

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 837 358**

51 Int. Cl.:

H01B 13/02 (2006.01)

H01B 12/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.09.2016** **PCT/US2016/052611**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.04.2017** **WO17058569**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.09.2016** **E 16781902 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.11.2020** **EP 3350814**

54 Título: **Sistema y procedimiento de agrupación de hilos superconductores de alta temperatura**

30 Prioridad:

30.09.2015 US 201514870511

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

30.06.2021

73 Titular/es:

**AMERICAN SUPERCONDUCTOR CORPORATION
(100.0%)
114 East Main Street
Ayer, MA 01432, US**

72 Inventor/es:

**DRISCOLL, GLENN, C.;
VALCOUR, HENRY, C., III;
YANKAUSKAS, PAUL;
GEORGE, DANIEL, B., II;
BAUM, ALAN, W.;
FREIDHOFF, TIMOTHY, G.;
TIPTON, BRYAN, P. y
HUBER, PATRICIA, D.**

74 Agente/Representante:

PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 2 837 358 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

Sistema y procedimiento de agrupación de hilos superconductores de alta temperatura

5 CAMPO DE LA INVENCION

[0001] La presente invención se refiere a un sistema y procedimiento de agrupación de hilos para fabricar un cable de alimentación flexible y, más particularmente, para tal sistema y procedimiento para agrupar una pluralidad de hilos/cintas superconductores de alta temperatura ("HTS") en un cable de alimentación flexible.

10

ANTECEDENTES

[0002] Agrupar una pluralidad de hilos/cintas HTS para fabricar un cable de alimentación flexible es ventajoso para numerosas aplicaciones de energía. Los términos cable y cinta pueden usarse indistintamente para describir un conductor con una geometría de sección transversal rectangular asociada con los hilos HTS. El documento EP0650205A1 describe un cable flexible formado por cintas superconductoras enrolladas en espiral alrededor de un elemento de núcleo. El documento US3717987 describe una estructura de múltiples hilos que comprende un miembro de núcleo interior y una o más tiras de hilo plano envueltas helicoidalmente alrededor del miembro de núcleo. Cada hilo plano es trenzado helicoidalmente alrededor de su eje longitudinal formando medios para deformarlo permanentemente antes de ser enrollado alrededor del miembro de núcleo. El documento DE4212009A1 describe un aparato de torsión y un procedimiento para trenzar hilos de transmisión eléctrica u óptica sobre un elemento de núcleo.

15

[0003] Sin embargo, hasta la fecha, lograr un procedimiento de agrupación económico y eficiente para hilo HTS ha demostrado ser un desafío debido a la geometría de sección transversal rectangular de los filamentos individuales de hilo. El equipo de cableado existente es generalmente adecuado para hilos redondos convencionales y no es muy adecuado para el área de sección transversal rectangular asociada con los hilos HTS. El documento EP0650205A1 describe un cable flexible formado por cintas superconductoras enrolladas en espiral alrededor de un elemento de núcleo. El documento US3717987 describe una estructura de múltiples hilos que comprende un miembro de núcleo interior y una o más tiras de hilo plano envueltas helicoidalmente alrededor del miembro de núcleo. Cada hilo plano es trenzado helicoidalmente alrededor de su eje longitudinal formando medios para deformarlo permanentemente antes de ser enrollado alrededor del miembro de núcleo. El documento DE4212009A1 describe un aparato de torsión y un procedimiento para trenzar hilos de transmisión eléctrica u óptica sobre un elemento de núcleo.

25

30 RESUMEN

[0004] En un aspecto, la invención presenta un sistema para agrupar una pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura en un cable flexible. Existe un primer dispositivo de alineación para recibir y guiar a través del mismo la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura, cada una de la pluralidad de cintas está dispuesta lado a lado con una superficie ancha de cada una de la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura orientada en un primer ángulo. Existe un segundo dispositivo de alineación espaciado del primer dispositivo de alineación para recibir y guiar a través del mismo la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura, cada una de las cintas dispuesta lado a lado con la superficie ancha de cada una de la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura orientada en un segundo ángulo. Siendo el primer ángulo transversal al segundo ángulo para deformar plásticamente la pluralidad de cintas e impartir un paso de torsión en la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura. Existe un miembro de formación espaciado del segundo dispositivo de alineación para recibir la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura con el paso de torsión impartido y formarlas en un haz de cintas superconductoras de alta temperatura de las cintas superconductoras de alta temperatura con el paso de torsión impartido.

35

40

45

[0005] En otros aspectos de la invención, se pueden incluir una o más de las siguientes características. El primer dispositivo de alineación puede incluir una pluralidad de ranuras orientadas en el primer ángulo, cada ranura soporta una correspondiente de la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura a medida que pasa a través del primer dispositivo de alineación. El segundo dispositivo de alineación puede incluir una pluralidad de ranuras orientadas en el segundo ángulo, cada ranura soporta una correspondiente de la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura a medida que pasa a través del segundo dispositivo de alineación. El primer ángulo puede estar orientado aproximadamente a noventa grados con respecto al segundo ángulo. El espaciado entre el primer dispositivo de alineación y el segundo dispositivo de alineación puede ser ajustable y puede usarse para controlar el paso de torsión de la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura. Puede incluirse además un carrete que soporta cada una de la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura, estando cada carrete dispuesto horizontalmente de modo que las caras anchas de cada una de la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura estén dispuestas verticalmente. También puede incluirse un divisor dispuesto entre el segundo dispositivo de alineación y el miembro de formación para separar cada una de la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura trenzadas a medida que salen del segundo dispositivo de alineación y entran en el miembro de formación. El divisor puede ser translúcido. Puede incluirse un dispositivo de envoltura para enrollar en espiral una sobreenvoltura alrededor del cable de las cintas superconductoras de alta temperatura con el paso de torsión impartido. La sobreenvoltura puede comprender Teflon®. El miembro de formación puede incluir una boquilla.

50

55

60

[0006] En otro aspecto de la invención, existe un procedimiento para agrupar una pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura en un cable flexible. El procedimiento incluye recibir y guiar a través de un

65

dispositivo de alineación la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura, cada una de las cintas dispuesta lado a lado con una superficie ancha de cada una de la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura orientada en un primer ángulo. El procedimiento también incluye recibir y guiar a través de un segundo dispositivo de alineación espaciado del primer dispositivo de alineación la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura, cada una de las cintas dispuesta lado a lado con la superficie ancha de cada una de la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura orientada en un segundo ángulo. Siendo el primer ángulo transversal al segundo ángulo para deformar plásticamente la pluralidad de cintas e impartir un paso de torsión en la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura. El procedimiento también incluye recibir, del segundo dispositivo de alineación, la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura con el paso de torsión impartido y formarlas en un haz de cintas superconductoras de alta temperatura con el paso de torsión impartido.

[0007] En otros aspectos más de la invención, se pueden incluir las siguientes características. El primer dispositivo de alineación puede incluir una pluralidad de ranuras orientadas en el primer ángulo, cada ranura soporta una correspondiente de la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura a medida que pasa a través del primer dispositivo de alineación. El segundo dispositivo de alineación puede incluir una pluralidad de ranuras orientadas en el segundo ángulo, cada ranura soporta una correspondiente de la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura a medida que pasa a través del segundo dispositivo de alineación. El primer ángulo puede estar orientado aproximadamente a noventa grados con respecto al segundo ángulo. El procedimiento puede incluir además ajustar el espaciado entre el primer dispositivo de alineación y el segundo dispositivo de alineación para controlar el paso de torsión de la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura. El procedimiento también puede incluir proporcionar un carrete que soporta cada una de la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura, estando cada carrete dispuesto horizontalmente de modo que las caras anchas de cada una de la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura estén dispuestas verticalmente. La etapa de formación puede incluir usar un divisor para mantener la separación de la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura trenzadas a medida que salen del segundo dispositivo de alineación. El divisor puede ser translúcido. El procedimiento puede incluir además enrollar en espiral una sobreenvoltura alrededor del cable de las cintas superconductoras de alta temperatura con el paso de torsión impartido. La sobreenvoltura puede comprender Teflon®. La etapa de formación de un haz de cintas superconductoras de alta temperatura puede incluir pasar las cintas superconductoras de alta temperatura a través de una boquilla.

[0008] Un objeto de la invención es proporcionar un sistema y procedimiento para agrupar una pluralidad de hilos HTS en un cable de alimentación flexible.

[0009] Un objeto adicional de la invención es proporcionar un sistema y procedimiento para agrupar hilos HTS que reduzcan significativamente los daños a los hilos individuales en el cable, así como los costes de mano de obra y fabricación asociados.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La FIG. 1 es una vista en perspectiva del sistema de agrupación de hilos HTS según esta invención;
la FIG. 2 es una vista en perspectiva de los tableros de patrón de la Fig. 1;
la FIG. 3 es una vista en perspectiva de la pluralidad de hilos que entran en el miembro de formación;
la FIG. 4 es una vista en perspectiva de la pluralidad de hilos que salen del miembro de formación en un haz;
la FIG. 5 es una vista en perspectiva del haz de hilos que son envueltos en Teflon®.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

En la FIG. 1 se muestra que la línea de agrupación de hilos HTS 10 incluye dos bobinas de hilo HTS aislado 12a y 12b que están cargadas en los soportes verticales 14a y 14b, respectivamente. Para esta línea particular, existen cuarenta bobinas de hilo HTS, veinte en cada una de las pilas 12a y 12b. Los hilos HTS pueden ser de cualquier tipo adecuado para su uso en un cable de alimentación agrupado; sin embargo, en este ejemplo están siendo montados en un cable de alimentación de CC de baja tensión. Los hilos HTS individuales se pueden aislar con aislamiento Kapton. Además, se puede agrupar cualquier número de hilos HTS basándose en la aplicación particular y se pueden desenrollar de una pila de bobinas de hilo HTS o múltiples pilas de bobinas. Las bobinas 12a y 12b también pueden estar dispuestas en diferentes configuraciones y/u orientaciones.

A medida que la pluralidad de hilos HTS 15 se desenrolla de la primera y segunda bobina 12a y 12b, son recibidos en y pasan a través de ranuras individuales (una para cada hilo HTS) en el tablero de patrón de aguas arriba 16. En la Fig. 2 se muestra que las ranuras 30a-c en el tablero de patrón de aguas arriba 16 están orientadas de la misma manera que están orientados los hilos HTS 15 a medida que se desenrollan de las bobinas 12a y 12b, es decir, con las superficies anchas de los hilos HTS 15 paralelas a los bordes izquierdo y derecho 32 y 34 del tablero de patrón de aguas arriba 16. A continuación, los hilos HTS son recibidos por y pasan a través de ranuras individuales correspondientes, 36a-c, en el tablero de patrón de torsión 18. Las ranuras 36a-c están orientadas de modo que son

transversales a las ranuras 32a-c en el tablero de patrón de aguas arriba 16. En otras palabras, las ranuras 36a-c están orientadas de modo que los hilos HTS pasan a través de las mismas con las superficies anchas de los hilos HTS 15 paralelas a los bordes superior e inferior 38 y 40 del tablero de patrón de torsión 18. En este ejemplo, las ranuras 30a-c y las ranuras 36a-c son perpendiculares entre sí. sin embargo, pueden estar orientadas en diversos ángulos dependiendo de la aplicación. Además, aunque sólo hay tres conjuntos de ranuras en los tableros de patrón de aguas arriba y de torsión 16 y 18, respectivamente, esto es para simplificar el dibujo y se incluiría un número correspondiente de ranuras en cada tablero de patrón para el número total de hilos HTS 15 usados.

[0013] A medida que los hilos HTS 15 pasan a través de las ranuras orientadas perpendicularmente en los tableros de patrón 16 y 18, se imparte una torsión 17, Fig. 2, en los hilos y se deforman plásticamente. Dado el ángulo de torsión y el espaciado entre los tableros de patrón, resulta una deformación plástica y crea una torsión permanente en los hilos HTS 15. La distancia, "D", entre los tableros de patrón (es decir, el espacio del tablero de patrón) y el ángulo de las ranuras en el tablero de patrón de aguas arriba 16 con respecto a las ranuras en el tablero de patrón de torsión 18 determina la intensidad de la torsión en los hilos individuales, lo cual a su vez determina el paso del haz de hilos HTS. Los dos tableros de patrón pueden montarse juntos en un soporte de tablero de patrón 20 que permite que el espacio del tablero de patrón sea ajustable. Cuanto menor es el espacio del tablero de patrón, más apretada es la torsión. Por ejemplo, un espaciado de una pulgada en el espacio del tablero de patrón, produce aproximadamente un paso de torsión de dos pies en el cable terminado.

[0014] Después de salir del tablero de patrón de torsión 18, la pluralidad de hilos HTS continúan a través de la línea de agrupación 10, ahora con una torsión impartida, y son guiados físicamente entre un divisor 22 (Figs. 1 y 3), que puede estar hecho de un material translúcido para no solo impedir que el hilo trenzado se enrede, sino también para permitir la supervisión de ambos lados de la línea por un técnico/operador. El miembro de soporte 23 sostiene un cepillo de continuidad metálico 52 que, entre otras cosas, imparte una presión sobre los hilos para mantenerlos cerca del tablero de guía. Los hilos individuales son consolidados a continuación por un miembro de formación 24, tal como la boquilla 54, Fig. 3. Los hilos salen del miembro de formación 24 como un haz formado 26 con la sección transversal y el paso de torsión deseados.

[0015] El cepillo de continuidad metálico 52 también se usa como parte de un sistema de detección de rotura de aislamiento para identificar daños en el aislamiento Kapton en los hilos HTS mientras se forma el haz. Los cepillos pueden estar ubicados en diferentes ubicaciones a lo largo de la línea 10 específicamente para inspeccionar los hilos HTS a medida que cambian de orientación mientras se mueven a través de la línea de agrupación. Un cepillo final 60, Fig. 4, supervisa el haz formado 26 a la salida de la boquilla 54. Aunque solo existen dos cepillos descritos en esta invención, pueden incluirse cepillos adicionales en diferentes ubicaciones a lo largo de la línea 10. Los cepillos se conectan a circuitos que pueden usarse para detectar y alertar a un operador de daños en el aislamiento en los hilos HTS, de modo que el problema se pueda corregir antes de que se complete el procedimiento de agrupación.

[0016] La boquilla 54 incluye la mitad de boquilla 56 y la mitad de boquilla 58, teniendo cada una de las cuales una abertura de tamaño y forma tal que cuando se juntan forman una abertura para proporcionar la forma y el tamaño de haz deseados a medida que los hilos HTS 15 salen de la boquilla 54 para formar el haz 26 como se muestra en la Fig. 4. El espaciado entre la mitad de boquilla 56 y 58 puede ser ajustable para cambiar el tamaño del haz 26.

[0017] El paquete formado 26 es provisto a continuación con una sobreenvoltura 70, Fig. 5 (por ejemplo, Teflon®) a medida que sale de la boquilla 54. El haz 26 entra en la máquina de envolver 80 (de la cual solo se muestra una parte) donde se aplica la sobreenvoltura de modo que se envuelva en espiral alrededor del haz 26. Con una posible configuración de la máquina de envolver 80, la envoltura puede alimentarse desde un cabezal/bobina de cinta giratoria que guía uniformemente la sobreenvoltura alrededor del haz 26 en un patrón espiral. El cabezal de cinta gira alrededor del haz 26 para asegurar que el ángulo de envoltura permanezca constante durante el procedimiento. La sobreenvoltura aplicada en espiral 70 mantiene los hilos HTS en un haz mientras permite que se flexione lo suficiente para bobinarlo y usarlo posteriormente en diversas aplicaciones.

[0018] Después de que el haz 26 ha sido envuelto en espiral, a continuación puede ser probado mecánicamente y eléctricamente y bobinado de la manera deseada.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (10) para agrupar una pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura (15) en un cable flexible, que comprende:
5 un primer dispositivo de alineación (16) para recibir y guiar a través del mismo la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura, cada una de la pluralidad de cintas dispuesta lado a lado con una superficie ancha de cada una de la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura orientada en un primer ángulo; un segundo dispositivo de alineación (18) espaciado del primer dispositivo de alineación para recibir y guiar a
10 través del mismo la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura, cada una de dichas cintas dispuesta lado a lado con la superficie ancha de cada una de la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura orientada en un segundo ángulo, siendo el primer ángulo transversal al segundo ángulo para deformar plásticamente la pluralidad de cintas e impartir un paso de torsión (17) en la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura; y
15 un miembro de formación (24) espaciado del segundo dispositivo de alineación para recibir la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura con el paso de torsión impartido y formarlas en un haz de cintas superconductoras de alta temperatura de dichas cintas superconductoras de alta temperatura con el paso de torsión impartido.
- 20 2. El sistema de la reivindicación 1, en el que el primer dispositivo de alineación incluye una pluralidad de ranuras (30a, 30b, 30c) orientadas en el primer ángulo, cada ranura soporta una correspondiente de la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura a medida que pasa a través del primer dispositivo de alineación.
3. El sistema de la reivindicación 2, en el que el segundo dispositivo de alineación incluye una pluralidad
25 de ranuras (36a, 36b, 36c) orientadas en el segundo ángulo, cada ranura soporta una correspondiente de la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura a medida que pasa a través del segundo dispositivo de alineación.
4. El sistema de la reivindicación 3, en el que el primer ángulo está orientado aproximadamente a noventa
30 grados con respecto al segundo ángulo.
5. El sistema de la reivindicación 4, en el que el espaciado entre el primer dispositivo de alineación y el segundo dispositivo de alineación es ajustable y se usa para controlar el paso de torsión de la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura, o/y
que incluye además un carrito que soporta cada una de la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura,
35 estando cada carrito dispuesto horizontalmente de modo que las caras anchas de cada una de la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura estén dispuestas verticalmente.
6. El sistema de la reivindicación 3, que incluye además un divisor (22) dispuesto entre el segundo dispositivo de alineación y el miembro de formación para separar cada una de la pluralidad de cintas superconductoras
40 de alta temperatura trenzadas a medida que salen del segundo dispositivo de alineación y entran en el miembro de formación.
7. El sistema de la reivindicación 6, en el que el divisor es translúcido o/y que incluye además un dispositivo de envoltura (80) para enrollar en espiral una sobreenvoltura alrededor del cable de las cintas superconductoras de
45 alta temperatura con el paso de torsión impartido, en el que, opcionalmente, la sobreenvoltura comprende Teflon®.
8. El sistema de 1 en el que el miembro de formación incluye una boquilla (54).
9. Un procedimiento para agrupar una pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura en un
50 cable flexible, que comprende:
recibir y guiar a través de un primer dispositivo de alineación la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura, cada una de dichas cintas dispuesta lado a lado con una superficie ancha de cada una de la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura orientada en un primer ángulo;
55 recibir y guiar a través de un segundo dispositivo de alineación espaciado del primer dispositivo de alineación la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura, cada una de dichas cintas dispuesta lado a lado con la superficie ancha de cada una de la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura orientada en un segundo ángulo, siendo el primer ángulo transversal al segundo ángulo para deformar plásticamente la pluralidad de cintas e impartir un paso de torsión en la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura; y
60 recibir, del segundo dispositivo de alineación, la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura con el paso de torsión impartido y formarlas en un haz de cintas superconductoras de alta temperatura con el paso de torsión impartido.
10. El procedimiento de la reivindicación 9, en el que el primer dispositivo de alineación incluye una
65 pluralidad de ranuras orientadas en el primer ángulo, cada ranura soporta una correspondiente de la pluralidad de

cintas superconductoras de alta temperatura a medida que pasa a través del primer dispositivo de alineación.

11. El procedimiento de la reivindicación 10, en el que el segundo dispositivo de alineación incluye una pluralidad de ranuras orientadas en el segundo ángulo, cada ranura soporta una correspondiente de la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura a medida que pasa a través del segundo dispositivo de alineación, en el que, opcionalmente, la etapa de formación de un haz de cintas superconductoras de alta temperatura incluye pasar las cintas superconductoras de alta temperatura a través de una boquilla.
12. El procedimiento de la reivindicación 11, en el que el primer ángulo está orientado aproximadamente a noventa grados con respecto al segundo ángulo.
13. El procedimiento de la reivindicación 12, que incluye además ajustar el espaciado entre el primer dispositivo de alineación y el segundo dispositivo de alineación para controlar el paso de torsión de la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura, o/y
- 15 que incluye además proporcionar un carrete para soportar cada una de la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura, estando cada carrete dispuesto horizontalmente de modo que las caras anchas de cada una de la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura estén dispuestas verticalmente.
14. El procedimiento de la reivindicación 11, en el que la etapa de formación incluye usar un divisor para mantener la separación de la pluralidad de cintas superconductoras de alta temperatura trenzadas a medida que salen del segundo dispositivo de alineación.
15. El procedimiento de la reivindicación 14, en el que el divisor es translúcido, o/y que incluye además enrollar en espiral una sobreenvoltura alrededor del cable de las cintas superconductoras de alta temperatura con el paso de torsión impartido, en el que, opcionalmente, la sobreenvoltura comprende Teflon®.

10

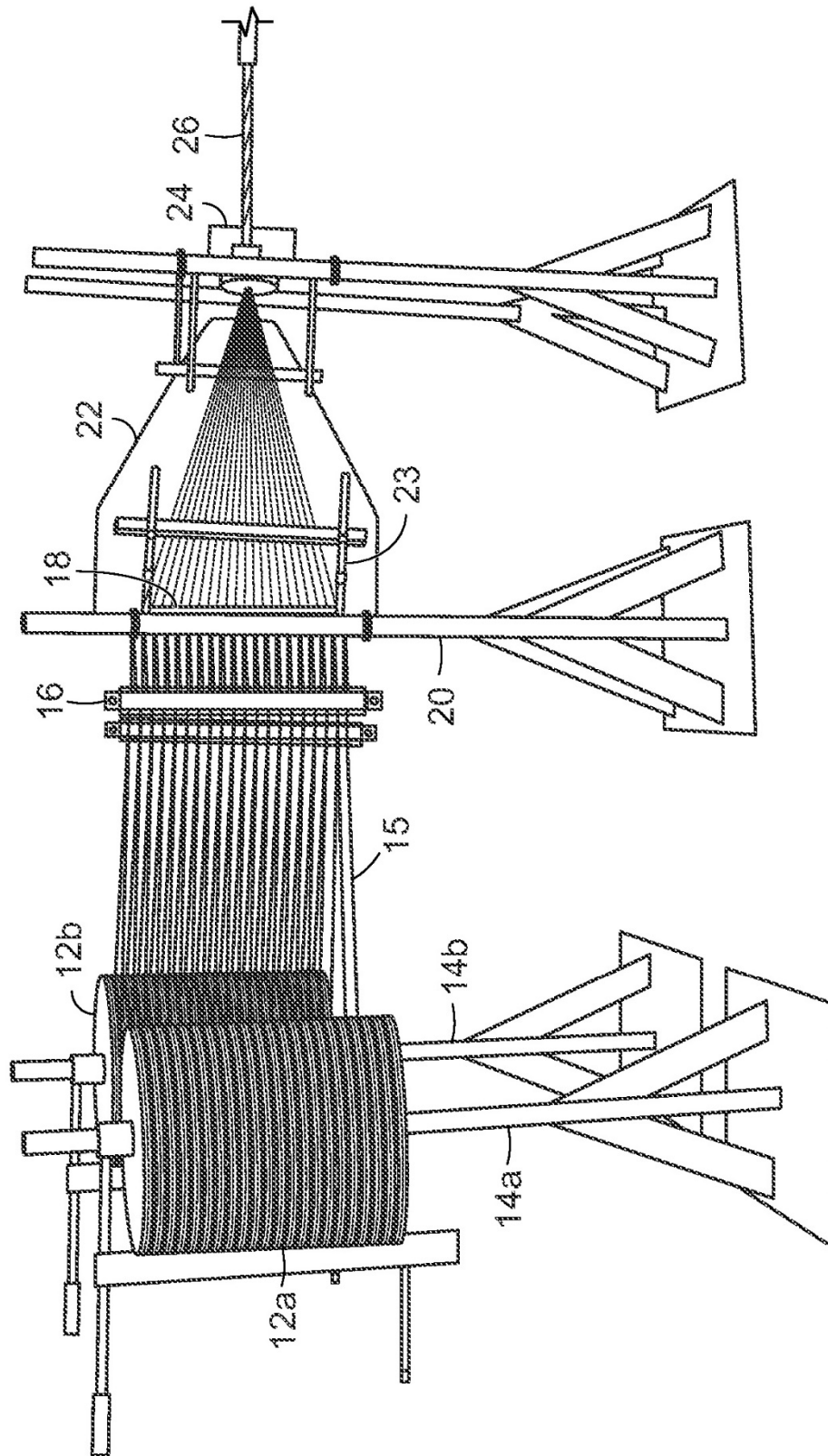


FIG. 1

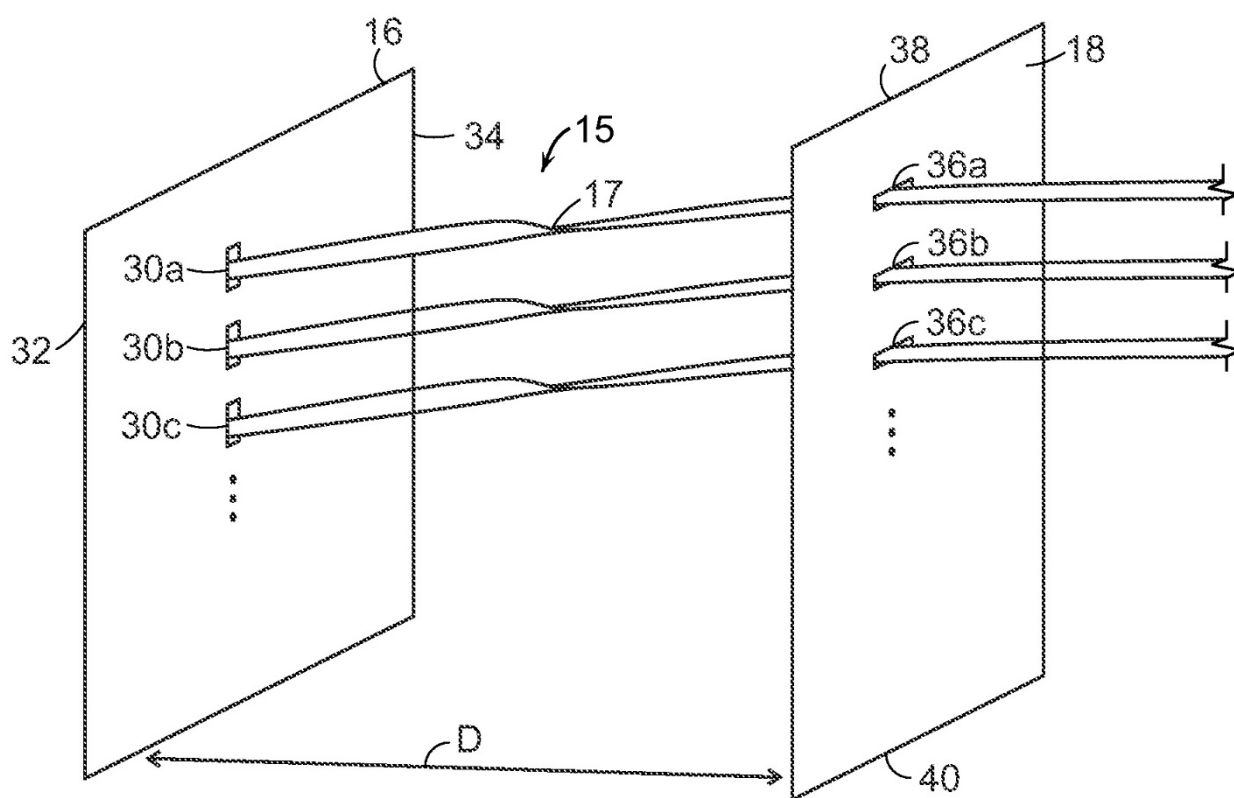


FIG. 2

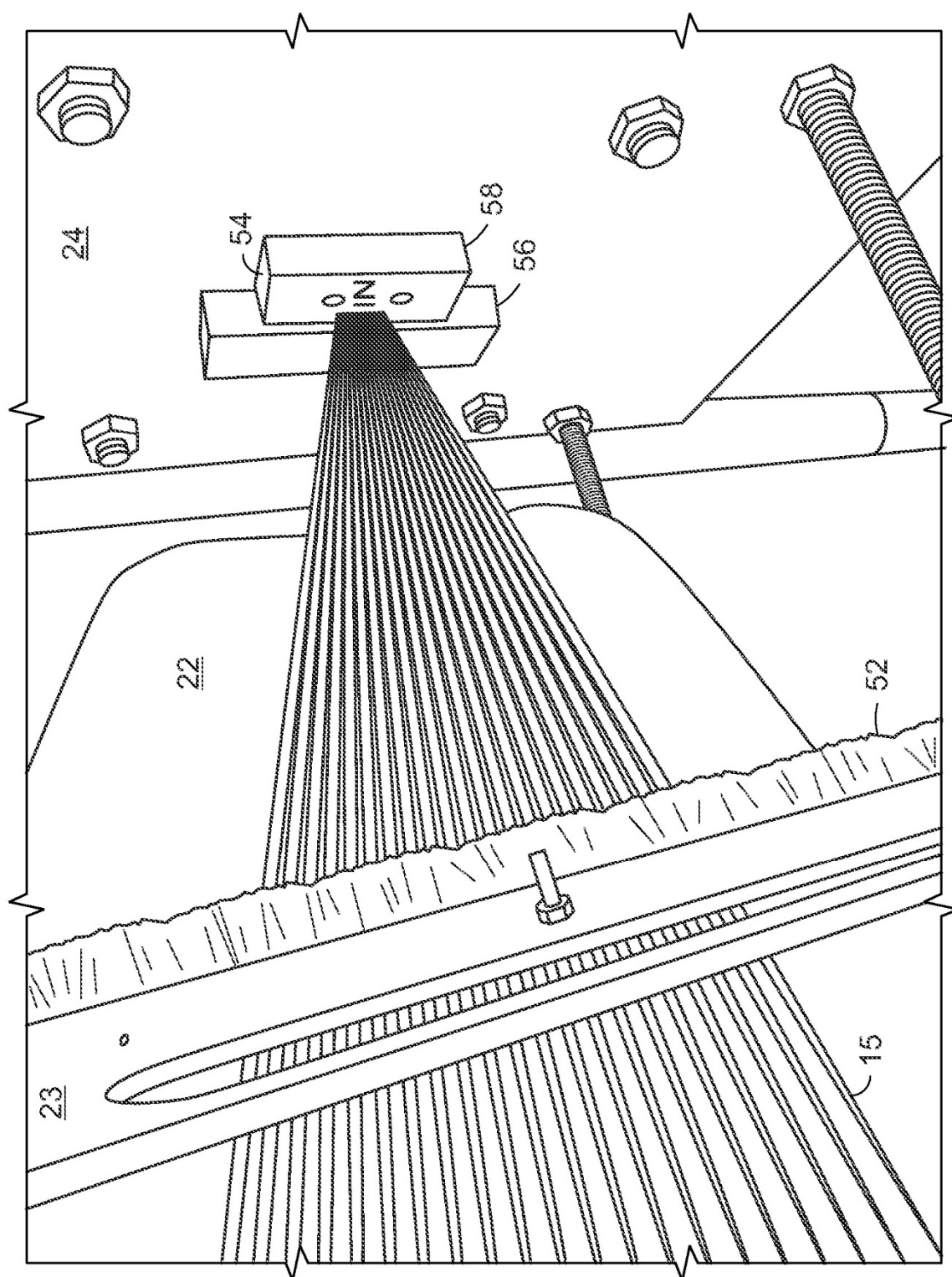
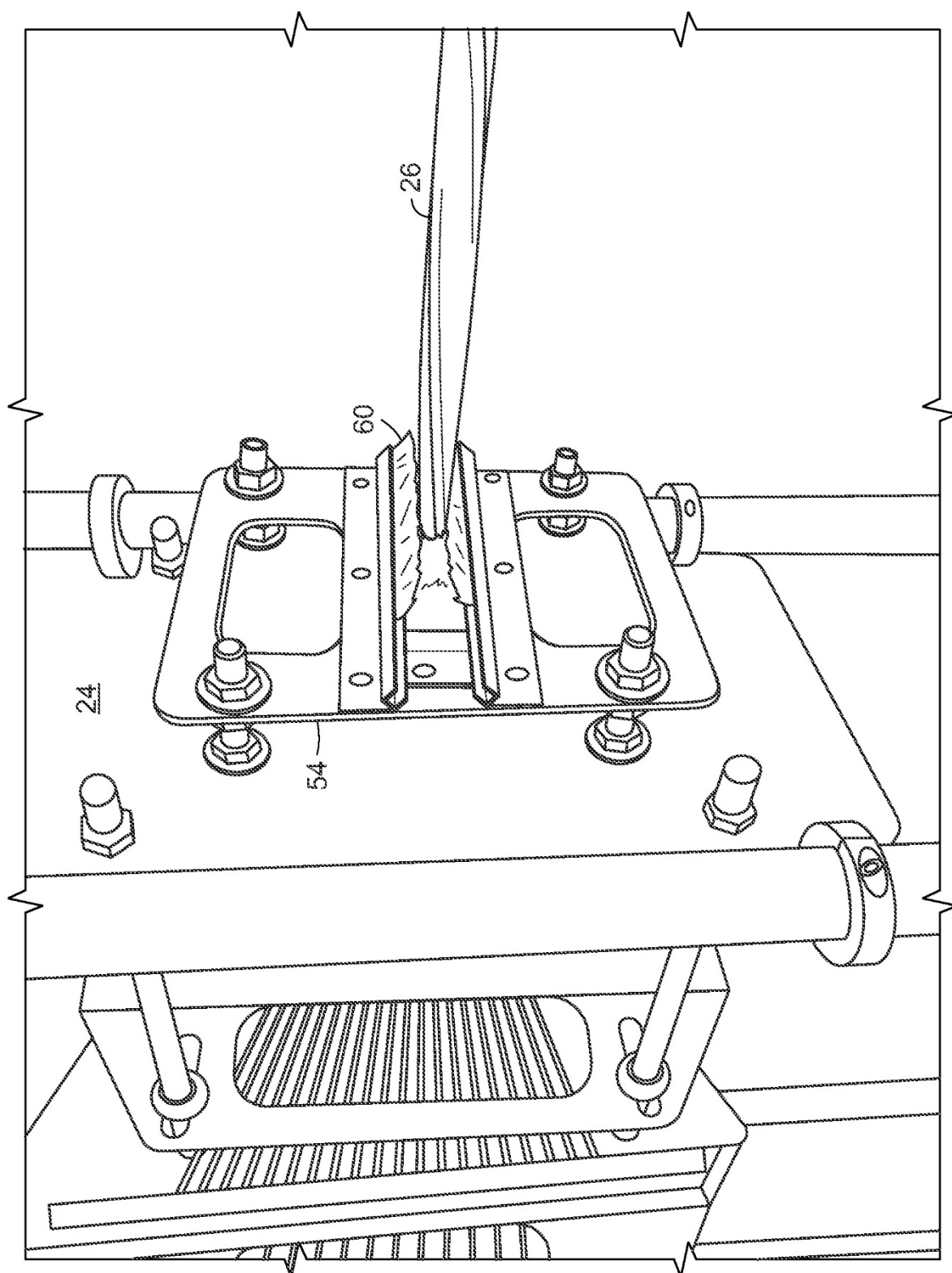


FIG. 3

FIG. 4



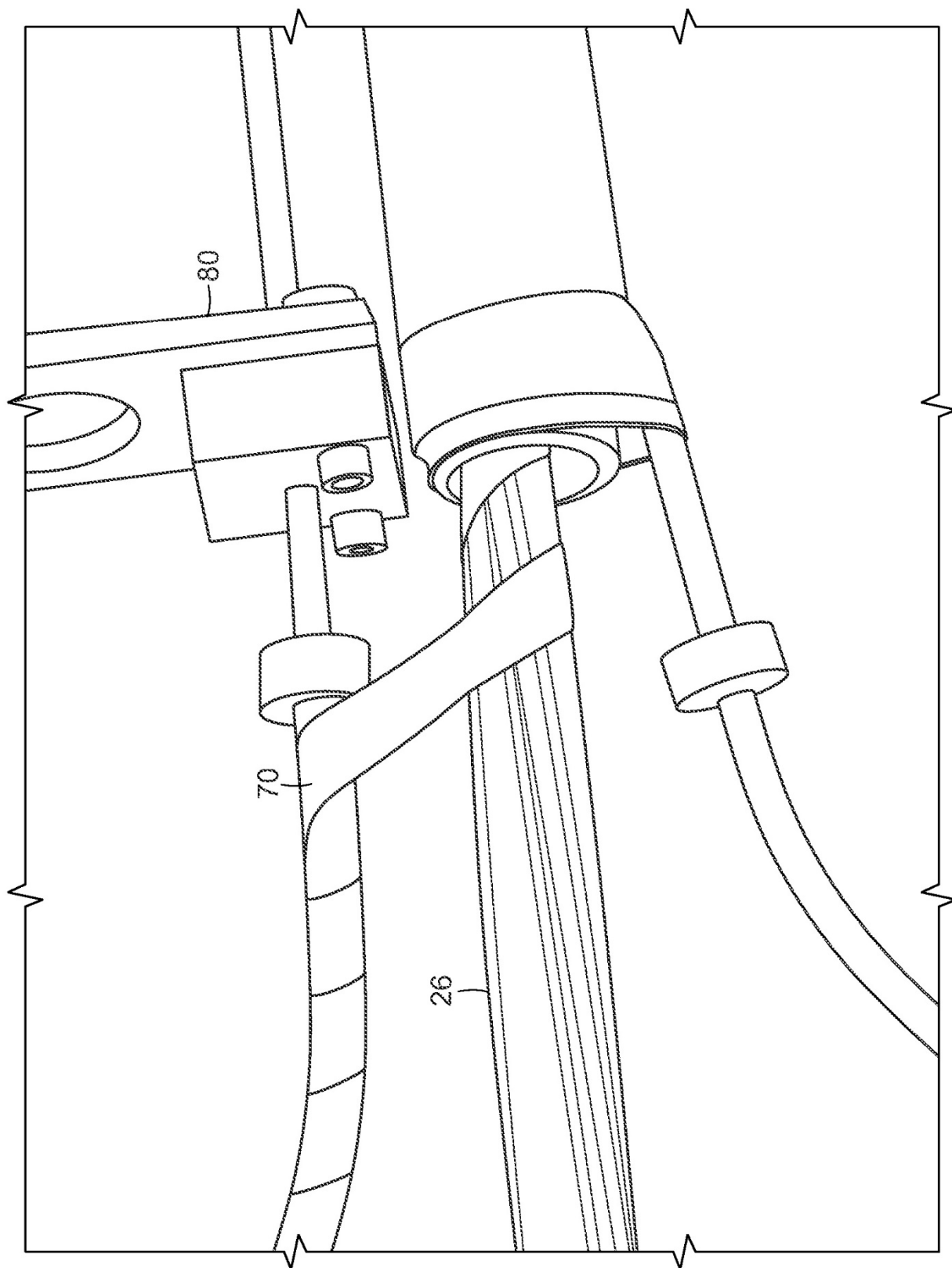


FIG. 5