manera móvil.

Otro aspecto de la presente invención se define por la reivindicación 11, en la que se proporciona un método para transportar al menos una mecha de fibras desde un conjunto de fileta a un cabezal de colocación de un sistema de colocación de fibra. El método incluye acoplar un muñón robótico con el cabezal de colocación y configurar el muñón robótico de manera que sea móvil sobre un eje de cabeceo, un eje de guiñada y un eje de balanceo. Se configura un primer mecanismo de redirección para ser centrado sobre una intersección del eje de cabeceo y el eje de guiñada y un segundo mecanismo de redirección se configura para ser centrado sobre una intersección del eje de guiñada y el eje de balanceo. Se pasa el al menos un mechados de fibra desde el conjunto de fileta al primer mecanismo de redirección, desde el primer mecanismo de redirección al segundo mecanismo de redirección y desde el segundo mecanismo de redirección

al cabezal de colocación.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Las anteriores y otras ventajas de la invención se harán evidentes tras la lectura de la siguiente descripción detallada y con referencia a los dibujos, en los que:

- 5 La figura 1 es una perspectiva de un sistema de colocación de fibras según una realización de la presente invención;
La figura 2A es un perspectiva posterior de un muñón robotizado según una realización de la presente invención;
La figura 2B es una vista en alzado lateral del muñón robotizado mostrado en la figura 2A;
La figura 2C es una vista frontal en sección transversal parcial del muñón robotizado mostrado en la figura 2A;
La figura 2D es una vista en planta del muñón robotizado mostrado en la figura 2A;
- 10 Las figuras 3A y 3B muestran un conjunto de rodillo que puede usarse con un muñón robotizado según una realización de la presente invención;
La figura 4A es una vista esquemática en alzado lateral de un sistema redireccionador de fibras que incluye una trayectoria de fibras asociada según una realización de la presente invención;
15 La figura 4B es una vista en alzado esquemática trasera del sistema redireccionador de fibras y de la trayectoria de fibras asociada mostradas en la figura 4A; y
La figura 4C es un diagrama geométrico que muestra la relación de diversas mechas de fibras según una realización de la presente invención.

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

- 20 Haciendo referencia a la figura 1, se muestra un sistema 100 de colocación de fibras según una realización de la presente invención. El sistema de colocación de fibras 100 incluye un conjunto 102 de fileta que tiene, por ejemplo, fuentes múltiples 104 de mechas 106 de fibras individuales tales como, por ejemplo, mechas de fibras de carbono preimpregnadas u otros materiales preimpregnados. Un sistema de tensado también puede asociarse con el conjunto 102 de fileta, incluyendo una pluralidad de sensores individuales 108, cada uno de ellos asociado con una mecha 106 de fibras individual. Un sistema de tensado ejemplar se describe en la Patente Norteamericana Número 6.491.773 B1, cedida al cesionario de la presente invención y titulada SISTEMA TENSOR DE POSICIÓN CONTROLADA, expedida el 10 de diciembre de 2002.

- 25 Las mechas 106 de fibras individuales se recogen en una localización central 110 y se coliman generalmente en una o más bandas de mechas 106 sustancialmente paralelas y lateralmente separadas, denominadas en el presente documento como bandas 102 de mechas. Obsérvese que la figura 1 muestra un solo banda 112 de mechas que está formada por las mechas 106 de fibras individuales. Adicionalmente, se observa que la figura 1 muestra ocho mechas individuales 106 siendo alimentadas desde el conjunto 102 de fileta. Sin embargo, éstas son meramente ejemplares para fines ilustrativos y, según se expondrá con mayor detalle a continuación, el uso de bandas 102 de mechas múltiples, así como de bandas 112 de mechas formadas por otros números de mechas individuales 106, están claramente dentro del alcance de la presente invención.

- 30 La banda 112 de mechas se extiende desde la localización central 110 hasta un muñón robotizado 114 y mediante el muñón robotizado 114 a través de un sistema de entrega 115 hasta un cabezal 106 de colocación de fibra. El sistema de entrega puede incluir mecanismos para cortar/sujetar y reiniciar mechas 106 de fibras. Según es conocido por los expertos en la técnica, el uso de mecanismos de corte/sujeción y reinicio permiten el control de emisión individual de las mechas 106 de fibras proporcionando bandas 112 de mechas de anchura variada que se han de alimentar a través del cabezal de colocación 116.

- 35 El muñón robotizado 114 está situado en una plataforma estructural 118 que también puede denominarse como caballete. El muñón robotizado 114 puede posicionarse de manera variable con relación a la plataforma estructural 118, tal como a lo largo de un conjunto de pistas 120. La plataforma estructural 118, o porciones de la misma, también puede posicionarse de manera variable a lo largo de uno o más ejes con el fin de ofrecer una flexibilidad considerable en el posicionamiento del muñón robotizado 114 y su cabezal de colocación asociado 116 según se apreciará por los versados en la técnica. Adicionalmente, según se expondrá con mayor detalle a continuación, el muñón robotizado 114 está configurado para posicionarse, con respecto a la plataforma estructural, alrededor de ejes múltiples.

- 40 Obsérvese que, aunque el sistema 100 de colocación de fibras mostrado y descrito con respecto a la figura 1 incluye un caballete o plataforma estructural 118, pueden adaptarse también otras configuraciones, tales como el uso de un aguilón acoplado con el muñón robotizado 114, para uso con la presente invención según apreciarán los versados en la técnica.

- 50 La banda 112 de mechas (o bandas, según sea el caso) puede estar algo consolidada, o más estrechamente colimadas,

5 cuando es alimentada al cabezal de colocación de tal manera que cada mecha 106 de fibras sea sustancial y lateralmente contiguo a cada mecha 106 de fibras adyacente. El cabezal de colocación 116 puede aplicar entonces selectivamente un segmento de la banda 112 de mechas consolidada a una localización sobre la superficie de un mandril 122, o sobre una superficie de una pieza de trabajo 124 que esté siendo formada sobre el mandril 122, siendo tal colocación bien directamente sobre el mandril 122 o la pieza de trabajo 124, o sobre una capa de fibras u otro componente previamente aplicado. El mandril 122 y la pieza de trabajo asociada 124 pueden sujetarse y colocarse por un cepo 126A de cabezal y un cepo trasero 126B. El cepo 126A de cabezal y el cepo trasero 126B pueden configurarse y situarse para hacer girar el mandril 122 y la pieza de trabajo 124 alrededor de un eje específico 128, y pueden configurarse además para desplazar el mandril 122 y la pieza de trabajo 124 a lo largo de ejes adicionales de movimiento si así se desea.

10 Al aplicar las mechas 106 de fibras al mandril 122 o la pieza de trabajo 124, tal como en la forma de una banda de mechas de fibras consolidada, el cabezal 116 de colocación puede calentar la banda 112 de mechas para efectuar un entrelazado parcial de las mechas individuales 106 una con otra, así como con la superficie de la pieza de trabajo 124. Adicionalmente, un miembro 127 de consolidación, tal como un rodillo, una zapata o platina conformada, puede usarse para presionar la banda 112 de mechas sobre la superficie del mandril 122, o la pieza de trabajo 124, o las fibras u otros componentes previamente aplicados para eliminar huecos entre ellos. El cabezal 116 de colocación puede aplicar las mechas 106 de fibras de tal manera que presenten una orientación, anchura y/o longitud de fibras deseadas. De este modo, piezas de trabajo 124 que presenten formas y geometrías superficiales complejas pueden construirse colocando y orientando las fibras según una configuración deseada con fines de resistencia e integridad estructural.

15 Al colocar las mechas 106 de fibras en el mandril 122 o en la pieza de trabajo 124, puede ser deseable generalmente orientar el cabezal 116 de colocación en dirección sustancialmente normal a la superficie en la cual se están colocando las mechas 106 de fibras. De este modo, con el fin de posicionar efectivamente el cabezal 116 de colocación para la aplicación de las mechas 106 de fibras sobre la superficie del mandril 122 o la pieza de trabajo 124, el muñón robotizado 114 está configurado para articularse alrededor de ejes múltiples. Por ejemplo, el muñón robotizado 114 puede configurarse para rotar alrededor de un primer eje 130 denominado en el presente documento como el eje de cabeceo. Además, el muñón 114 puede configurarse para girar alrededor de un segundo eje 132, denominado en el presente documento como el eje de guiñada. Adicionalmente, el muñón robotizado 114 y, más específicamente, una sección inferior del muñón robotizado 114 que incluye el sistema de entrega 115 y el cabezal 116 de colocación, pueden configurarse para girar alrededor de un tercer eje 134, denominado en el presente documento eje de balanceo.

20 Los diversos ejes de rotación pueden orientarse según una relación geométrica específica de unos respecto a otros. Por ejemplo, el eje 130 de cabeceo puede intersectar el eje 132 de guiñada bajo un ángulo sustancialmente perpendicular. Similarmente, el eje 134 de balanceo puede intersectar el ángulo 132 de guiñada bajo un ángulo sustancialmente perpendicular. Además, el eje 134 de balanceo puede desplazarse una distancia definida a lo largo del eje 132 de guiñada desde la intersección de los ejes de guiñada y balanceo 132 y 134, mientras también está orientado bajo un ángulo sustancialmente perpendicular con respecto al eje 130 de cabeceo.

25 El muñón robotizado 114 puede hacerse girar alrededor de los diversos ejes 130, 132 y 134 mediante accionadores 136, 138 y 140, los cuales pueden incluir, por ejemplo, motores eléctricos y engranajes asociados, aunque pueden usarse otros mecanismos según se apreciará por los versados en la técnica. En una realización ejemplar, el muñón robotizado 114 puede ser capaz de girar aproximadamente 60° hacia arriba (o hacia atrás) y 50° hacia abajo (o hacia delante) alrededor del eje 130 de cabeceo, aproximadamente $\pm 95^\circ$ alrededor del eje 132 de guiñada y aproximadamente $\pm 150^\circ$ alrededor del eje 134 de balanceo con respecto a una posición sustancialmente neutra, tal como la mostrada en la figura 1.

30 El sistema 100 de colocación de fibras puede acoplarse operativamente con un sistema 150 de control, mostrado esquemáticamente en la figura 1, el cual puede usarse para controlar los diversos sistemas y componentes tales como, por ejemplo, el conjunto 102 de fileta y su sistema tensor asociado, el muñón robotizado 114 y sus diversos componentes, el cepo 126A de cabezal y/o el cepo trasero 126B e incluso el posicionamiento de la plataforma estructural 118 con respecto al mandril 122 y la pieza de trabajo 124. Tal control puede efectuarse, por ejemplo, mediante un ordenador por técnicas de control numérico por ordenador (CNC) u otros sistemas de control similares según se apreciará por los versados en la técnica.

35 Haciendo referencia ahora a las figuras 2A-2D, se muestran diversas vistas del muñón robotizado 114 de la presente invención sin el sistema de entrega 115 o el cabezal 116 de colocación (figura 1) con fines de conveniencia y claridad ilustrativas. Obsérvese que la figura 2A es una perspectiva trasera del muñón robotizado 114, la figura 2B es un alzado lateral del muñón robotizado 114, la figura 2C es una vista en alzado frontal en sección transversal parcial del muñón robotizado 114 y la figura 2D es una vista en planta del muñón robotizado 114.

40 Según se indicó previamente, el muñón robotizado 114 está configurado para girar alrededor de diversos ejes 130, 132 y 134. Más específicamente, el muñón robotizado puede describirse como teniendo tres secciones generales que incluyen una sección inferior 160, una sección media 162 y una sección superior 164, en donde al menos una de las tres secciones generales 160, 162 y 164 gira alrededor de cada uno de los ejes definidos de rotación 130, 132 y 134. De este modo, por ejemplo, las tres secciones 160, 162 y 164 pueden configurarse para rotación alrededor del eje 130 de cabeceo; la sección media 162 y la sección superior 164 puede configurarse para girar alrededor del eje 132 de guiñada;

y la sección superior 164 puede configurarse para girar alrededor del eje 134 de balanceo.

Obsérvese además que los ejes 130, 132 y 134 pueden moverse con respecto a otros componentes del sistema 100 de colocación de fibras (figura 1) al tiempo que mantienen su configuración geométrica unos con respecto a otros. De este modo, por ejemplo, cuando las secciones inferior, media y superior se hacen girar alrededor del eje 130 de cabeceo, los ejes 132 y 134 de guiñada y balanceo también se hacen girar alrededor del eje 130 de cabeceo y así con respecto a, por ejemplo, la plataforma estructural 118 (véase figura 1), pero mantienen su relación geométrica con el eje 130 de cabeceo.

Las figuras 2A-2D muestran una realización en la que múltiples bandas de mechas, mostradas como una banda 112A de mechas superior y una banda 112B de mechas inferior, son alimentadas mediante el muñón robotizado 114 hacia el sistema de entrega 115 y el cabezal 116 de colocación (figura 1). Las bandas 112A y 112B de mechas, cada una de las cuales incluye una pluralidad de mechas 106 según se expuso anteriormente en este documento, se desplazan desde una localización detrás del muñón robotizado 114 hasta un primer mecanismo redireccionador 170, denominado aquí mecanismo redireccionador de cabeceo, y que puede incluir un par de rodillos redireccionadores 172A y 172B. El mecanismo redireccionador de cabeceo 170 permite que las bandas 112A y 112B de mechas cambien la dirección de desplazamiento cuando atraviesan el muñón robotizado 114. Además, aunque las figuras 2A-2D muestran las bandas 112A y 112B de mechas cambiando de dirección desde una trayectoria sustancial y horizontalmente orientada antes de su acoplamiento con el mecanismo redireccionador de cabeceo 170 hasta una trayectoria sustancial y verticalmente orientada subsiguiente al acoplamiento con el mecanismo redireccionador de cabeceo 170, el mecanismo redireccionador de cabeceo permite que la trayectoria de las bandas 112A y 112B de mechas se adapte a cualquiera de las posiciones cambiantes del muñón robotizado. Según se expondrá con mayor detalle a continuación, el mecanismo redireccionador de cabeceo 170 está centrado alrededor de la intersección de los ejes de cabeceo y guiñada 130 y 132.

Las bandas 112A y 112B de mechas se extienden desde el mecanismo redireccionador de cabeceo 170 a través de una abertura 174 definida por un cojinete 176 de guiñada hasta un segundo mecanismo redireccionador 178, denominado en este documento mecanismo redireccionador de guiñada. El mecanismo redireccionador de guiñada 178 también puede incluir un par de rodillos redireccionadores 180A y 180B configurados para redireccionar la trayectoria de las bandas 112A y 112B de mechas, respectivamente. Además, aunque las figuras 2A-2D muestran las bandas 112A y 112B de mechas cambiando de una trayectoria sustancial y verticalmente orientada, antes de su acoplamiento con el mecanismo redireccionador de guiñada 178, a una trayectoria sustancial y horizontalmente orientada subsiguiente a su acoplamiento con los rodillos 172A y 172B de mecanismo redireccionador de guiñada, el mecanismo redireccionador de guiñada 178 permite que las bandas 112A y 112B de mechas se adapten a cualquiera de las posiciones cambiantes de los muñones robotizados. Según se expondrá con mayor detalle a continuación, el mecanismo redireccionador de guiñada 178 está centrado alrededor de la intersección de los ejes de guiñada y balanceo 132 y 134.

Las bandas 112A y 112B de mechas se desplazan desde el sistema redireccionador de guiñada a través de una abertura 182 definida en un cojinete 184 de balanceo hasta otro mecanismo redireccionador 186 (figuras 2B y 2D), denominados en el presente documento mecanismo redireccionador de balanceo. El mecanismo redireccionador de balanceo 186 puede incluir un par de rodillos redireccionadores 188A y 188B configurados de tal manera que las mechas 106 de fibras individuales de cada banda 112A y 112B estén separadas de las mechas adyacentes 106 una distancia igual a la anchura nominal de las mechas 106 de fibras. De este modo, cuando las bandas 112A y 112B de mechas se extienden más allá del mecanismo redireccionador de balanceo 186, las mechas 106 de la banda 112A de mechas superior pueden redireccionarse para converger y mezclarse con las mechas redirigidas 106 de la banda 112B de mechas inferior con el fin de formar una sola banda 109 de mechas colimada que comprenda todas las mechas 106 alimentadas desde el conjunto 102 de fileta (figura 1). Según se expondrá con mayor detalle a continuación, el mecanismo redireccionador de balanceo 186 está centrado alrededor del eje 134 de balanceo.

Obsérvese que ninguno de los mecanismos redireccionadores 170, 178 y 186 requiere accionadores o mecanismos adicionales de control para posicionarlos independientemente del muñón robotizado 114 y con relación al mismo. Por el contrario, cada mecanismo redireccionador 170, 178 y 186 está configurado para incluir unos miembros mecánicos sencillos que permanecen en una posición fija con respecto a la porción del muñón robotizado a la cual cada uno de ellos está fijado (por ejemplo, la sección inferior 160, la sección media 162 o la sección superior 164).

Haciendo referencia a las figuras 3A y 3B, se muestra un conjunto de rodillo ejemplar 200 que puede usar, por ejemplo como un rodillo 172A, 172B, 180A, 180B, 188A, 188B u otro rodillo equivalente, junto con uno o más de los mecanismos redireccionadores antes descritos 170, 178 y 186 y que muestra la sencillez de los mecanismos redireccionadores de la presente invención. El conjunto 200 de rodillo puede incluir una pluralidad de rodillos o poleas individuales 202 acoplados a un árbol 204 por medio de unos cojinetes 206 de tal manera que cada polea 202 pueda girar independientemente de las otras poleas 202. Cada polea 202 incluye una acanaladura 208 formada alrededor de la periferia exterior de la misma para recibir una mecha de fibras en su interior. Obsérvese que el conjunto 200 de rodillo mostrado incluye dieciséis poleas individuales 202. De nuevo, esto es sencillamente ejemplar y se contemplan otras configuraciones. Por ejemplo, un conjunto 200 de rodillo usado en relación con los mecanismos redireccionadores 170, 178 y 186 mostrados y descritos con respecto a las figuras 2A-2D únicamente necesita ocho poleas individuales 202 en proporción al número de mechas que están siendo redirigidas a su través.

El conjunto 200 de rodillo puede incluir además unas placas de montaje ajustables 210 acopladas al árbol 204. Las

placas de montaje 210 pueden acoplarse a una sección del muñón robotizado 114 (figuras 2A-2D), tal como mediante unos sujetadores 212. El conjunto 200 de rodillo puede ajustarse así soltando los sujetadores y haciendo girar el conjunto 200 de rodillo a través de una gama definida de movimiento proporcionada por las ranuras 213 formadas en las placas de montaje 210. De esta manera, el conjunto 200 de rodillo y, más particularmente, la pluralidad de poleas 202 pueden ajustarse con respecto a un eje dado de rotación del muñón (por ejemplo, el eje 130 de cabeceo) y posteriormente fijarse en la posición seleccionada mediante los sujetadores 212. Un miembro 214 de guía puede posicionarse a través de la superficie del conjunto 200 de rodillo con el fin de mantener las mechas 106 de fibras (figura 2A-2D) dentro de las acanaladuras 208 de las poleas si las mechas de fibras mostraran holgura en cualquier momento dado, mientras el muñón robotizado 114 (figuras 2A-2D) se articula a través de su gama de movimientos.

Obsérvese que configurando las poleas 202 para presentar un diámetro relativamente pequeño, los conjuntos 200 de rodillo pueden tener sus árboles 204 y, por tanto, sus propios ejes de rotación posicionados más próximos a la intersección de la línea central de los ejes de rotación del muñón robotizado (por ejemplo, la intersección de los ejes 130 y 132 de cabeceo y guiñada). Al colocar los conjuntos 200 de rodillo más próximos a la intersección de los ejes de rotación del muñón robotizado, la trayectoria de las mechas 106 de fibras puede seguir de manera más cercana a los ejes reales de rotación 130, 132 y 134. Sin embargo, dependiendo del tipo de mechas 106 de fibras (figuras 2A-2D) que se estén utilizando, puede ser deseable mantener un diámetro mínimo de polea con la finalidad de no inducir un esfuerzo no deseado en las mechas 106 de fibras cuando éstas se desplazan y se doblan a su alrededor. De este modo, en una realización, una polea ejemplar 202 puede presentar un diámetro de aproximadamente 90 milímetros (aproximadamente 3,5 pulgadas) con una acanaladura 208 formada en su periferia exterior de aproximadamente 6,4 milímetros (aproximadamente 0,25 pulgadas) de profundidad, lo que da como resultado un diámetro superficial de giro efectivo para acoplamiento por una mecha 106 de fibras de aproximadamente 76 milímetros (aproximadamente 3,0 pulgadas).

Volviendo a hacer referencia a las figuras 2A-2D, obsérvese que, cuando las secciones media y superior 162 y 164 giran alrededor del eje 132 de guiñada, las secciones de las bandas 112A y 112B de mechas, que se extienden entre el mecanismo redireccionador de cabeceo 170 y el mecanismo redireccionador de guiñada 178, se retorcerán alrededor de su eje 132 de guiñada. Esto es debido a que el mecanismo redireccionador de cabeceo 170 está fijado a la sección inferior 160 del muñón robotizado 114 y no gira alrededor del eje 132 de guiñada al tempo que el redireccionador de guiñada 178 se gira alrededor del eje 132 de guiñada con la sección media 162. Similarmente, cuando la sección superior 164 gira alrededor del eje 134 de balanceo, las secciones de las bandas 112A y 112B de mechas, que se extienden entre el mecanismo redireccionador de guiñada 178 y el mecanismo redireccionador de balanceo 186, se retorcerán alrededor del eje 134 de balanceo. Estos movimientos de torsión provocan una emisión diferencial de las mechas 106 de fibras individuales. Sin embargo, debido a la configuración de los mecanismos redireccionadores 170, 178 y 186 y, más particularmente, debido al centrado de los mecanismos redireccionadores alrededor de los ejes de rotación 130, 132 y 134, la emisión diferencial de las mechas 106 de fibras individuales es minimizada de tal manera que tenga lugar una holgura mínima dentro de las mechas 106 de fibras cuando éstas se extienden entre el conjunto 102 de fileta y el cabezal 116 de colocación (figura 1).

Por ejemplo, la figura 4A muestra una vista en alzado lateral de las bandas 112A y 112B de mechas cuando éstas se desplazan a través de sus trayectorias respectivas. Según se indicó anteriormente, el mecanismo redireccionador de cabeceo 170 está centrado alrededor de la intersección de los ejes 130 y 132 de cabeceo y guiñada. Esto no significa que los ejes de rotación de los rodillos redireccionadores 172A y 172B están a distancias iguales con respecto a la intersección de los ejes 130 y 132 de cabeceo y guiñada. Por el contrario, los rodillos redireccionadores 172A y 172B están posicionados estratégicamente de modo que las trayectorias de fibras de las bandas 112A y 112B de mechas están posicionadas igualmente alrededor de la intersección de los ejes 130 y 132 de cabeceo y guiñada.

Similarmente, el mecanismo redireccionador de guiñada 178 está centrado alrededor de la intersección de los ejes 132 y 134 de guiñada y balanceo de tal manera que las trayectorias de fibras de las bandas 112A y 112B de mechas estén sustancialmente a distancias iguales con respecto a la intersección de los ejes 132 y 134 de guiñada y balanceo de tal manera que las trayectorias de fibras de las bandas 112A y 112B de mechas estén centradas alrededor del eje de balanceo.

Haciendo referencia brevemente a la figura 4B, los mecanismos redireccionadores 170 y 178 también están configurados de tal manera que la anchura de las bandas 112A y 112B de mechas (únicamente se muestra en la figura 4 por razones de claridad una banda 112A de mechas) esté centrada alrededor de los ejes de rotación 130, 132 y 134. De este modo, por ejemplo, con una banda 112A de mechas que incluye ocho mechas 106 de fibras individuales, las mechas 106 de fibras están dispuestas simétricamente con respecto al eje 132 de guiñada. Así, por ejemplo, los dos mechas 106 de fibras más exteriores están sustancialmente a distancias iguales del eje 132 de guiñada. Similarmente, las dos mechas 106 de fibras más interiores están sustancialmente a distancias iguales del eje 132 de guiñada. Se mantienen relaciones similares con respecto a los ejes 130 y 132 de cabeceo y balanceo. Una configuración de esta clase define lo que puede denominarse una trayectoria de fibras colectiva para las bandas 112A y 112B de mechas múltiples, en donde la pluralidad de mechas 106 (ya estén configuradas como una sola banda de mechas, o como bandas múltiples de mechas) permanece sustancialmente simétrica alrededor de la trayectoria de fibras colectiva. Además, la trayectoria de fibras colectiva de la presente invención sigue sustancialmente las líneas centrales o ejes de rotación 130, 132 y 134 del muñón robotizado 114 (figuras 2A-2D) con independencia de la orientación del muñón robotizado 114.

Volviendo a hacer referencia a la figura 4A, cuando el muñón robotizado 114 (figuras 2A-2D) gira alrededor del eje 132

de cabeceo, los segmentos de las bandas 112A y 112B de mechas, que se extienden entre el mecanismo redireccionador de cabeceo 170 y el mecanismo redireccionador de guiñada 178, mantienen sustancialmente longitudes constantes, las cuales se definen generalmente por la distancia a lo largo del eje 132 de guiñada que se extiende entre el eje de cabeceo 130 y el eje 134 de balanceo.

5 Además, volviendo a hacer referencia a la figura 4B, cuando el muñón robotizado 114 (figuras 2A-2D) gira alrededor del eje 132 de guiñada, la emisión de una mecha 106 de fibras individual está determinado en gran medida por la distancia lateral entre una mecha 106 de fibras específica y el eje 132 de guiñada. Por ejemplo, una primera mecha 106 de fibras está a una primera distancia D_1 desde el eje 132 de guiñada, mientras que una segunda mecha 106B de fibras está a una segunda distancia más larga D_2 desde el eje 132 de guiñada. Según se muestra en la figura 4C, esta relación define un primer ángulo de giro θ_1 para la primera mecha 106 de fibras y un segundo ángulo de giro θ_2 para la segunda mecha 106B de fibras. De este modo según, se apreciará por los versados en la técnica, la cantidad de emisión experimentada por una mecha 106 de fibras dada debido a la rotación alrededor del eje 132 de guiñada estará determinada por el coseno del ángulo de giro de la mecha 106 de fibras (por ejemplo, $\cos \theta_1$ o $\cos \theta_2$). Así, minimizando la distancia de las mechas 106 de fibras desde el eje 132 de guiñada o, en otras palabras, minimizando el ángulo de giro permitido θ , la emisión de las mechas 106 de fibras también se minimizará. En una realización, por ejemplo, el ángulo de giro θ máximo permitido de la mecha de fibras puede ser de aproximadamente 9° . Por supuesto, tal disposición es ejemplar y se contemplan otras configuraciones dentro del alcance de la invención.

20 Pueden mantenerse relaciones similares entre el mecanismo redireccionador de guiñada 178 y el mecanismo redireccionador de balanceo 186 para minimizar la emisión de mechas 106 de fibras individuales asociadas con los ángulos de giro de las mechas 106 de fibras que se extienden entre ellos.

25 Obsérvese que mientras que las realizaciones mostradas y descritas con respecto a las figuras 2A-2D y 3A-3C han empleado dos bandas 112A y 112B de mechas diferentes, la presente invención puede aplicarse a configuraciones que utilizan tres o más bandas de mechas, o incluso a una sola banda de mechas. Tales realizaciones aún incluirían los mecanismos redireccionadores de cabeceo y guiñada 170 y 178 centrados alrededor de las diversas intersecciones de los ejes de rotación (es decir, la intersección de los ejes de cabeceo y guiñada 130 y 132 y la intersección de los ejes de guiñada y balanceo 132 y 134, respectivamente), estando centrado el mecanismo redireccionador de balanceo alrededor del eje 134 de balanceo 134 para efectuar una trayectoria de fibras colectiva que atraviese los diversos ejes 130, 132 y 134 y que esté centrada alrededor de los mismos.

30 Volviendo a hacer referencia a la figura 1 y a la figura 2A se muestra otra característica de la presente invención. Para el control del muñón robotizado 114, se requieren diversas canalizaciones 220 de transmisión para establecer una comunicación adecuada entre, por ejemplo, unos sensores (no mostrados), unos accionadores 136, 138 y 140 (así como otros accionadores según se apreciará por los versados en la técnica) y el sistema 150 de control, así como para proporcionar potencia (por ejemplo, potencia eléctrica, hidráulica o neumática) a tales componentes.

35 La configuración del conjunto 114 de muñón robotizado permite que las canalizaciones 220 de transmisión sean conveniente equipadas y mantenidas, transportándose muchas de las canalizaciones 220 de transmisión a través del muñón robotizado 114 y al menos parcialmente escondidas dentro del mismo.

40 Por ejemplo, puede definirse un anillo 222 dentro de la abertura 174 del cojinete 176 de guiñada, tal como mediante el posicionamiento de un manguito interior 223 dentro de la abertura y separado de la pared interior de la mismo. El anillo 222 puede servir como una trayectoria o pista de canalización de transmisión. Algunas canalizaciones 220 de transmisión, tales como las asociadas con la unidad 115 de entrega y el cabezal 116 de colocación, pueden extenderse desde el anillo 222 por encima del muñón robotizado 114 y posteriormente envolverse parcialmente, como un mazo 224 de canalizaciones de transmisión, alrededor del cojinete 184 de balanceo o alguna otra superficie del muñón robotizado 114. De este modo, cuando el muñón robotizado 114 se articula a través de su gama de movimientos, las canalizaciones 220 de transmisión se mantienen de una manera controlada y se evita que sean batidas o lanzadas de un lado a otro, lo cual, como se mencionó anteriormente, puede causar daños a las canalizaciones de transmisión o suponer algún otro peligro para la seguridad.

45 Aunque la invención puede ser susceptible de diversas modificaciones y formas alternativas, se han mostrado realizaciones específicas a modo de ejemplos en los dibujos y se han descrito con detalle en el presente documento. Sin embargo, deberá entenderse que la invención no pretende estar limitada a las formas particulares descritas. Por el contrario, la invención incluye todas las modificaciones, equivalentes y alternativas que caigan dentro del alcance de la invención según se define por las siguientes reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un muñón robotizado configurado para articularse alrededor de al menos tres ejes (130, 132, 134), el muñón robótico comprende:
- una primera sección (160);
 - 5 una segunda sección (162) acoplada a la primera sección (160);
 - una tercera sección (164) acoplada a la segunda sección (162).
- En la que cada una de la primera sección (160), la segunda sección (162) y la tercera sección (164) están configuradas para articularse alrededor de al menos un eje de los al menos tres ejes (130, 132, 134), en el que un primer eje (130) de los al menos tres ejes (130, 132, 134) incluye un eje (130) de cabeceo, un segundo eje (132) de los al menos tres ejes (130, 132, 134) incluye un eje de balanceo relativo a la primera, segunda y tercera secciones (160, 162, 164), la tercera sección (164) está configurada para articularse alrededor de cada uno de los al menos tres ejes (130, 132, 134), y al menos dos de los al menos tres ejes (130, 132; 132, 134; 130, 134) están orientado tal que no se intersecan entre sí; una banda de fibra y mecanismo de entrega de mechas asociado con la tercera sección (164);
- 10
- Un primer cojinete (176) para acomodar la rotación relativa alrededor de uno de los ejes (130, 132), en el que se forma una abertura (174) en un primer cojinete (176).
- 15
- Un segundo cojinete (184) acoplado entre la segunda sección (162) y la tercera sección (164) para acomodar la rotación de la tercera sección (164) relativa a la segunda sección (162) alrededor de una de los al menos tres ejes (130, 132, 134); y
- Un material de sistema de redirección configurado para entregar un elemento de material alargado a la banda de fibra y el mecanismo de entrega de mecha a lo largo de una trayectoria de material que sigue a lo largo de al menos uno de los ejes de rotación, en el que una porción de la trayectoria de material se extiende a través de la abertura (174) del primer cojinete (176)
- 20
- En el que el sistema de redirección del material incluye un primer mecanismo (170) de redirección localizado en un primer lado del primer cojinete (176) y un segundo mecanismo (178) de redirección localizado en un segundo lado del primer cojinete (176).
- 25
- En el que se forma una abertura (182) en el segundo cojinete (184) y en el que el sistema de redirección de material entrega el elemento de material alargado a lo largo de otra porción del trayecto de material que se extiende a través de la abertura (182) del segundo cojinete (184),
- y
- 30
- En el que el segundo mecanismo (178) de redirección y un tercer mecanismo (186) de redirección están localizados y configurados para entregar el elemento de material alargado a lo largo de otra porción de trayectoria de material.
- 2.- El muñón robótico de la reivindicación 1, el primer mecanismo (170) de redirección localizado en un primer lado del primer cojinete (176) y el segundo mecanismo (178) de redirección localizado en un segundo lado del primer cojinete (176) lleva el material alargado a lo largo de la porción de trayectoria de material que se extiende a través de la abertura del primer cojinete.
- 35
- 3.- El muñón robótico de la reivindicación 2, en el que el primer mecanismo (170) de redirección comprende al menos un primer conjunto (172A, 172B) de rodillos y en el que el segundo mecanismo (178) comprende al menos un segundo conjunto (180A, 180B) de rodillos.
- 4.- El muñón robótico de la reivindicación 3, en el que cada uno del al menos primer conjunto (172A, 172B) de rodillos y el al menos segundo conjunto (180A, 180B) de rodillos están localizados y configurados para interconectarse con una pluralidad de mechas de fibra.
- 40
- 5.- El muñón robótico de la reivindicación 4, en el que el segundo mecanismo (178) de redirección y el tercer mecanismo (186) de redirección están localizados y configurados para entregar el elemento de material alargado a lo largo de otro porción de la trayectoria de material que se extiende de manera sustancial a lo largo de uno de los al menos tres ejes (130, 132, 134).
- 45
- 6.- El muñón robótico de la reivindicación 1, en el que el sistema de redirección está configurado para entregar el elemento de material alargado a lo largo de la trayectoria de material tal que pase a través de cada uno de los al menos tres ejes (130, 132, 134).
- 7.- El muñón robótico de la reivindicación 6, en el que el eje (130) de cabeceo y el eje (132) de guiñada se definen para intersecar entre sí.
- 50

- 8.- El muñón robótico de la reivindicación 7, en el que el eje (130) de cabeceo y el eje (134) de balanceo se definen para extenderse en direcciones de manera sustancialmente perpendiculares en planos separados no intersecantes.
- 9.- El muñón robótico de la reivindicación 6, en el que el eje (132) de guiñada y el eje (134) de balanceo se definen para intersecar entre sí.
- 5 10.- El muñón robótico de la reivindicación 1, en el que la banda de fibra y el mecanismo de entrega de mecha incluye un cabezal de colocación de material acoplado a la tercera sección (164) y configurado para disponer al menos una porción del elemento de material alargado en una superficie específica de una pieza de trabajo.
- 10 11.- Un método para transportar un elemento de material alargado en asociación con un muñón robótico configurado para articularse alrededor de al menos tres ejes (130, 132, 134) en el que el muñón robótico incluye una primera sección (160), una segunda sección (162) acoplada con la primera sección (160) y una tercera sección (164) acoplada con la segunda sección (162), en el que un primer eje (130) de los al menos tres ejes (130, 132, 134) incluye un eje (130) de cabeceo, un segundo eje (132) de los al menos tres ejes (130, 132, 134) incluye un eje (132) de guiñada, y un tercer eje (134) de los al menos tres ejes (130, 132, 134) incluye un eje (134) de balanceo relativo a la primera, segunda y tercera secciones (160, 162, 164) en el que cada una de la primera sección (160), la segunda sección (162) y tercera sección (164) están configuradas para articularse alrededor de al menos uno de los tres ejes (130, 132, 134) y la tercera sección (164) está configurada para articularse alrededor de cada uno de los al menos tres ejes (130, 132, 134), el método comprende:
- 15 orientar los al menos tres ejes (130, 132, 134) tal que los al menos dos ejes de los al menos tres ejes (130, 132; 132, 134; 130, 134) no intersecan entre sí.
- 20 Transportar el elemento de material alargado desde una primera localización a una segunda localización cercana a la primera sección (160) por un primer mecanismo (170) de redirección.
- Transportar el elemento de material alargado desde una segunda localización a una tercera localización por un segundo mecanismo (178) de redirección de manera sustancial a lo largo de una trayectoria de material que sigue a lo largo de al menos uno de los tres ejes (130, 132, 134) en el que una porción de la trayectoria de material se extiende a través de una abertura (174) de un primer cojinete (176) acomodando la rotación relativa alrededor de uno de los ejes (130, 132) y a través de una abertura (182) de un segundo cojinete (184) acoplado entre la segunda sección (162) y una tercera sección (164) para acomodar la rotación de la tercera sección (164) relativa a la segunda sección (162) alrededor de uno de los al menos tres ejes (130, 132, 134);
- 25 Transportar el elemento de material alargado desde una tercera localización a una superficie específica de una pieza de trabajo por un tercer mecanismo (186) de redirección.
- 30

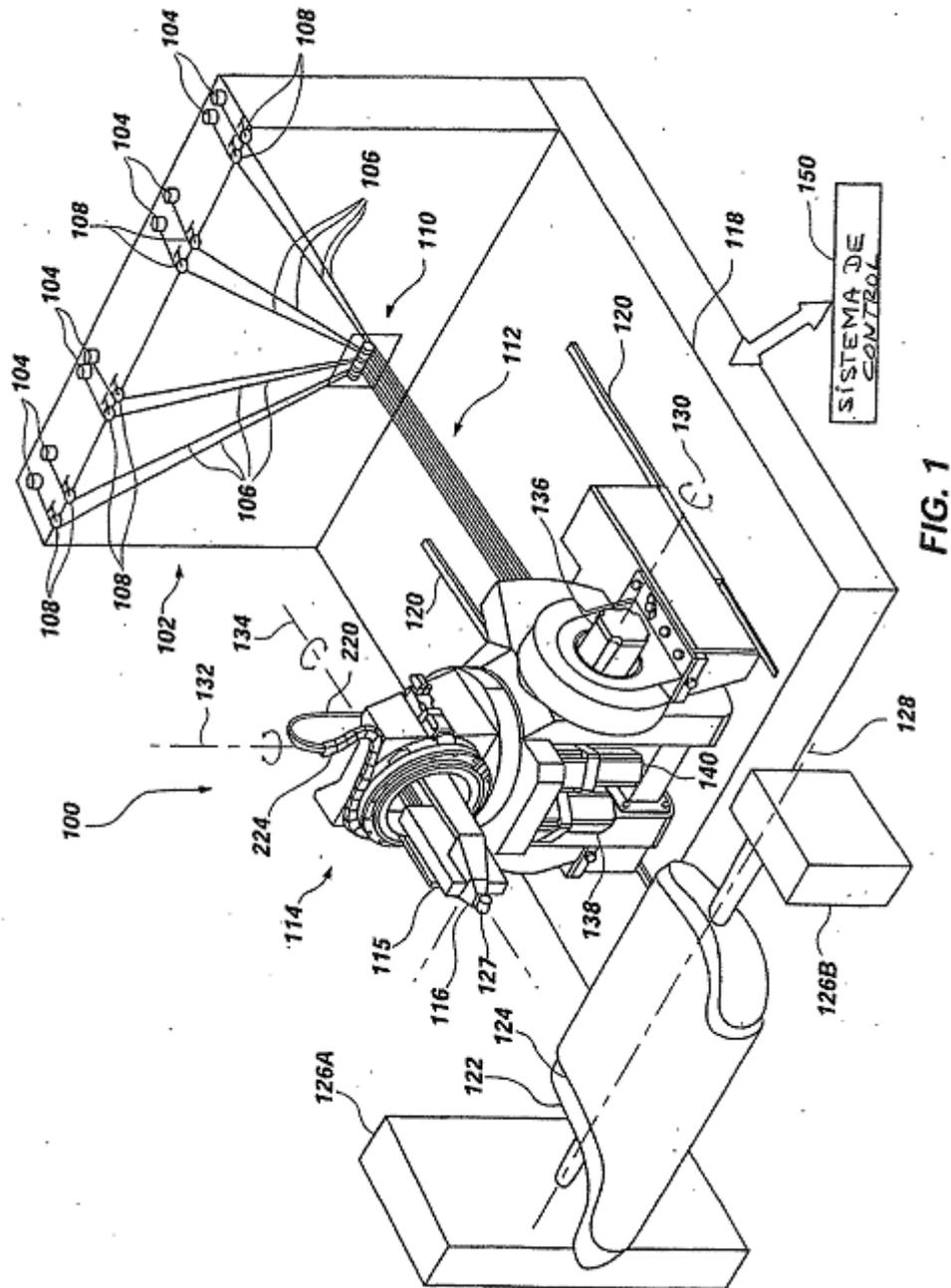


FIG. 1

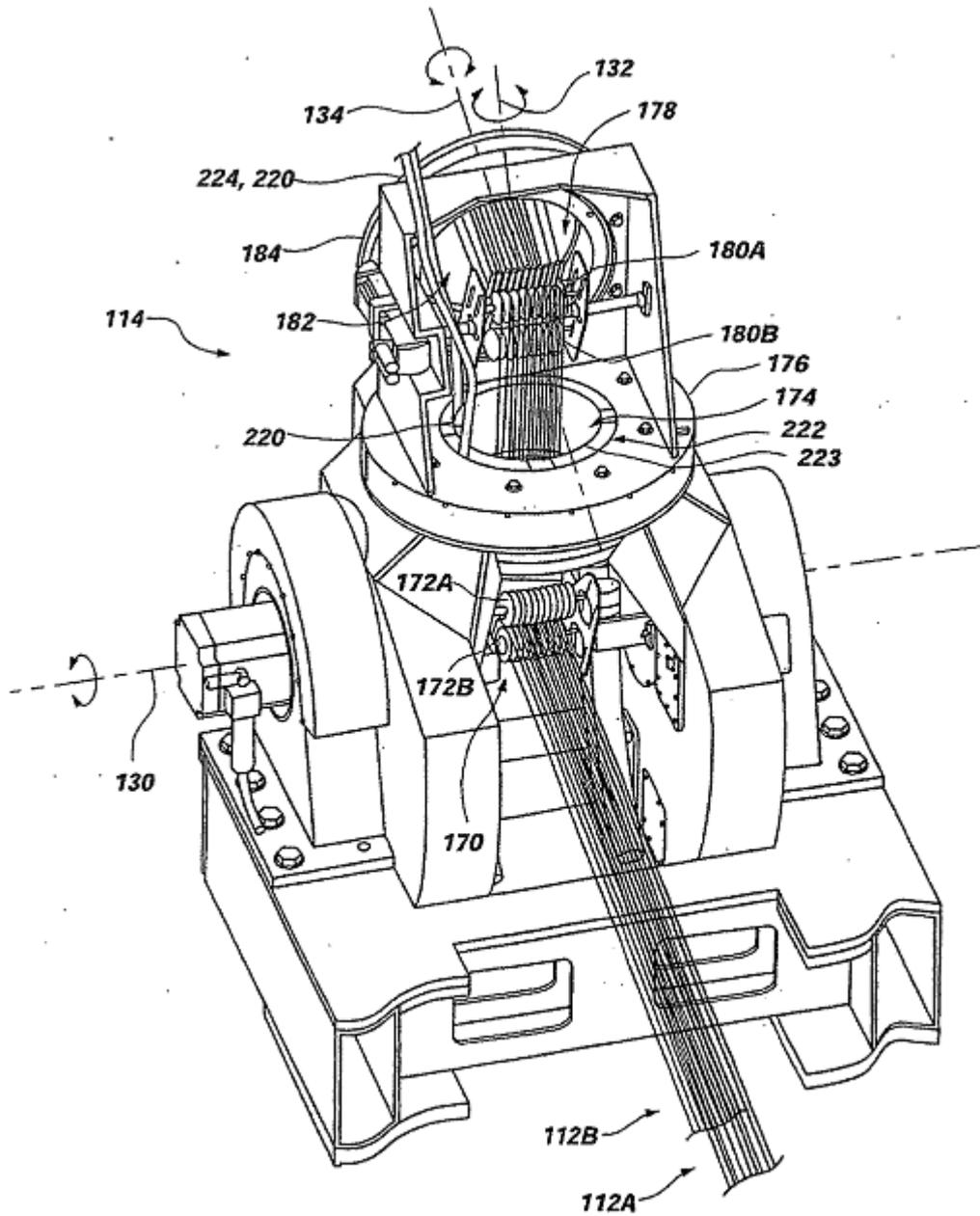


FIG. 2A

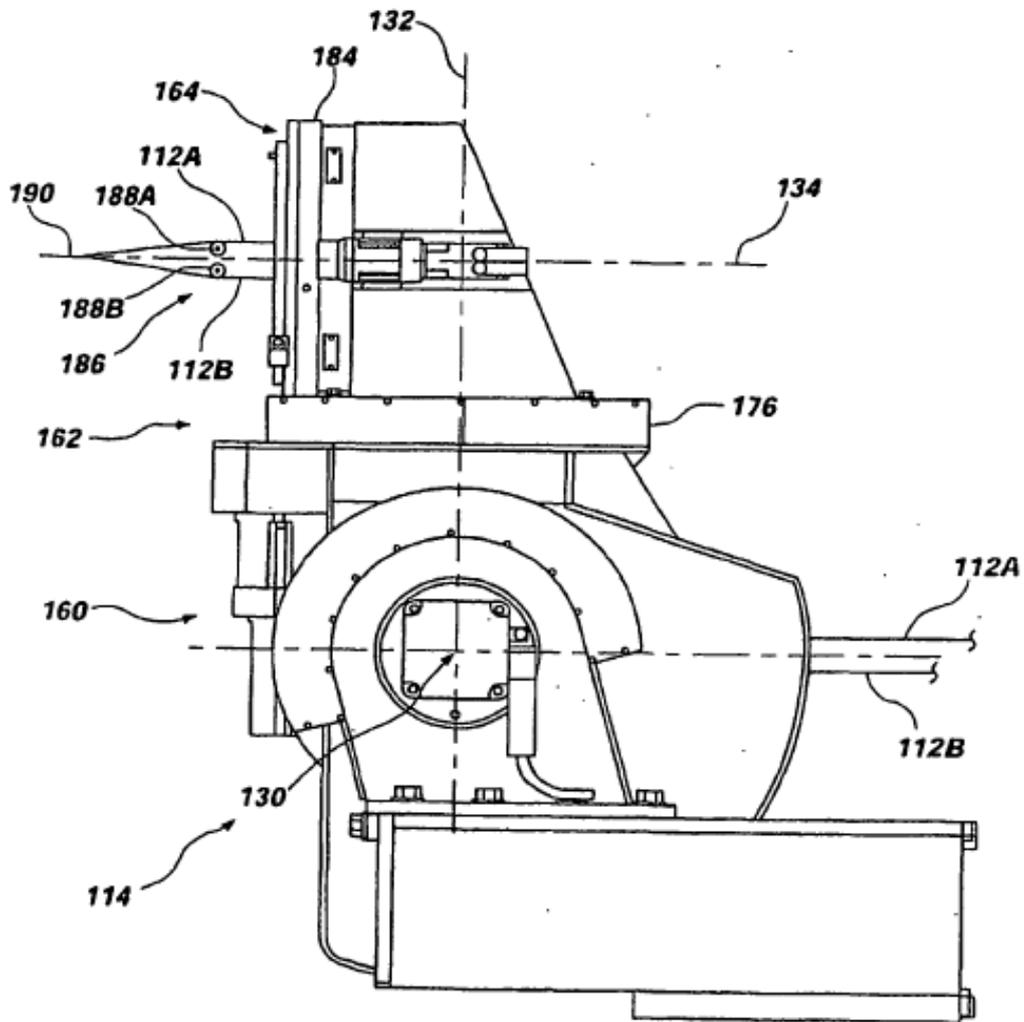


FIG. 2B

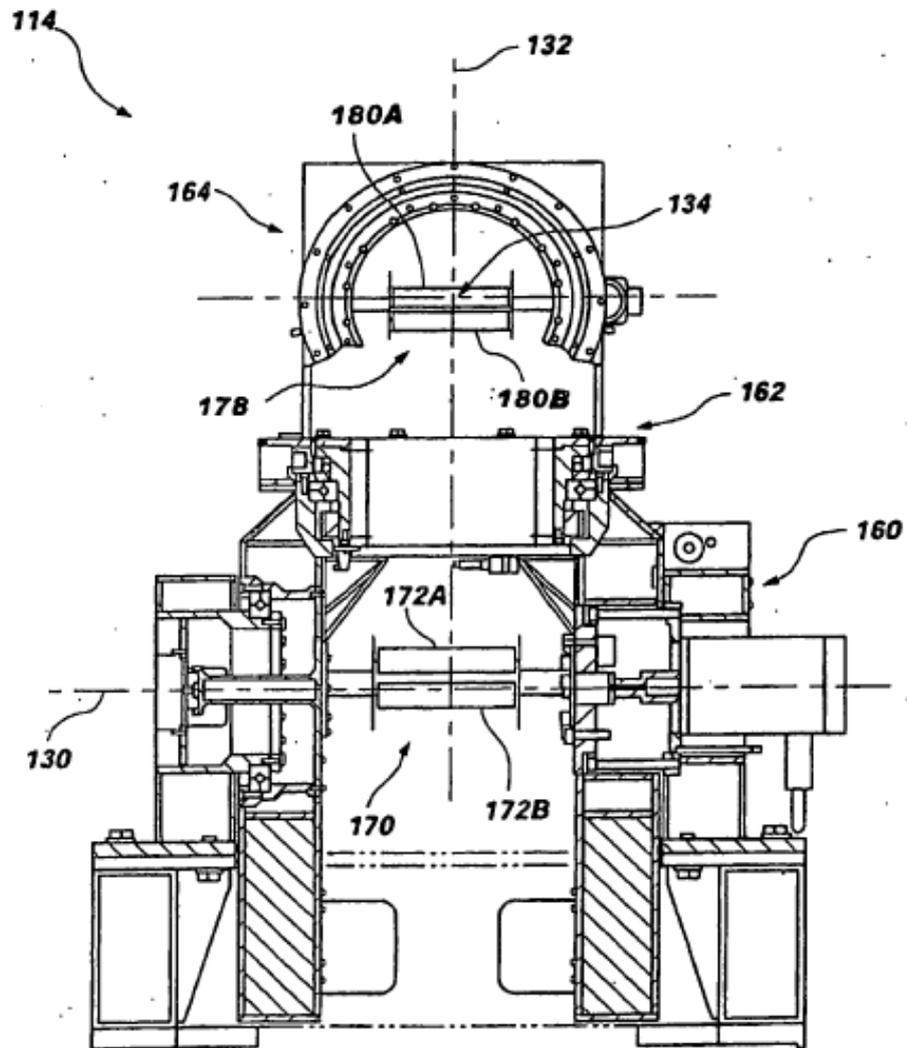


FIG. 2C

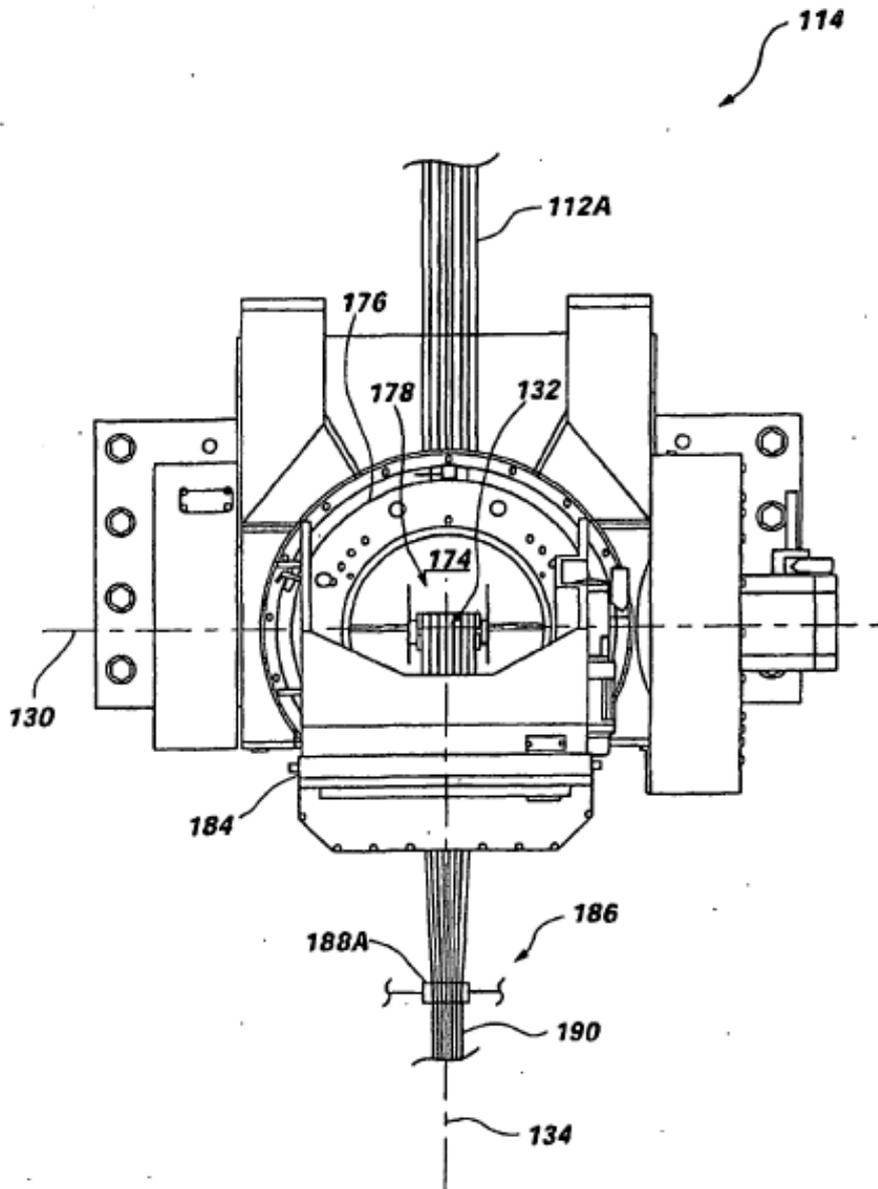


FIG. 2D

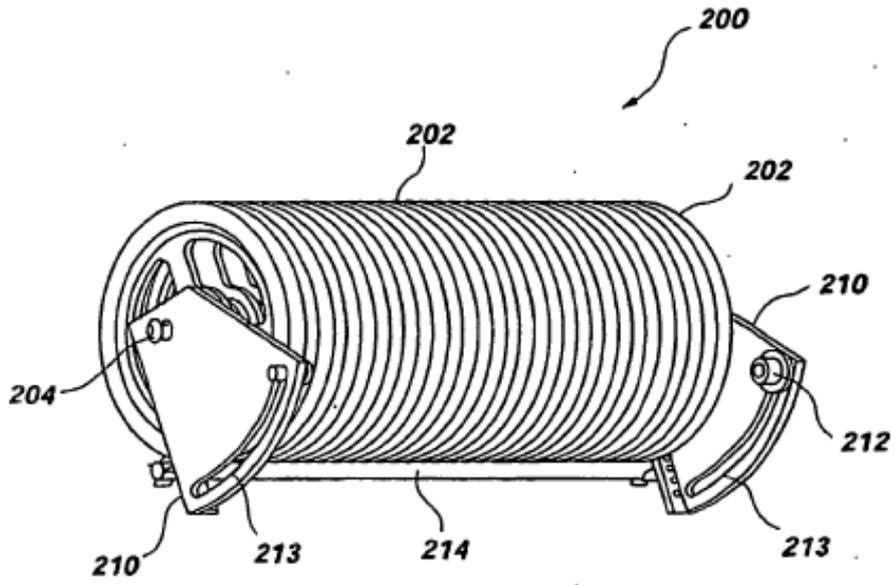


FIG. 3A

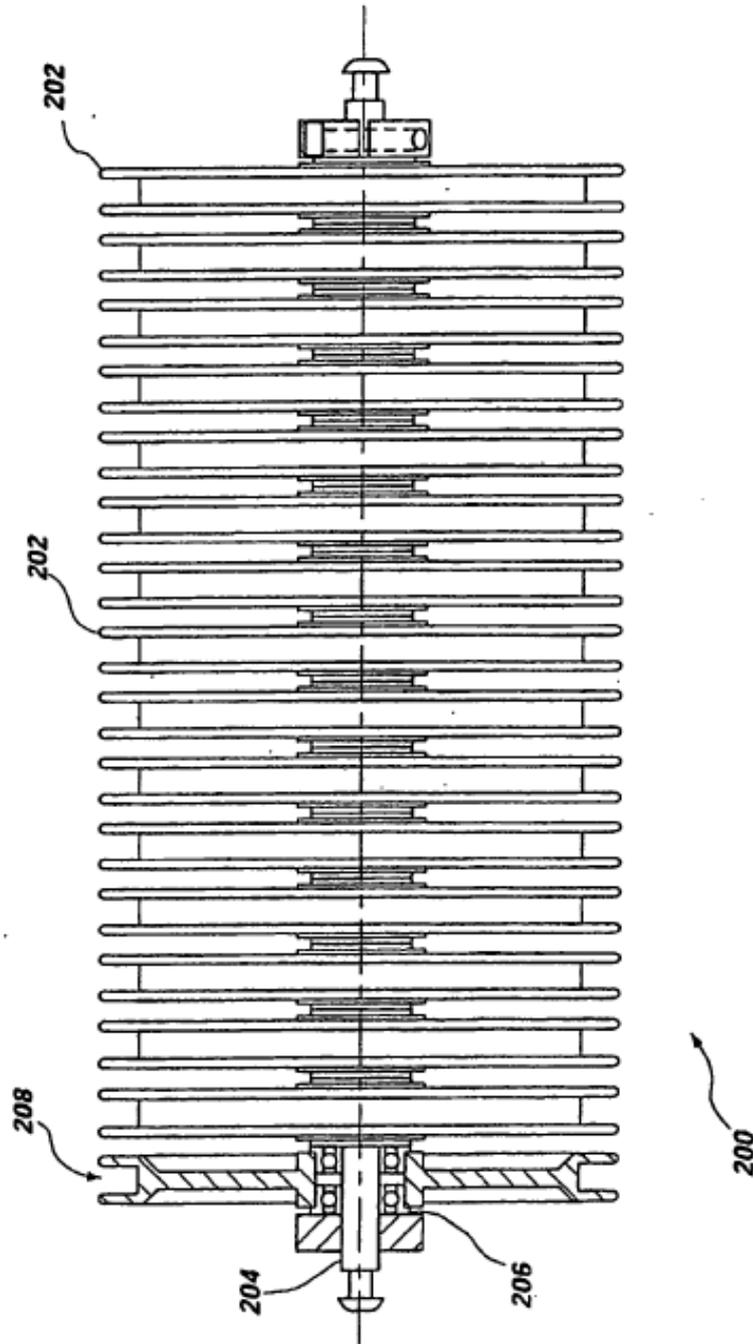


FIG. 3B

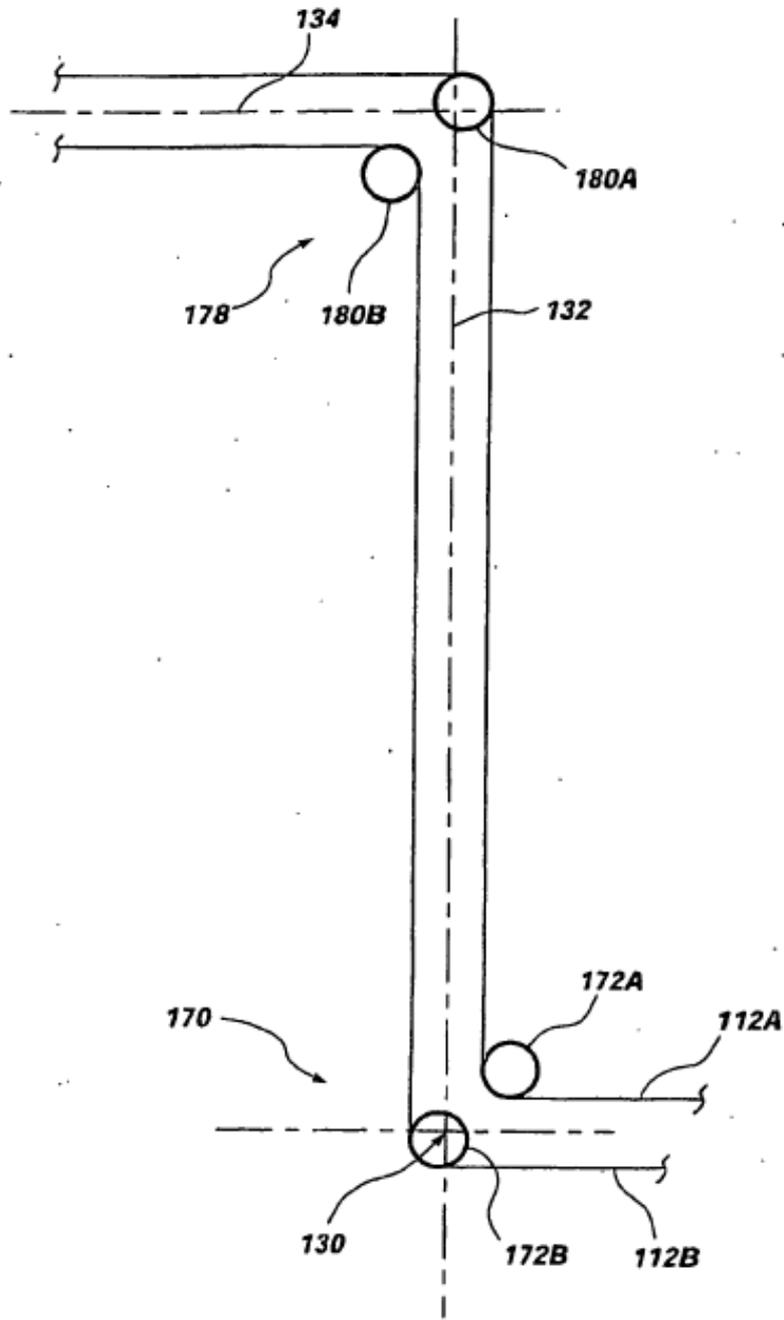


FIG. 4A

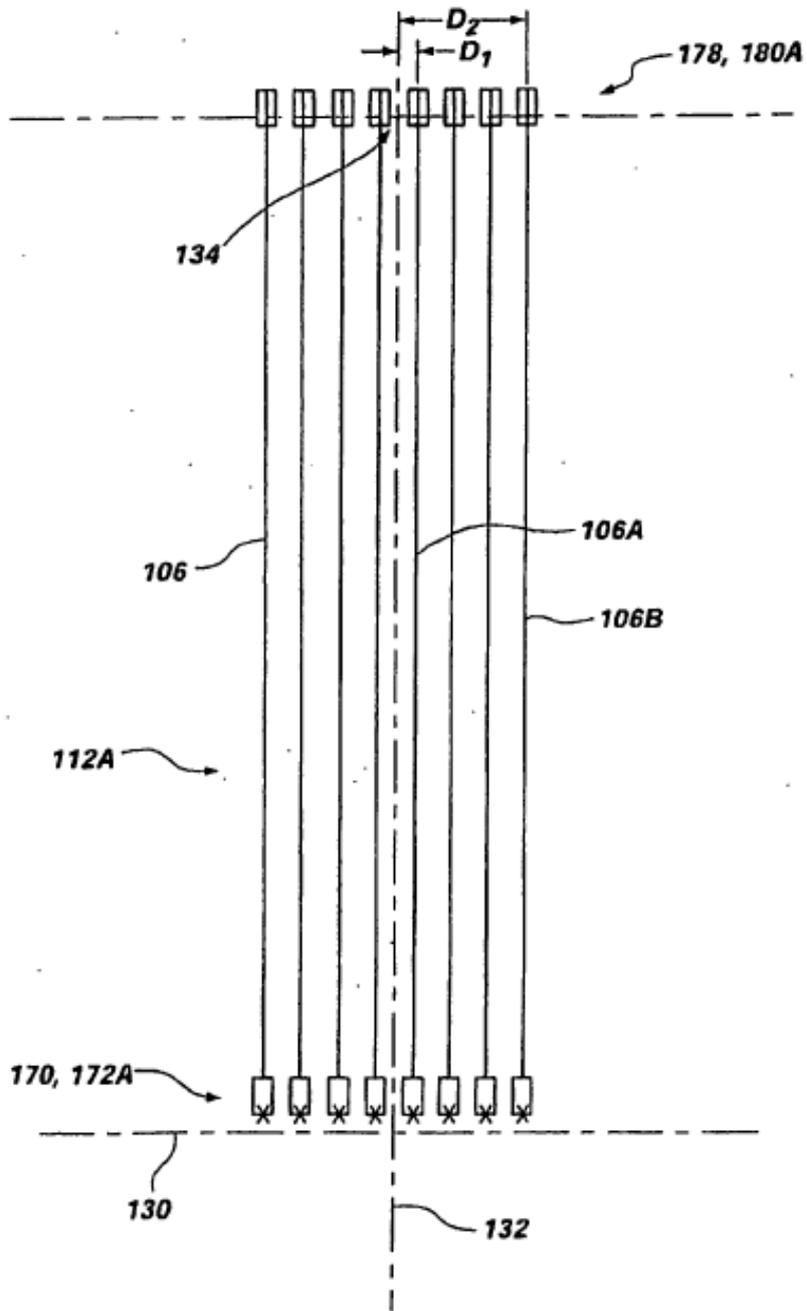


FIG. 4B



FIG. 4C