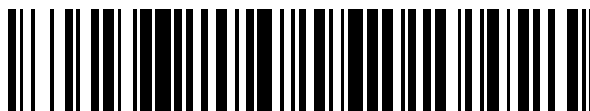


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 688 229**

51 Int. Cl.:

G01M 13/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.08.2010 PCT/US2010/044113**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.02.2011 WO11014870**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.08.2010 E 10742377 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.07.2018 EP 2742333**

54 Título: **Montaje de ensayo del tren de accionamiento de una turbina eólica**

30 Prioridad:

31.07.2009 US 230318 P

19.10.2009 US 252884 P

19.02.2010 US 306160 P

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

31.10.2018

73 Titular/es:

MTS SYSTEMS CORPORATION (100.0%)

14000 Technology Drive

Eden Prairie, MN 55344-2290

72 Inventor/es:

BUSHEY, JOHN, A.;

GRAM, MARTIN, M.;

WARNER, JAY, S.;

MESTENHAUSER, ZDENEK y

ORANGE, ROBERT, J.

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 688 229 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

Montaje de ensayo del tren de accionamiento de una turbina eólica

5 **Antecedentes**

La figura 1 ilustra esquemáticamente un montaje de turbina eólica 10 y un sistema de coordenadas del buje usado para definir las fuerzas y momentos experimentados por el montaje de turbina eólica 10. Se someterá al montaje de la turbina eólica 10 a diversas cargas (fuerzas y momentos) cuando está en operación, por ejemplo pero sin limitarse a una diferencia en las velocidades del viento entre el viento por encima del montaje de la turbina eólica y el viento más próximo a la superficie de tierra/agua así como diversas formas de ráfagas de viento. Las fuerzas y momentos pueden definirse con respecto a tres ejes ortogonales (X, Y y Z) como una fuerza axial F_x , fuerzas radiales F_y , F_z , par del árbol M_x , y momentos alrededor de los ejes radiales ortogonales al eje del árbol, es decir M_y , M_z . Estas cargas son típicamente de diferentes magnitudes y diferentes frecuencias, pero se aplican simultáneamente al montaje de la turbina eólica 10.

El documento WO 2007/144003 divulga un banco de ensayo para una turbina eólica, que aplica cargas axiales y radiales a un árbol de entrada.

20 **Sumario**

En una primera realización un montaje de ensayo incluye un impulsor principal y un montaje actuador que tiene un extremo configurado para fijarse a un árbol de muestra de ensayo de una muestra de ensayo, en donde el montaje actuador también incluye un árbol. Se configura una primera pluralidad de apoyos hidráulicos para soportar el árbol del montaje actuador para rotación. Se conecta un acoplamiento de transferencia de par al impulsor principal y al montaje actuador.

En una segunda realización un montaje de ensayo incluye un impulsor principal y un montaje actuador que tiene un extremo configurado para fijarse a un árbol de muestra de ensayo de una muestra de ensayo, teniendo el montaje actuador también un árbol. El árbol del montaje actuador tiene una superficie circunferencial y primera y segunda superficies anulares que se disponen en planos dispuestos para intersectar con un eje de rotación del árbol. Se configura una primera pluralidad de apoyos hidráulicos para soportar el árbol para rotación alrededor del eje de rotación. Se configura una segunda pluralidad de apoyos hidráulicos para acoplar con la primera superficie anular, mientras se configura una tercera pluralidad de apoyos hidráulicos para acoplar con la segunda superficie anular.

El primer y segundo montajes de ensayo pueden incluir una o más de las siguientes características. Por ejemplo, el montaje actuador puede incluir una estructura de soporte para soportar cada uno de los apoyos hidráulicos y actuadores conectados a la estructura de soporte y dispuestos para aplicar fuerzas y/o momentos al árbol de entrada. En otra realización, los apoyos hidráulicos pueden comprender una pluralidad de montajes de elementos de apoyo dispuestos circunferencialmente alrededor del árbol. Si se desea, cada montaje de elementos de apoyo puede comprender un montaje de pistón y cilindro.

El montaje de ensayo puede comprender adicionalmente una pluralidad de sensores configurados para medir la presión del fluido en al menos algunos de los apoyos hidráulicos.

Puede proporcionarse una fuente de potencia hidráulica y acoplarse a cada uno de los apoyos hidráulicos para aplicar fluido presurizado. Puede configurarse un controlador para proporcionar señales de control para presurizar selectivamente los apoyos hidráulicos. Si se desea, los sensores de presión pueden configurarse para proporcionar señales de entrada al controlador y el controlador puede configurarse para evaluar la (las) fuerza(s) y/o momento(s) aplicado(s) al árbol. Por ejemplo, el controlador puede configurarse para evaluar las fuerzas a lo largo de un eje de rotación del árbol y fuerzas a lo largo de dos ejes mutuamente ortogonales entre sí y al eje de rotación, y momentos alrededor de los dos ejes.

El montaje actuador puede configurarse para aplicar diversas fuerzas y/o momentos en hasta 5 grados de libertad con respecto a un sistema de coordenadas ortogonal en el que un eje corresponde al eje de rotación del árbol y con la finalidad de definir los 5 grados de libertad, la rotación alrededor del eje de rotación no comprende uno de los grados de libertad. Por ejemplo, en una realización, la primera pluralidad de apoyos hidráulicos comprende un primer conjunto de apoyos hidráulicos circunferencialmente espaciados alrededor del árbol y un segundo conjunto de apoyos hidráulicos circunferencialmente espaciados alrededor del árbol, en donde el segundo conjunto de apoyos hidráulicos están separados axialmente del primer conjunto de apoyos hidráulicos sobre el árbol. Cada uno de los conjuntos de apoyos hidráulicos se configura para aplicar una primera fuerza lateral ortogonal al eje de rotación y/o una segunda fuerza lateral ortogonal al eje de rotación, y en el que el controlador se configura para proporcionar señales de control para presurizar selectivamente el primer y segundo conjuntos de apoyos hidráulicos de modo que se aplique un primer momento al árbol alrededor de un primer eje ortogonal al eje de rotación del árbol. Si se desea, el controlador se configura para proporcionar señales de control para presurizar selectivamente la primera pluralidad de apoyos hidráulicos de modo que aplique un segundo momento al árbol alrededor de un segundo eje ortogonal al

eje de rotación del árbol y ortogonal al primer eje.

En otra realización, el montaje actuador incluye una estructura de soporte configurada para soportar una segunda pluralidad de apoyos hidráulicos de modo que se aplique una fuerza axial al árbol, y en el que adicionalmente el montaje de ensayo puede comprender además una fuente de potencia hidráulica acoplada operativamente a cada uno de los apoyos hidráulicos para aplicar fluido presurizado. Se configura un controlador para proporcionar, señales de control para presurizar selectivamente la segunda pluralidad de apoyos hidráulicos de modo que apliquen al menos una fuerza axial al árbol en una primera dirección axial.

El árbol puede incluir una amplia variedad de superficies anulares sobre las que pueden acoplarse los apoyos hidráulicos. Por ejemplo, el árbol puede incluir una primera superficie anular alrededor del eje de rotación del árbol, y en el que la primera pluralidad de apoyos hidráulicos se configura para acoplar una parte de la primera superficie anular que es ortogonal u oblicua al eje de rotación del árbol. El árbol puede incluir también una segunda superficie anular. Una segunda pluralidad de apoyos hidráulicos puede acoplarse a una parte de la segunda superficie anular que es ortogonal u oblicua al eje de rotación del árbol. El controlador puede configurarse para proporcionar señales de control para presurizar selectivamente la segunda pluralidad de apoyos hidráulicos de modo que se aplique al menos una segunda fuerza axial al árbol en una segunda dirección axial opuesta a la primera dirección axial. En diversas realizaciones, la primera superficie anular puede mirar o mirar en general a la segunda superficie anular. Asimismo, la primera superficie anular y la segunda superficie anular pueden mirar o mirar en general en direcciones opuestas. En una realización, la primera superficie anular y la segunda superficie anular pueden extenderse radialmente más allá de una superficie cilíndrica exterior del árbol usado para soportar el árbol para rotación, o formarse mediante una ranura circunferencial.

Otra realización de la invención es una transferencia de par por sí misma y en combinación con cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente. El acoplamiento de transferencia de par incluye un árbol y un primer y segundo conjuntos de dispositivos hidráulicos. Cada dispositivo hidráulico del primer conjunto de dispositivos hidráulicos tiene un primer extremo operativamente conectado a un primer extremo del árbol, en el que los dispositivos hidráulicos del primer conjunto de dispositivos hidráulicos se disponen alrededor de un eje del árbol. Cada dispositivo hidráulico del segundo conjunto de dispositivos hidráulicos tiene un primer extremo operativamente conectado a un segundo extremo del árbol, y en el que los dispositivos hidráulicos del segundo conjunto de dispositivos hidráulicos se disponen alrededor del eje del árbol. Cada dispositivo hidráulico puede incluir un montaje de pistón y cilindro en el que la extensión y retracción de cada pistón de cada dispositivo hidráulico es generalmente tangencial a una parte de un círculo que rodea al árbol.

En una realización, el acoplamiento de transferencia de par incluye adicionalmente un primer elemento acoplado al primer extremo del árbol y un segundo elemento acoplado al segundo extremo del árbol, en el que cada uno de un extremo del primer elemento, un extremo del segundo elemento, el primer extremo del árbol y el segundo extremo del árbol incluyen superficies extendidas axialmente dispuestas circunferencialmente alrededor de un eje de rotación respectivo. Las superficies del primer extremo del árbol se disponen entre superficies del primer elemento y en el que cada dispositivo hidráulico del primer conjunto de dispositivos hidráulicos se dispone entre superficies enfrentadas opuestas del primer elemento y del primer extremo del árbol de entrada, y en el que las superficies del segundo extremo del árbol se disponen entre superficies del segundo elemento y en el que cada dispositivo hidráulico del segundo conjunto de dispositivos hidráulicos se dispone entre superficies enfrentadas opuestas del segundo elemento y del segundo extremo del árbol de entrada. Si se desea, se forman superficies que se extienden axialmente a partir de ranuras dispuestas circunferencialmente alrededor de uno de entre el primer extremo del árbol y el extremo del primer elemento, y de la misma manera alrededor de uno de entre el segundo extremo del árbol y el extremo del segundo elemento.

En una realización, cada uno de los dispositivos hidráulicos comprende un montaje de apoyo hidráulico. En otra realización, cada uno de los dispositivos hidráulicos es de acción simple que tiene una extensión bajo presión en una dirección. En tal caso, si se desea, los sucesivos dispositivos hidráulicos de cada uno del primer conjunto de dispositivos hidráulicos y del segundo conjunto de dispositivos hidráulicos operan en direcciones opuestas. En otra realización, cada uno de los dispositivos hidráulicos es de doble acción teniendo extensiones y retracciones bajo la presión en direcciones opuestas.

Si se desea, el acoplamiento de transferencia de par puede comprender un elemento configurado para limitar el desplazamiento axial del primer extremo del árbol desde el extremo del primer elemento.

Puede configurarse una fuente de potencia para proporcionar fluido para operar cada uno de los dispositivos hidráulicos, mientras puede configurarse un controlador para controlar la fuente de potencia. Si se desea, el controlador se configura para operar los dispositivos hidráulicos para controlar la rigidez y/o amortiguación del acoplamiento de transferencia de par.

En otra realización de la invención, se proporciona un método de transferencia del par desde un primer elemento a un segundo elemento. El método incluye conectar un primer conjunto de dispositivos hidráulicos al primer elemento y a un árbol, en el que cada dispositivo hidráulico del primer conjunto de dispositivos hidráulicos tiene un primer

extremo operativamente conectado a un primer extremo del árbol y tiene un segundo extremo operativamente conectado al primer elemento, en el que los dispositivos hidráulicos del primer conjunto de dispositivos hidráulicos se disponen alrededor de un eje del árbol; conectar un segundo conjunto de dispositivos hidráulicos al segundo elemento y al árbol, en el que cada dispositivo hidráulico del segundo conjunto de dispositivos hidráulicos tiene un primer extremo operativamente conectado a un segundo extremo del árbol y tiene un segundo extremo operativamente conectado al segundo elemento, en el que los dispositivos hidráulicos del segundo conjunto de dispositivos hidráulicos se disponen alrededor de un eje del árbol; y operar cada uno de los dispositivos hidráulicos de modo que transfieran el par desde el primer elemento al segundo elemento. Si se desea, la operación puede incluir operar cada uno de los dispositivos hidráulicos de modo que transfieran el par desde el primer elemento al segundo elemento mientras mantienen una orientación seleccionada del eje de rotación del primer elemento con relación a un eje de rotación del árbol. Además, si se desea, la operación puede incluir la operación de cada uno de los dispositivos hidráulicos de modo que transfieran par desde el primer elemento al segundo elemento mientras controlan la rigidez y/o amortiguación.

En otra realización de la invención, se proporciona un método para aplicar cargas de fuerza y momento a una muestra de ensayo. El método incluye la operación de un montaje actuador para aplicar cargas de fuerza y/o momento a un extremo de un árbol de un montaje de turbina eólica mientras el árbol del montaje de turbina eólica está rotando, teniendo el montaje actuador un árbol soportado para rotación por apoyos hidráulicos; funcionando los apoyos hidráulicos para permitir la rotación del árbol del montaje actuador; y aplicar un par al acoplamiento de transferencia de par que se conecta al árbol del montaje actuador. Si el acoplamiento de transferencia de par comprende una pluralidad de dispositivos hidráulicos, el método puede incluir además la operación de los dispositivos hidráulicos para transferir par al árbol del montaje actuador mientras un eje de árbol del montaje actuador se mueve con cinco grados de libertad con relación a un eje de rotación del acoplamiento de transferencia de par. Aunque no ha de considerarse limitativo, el método es particularmente ventajoso cuando se usa para el ensayo de un montaje de turbina eólica.

Otra realización de la invención, es un apoyo elastomérico que incluye una primera superficie de soporte; una carcasa que tiene una segunda superficie de soporte y paredes que forman una superficie interior; una placa de soporte rígido; una primera parte que comprende capas laminadas alternas de material elastomérico y capas de soporte, unida la primera parte a la primera superficie de soporte y a la placa de soporte rígido; y una segunda parte que comprende un material elastomérico unido a la placa de soporte rígido y dispuesto en la carcasa, de la que al menos una parte está rodeada por las paredes.

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es una vista esquemática de las cargas presentes en un montaje de turbina eólica.

La Fig. 2 es una vista en perspectiva de un montaje de ensayo para ensayar un par de montajes de turbina eólica.

La Fig. 3 es una vista en planta superior de una parte del montaje de ensayo de la Fig. 2.

La Fig. 4 es una vista en alzado de una parte del montaje de ensayo de la Fig. 2.

La Fig. 5 es una vista en alzado de una parte del montaje de ensayo de la Fig. 2.

La Fig. 5A es una vista en perspectiva de otro montaje de ensayo.

La Fig. 5B es una vista en alzado del montaje de ensayo de la Fig. 5A.

La Fig. 6 es una ilustración esquemática de otro montaje de ensayo.

La Fig. 7 es una vista en alzado frontal del montaje de ensayo de la Fig. 6.

La Fig. 8 es una ilustración esquemática de un montaje de apoyo hidráulico.

La Fig. 9 es una ilustración esquemática de dos conjuntos de montajes de apoyo hidráulico para el control de la rotación de un árbol.

La Fig. 10 es una ilustración esquemática de una pluralidad de montajes de apoyo hidráulico usados para el control de una posición de un árbol en rotación.

La Fig. 11 es una ilustración esquemática de una pluralidad de montajes de apoyo hidráulico.

La Fig. 12 es una ilustración esquemática de un acoplamiento de transferencia de par.

La Fig. 13 es una vista en perspectiva de otro montaje de ensayo.

La Fig. 14 es una vista en alzado del montaje de ensayo de la Fig. 13.

La Fig. 15 es una vista en perspectiva de otro montaje de ensayo y acoplamiento de transferencia de par.

5 La Fig. 16 es una vista en perspectiva de otro montaje de ensayo y acoplamiento de transferencia de par.

La Fig. 17 es una vista en sección del montaje de ensayo de la Fig. 16.

La Fig. 18 es una vista en planta superior de una parte del montaje de ensayo de la Fig. 16.

10 La Fig. 19 es una vista en planta superior del montaje de ensayo de la Fig. 16.

La Fig. 20 es una vista en perspectiva del acoplamiento de transferencia de par de la Fig. 16.

15 La Fig. 21A es una ilustración esquemática de otro montaje de ensayo.

La Fig. 21B es una vista en sección del montaje de ensayo tomada a lo largo de las líneas 21B-21B en la Fig. 21A.

La Fig. 21C es una vista en alzado del montaje de ensayo de la Fig. 21A con partes retiradas.

20 La Fig. 22A es una ilustración esquemática de otro montaje de ensayo.

La Fig. 22B es una vista en sección del montaje de ensayo tomada a lo largo de las líneas 22B-22B en la Fig. 22A.

25 La Fig. 22C es una vista en alzado del montaje de ensayo de la Fig. 22A con partes retiradas.

La Fig. 23A es una ilustración esquemática de otro montaje de ensayo.

La Fig. 23B es una vista en sección del montaje de ensayo tomada a lo largo de las líneas 23B-23B en la Fig. 23A.

30 La Fig. 23C es una vista en alzado del montaje de ensayo de la Fig. 23A con partes retiradas.

La Fig. 24A es una ilustración esquemática de otro montaje de ensayo.

35 La Fig. 24B es una vista en sección del montaje de ensayo tomada a lo largo de las líneas 24B-24B en la Fig. 24A.

La Fig. 24C es una vista en alzado del montaje de ensayo de la Fig. 24A con partes retiradas.

La Fig. 25 es una vista del extremo de otro acoplamiento de transferencia de par.

40 La Fig. 26 es una vista en sección del acoplamiento de transferencia de par tomada a lo largo de las líneas 26 - 26 en la Fig. 25.

La Fig. 27 es una vista en sección ampliada de una parte del acoplamiento de transferencia de par de la Fig. 25.

45 La Fig. 28 es una vista en sección ampliada de una parte del acoplamiento de transferencia de par de la Fig. 25.

La Fig. 29 es una ilustración esquemática de un apoyo elastomérico.

50 Descripción detallada de realizaciones ilustrativas

Las Figs. 2-8 ilustran una primera realización de un montaje de ensayo 21 para el ensayo de una muestra de ensayo tal como pero sin limitarse a, un montaje de turbina eólica 22 mediante la aplicación de cargas de fuerza y/o momentos seleccionadas tal como se ha descrito anteriormente al montaje de turbina eólica 22. El montaje de ensayo 21 puede usarse para simular o medir cargas de fuerza y/o momentos (que incluyen par sobre un árbol en rotación del montaje de turbina 22) comúnmente experimentados por el montaje de turbina eólica 22 en la operación normal y/o usados para evaluar los límites de carga de un diseño del montaje de turbina eólica.

60 El montaje de turbina eólica 22 bajo ensayo incluye típicamente un tren de accionamiento compuesto por una caja de engranajes 24, un generador 26 opcional, y un árbol de baja velocidad (LSS) con apoyos. Un extremo de la caja de engranajes 24, que puede comprender una parte del buje, o acoplada a un buje, o acoplada a través del árbol de baja velocidad, se acopla al montaje de ensayo 21. El montaje de ensayo 21 acciona o rota el tren de accionamiento mientras aplica también cargas de fuerza y/o momento/par al extremo del tren de accionamiento. Por lo general, el montaje de ensayo 21 incluye un impulsor principal 28 tal como pero sin limitarse a un motor eléctrico o hidráulico con una caja de engranajes opcional para obtener las rotaciones por minuto y par deseados. El impulsor principal 28 se conecta a un acoplamiento de transferencia de par 30 que a su vez se acopla a un árbol de entrada 32, o forma

parte del mismo. El árbol de entrada 32 se conecta al extremo del tren de accionamiento de forma rígida para transferir par y fuerzas al mismo. Se usa un montaje actuador 34 para aplicar fuerzas y/o momentos al árbol de entrada 32. El acoplamiento de transferencia de par 30 transfiere par de accionamiento desde el impulsor principal 28 al montaje actuador 34, en tanto que aún permite el movimiento del montaje actuador 34 y/o el montaje de turbina eólica 22.

En cuanto a las figuras 6-7, el árbol de entrada 32 está soportado para rotación sobre los montajes de apoyos hidráulicos 40 y 42 en localizaciones separadas a lo largo del eje de rotación del árbol de entrada 32. En la realización ilustrada, los apoyos hidrostáticos (apoyos hidrostáticos alimentados a presión) se describen en el presente documento mediante ejemplo y se mencionarán a continuación. Sin embargo, debería entenderse que pueden usarse otras formas de apoyos hidráulicos tales como, pero sin limitarse a, apoyos sellados de presión equilibrada, apoyos hidrodinámicos, apoyos de rodamientos esféricos, etc.

En la realización de ejemplo, los montajes de apoyo hidráulico (por ejemplo hidrostáticos) 40, 42 son montajes de elementos de apoyo 44 circunferencialmente espaciados o segmentados alrededor de la superficie (por ejemplo la superficie exterior) del árbol de entrada 32. La Fig. 8 ilustra un montaje de elementos de apoyo 44 en detalle. El montaje de elementos de apoyo 44 incluye una plataforma hidrostática 46 soportada por un actuador 48. En la realización de ejemplo ilustrada, el actuador 48 comprende un actuador de fluido que tiene un pistón 50 movable en un cilindro 52. Si se desea, puede proporcionarse un resorte interno 53 de precarga y conectarse operativamente el pistón 50 y cilindro 52. El pistón 50 soporta la plataforma hidrostática 46. La plataforma hidrostática 46 soporta el árbol de entrada 32 mientras rota sobre una película delgada de fluido proporcionado a la plataforma 46 desde una vía de paso de restricción de flujo 56 que se extiende a través del pistón 50. La vía de paso 56 se extiende típicamente dentro de la cámara del cilindro 52. Cada cilindro 52 se conecta a un collar de soporte o carcasa 58. Una estructura de soporte exterior tal como un tubo 60 (Fig. 6) une los collares de soporte 58 conjuntamente.

También se proporciona un apoyo de empuje 62 para el árbol de entrada 32. El apoyo de empuje 62 soporta las cargas axiales y controla el movimiento axial del árbol de entrada 32. El apoyo de empuje 62 puede tomar numerosas formas. En una realización ventajosa que tiene baja fricción, el apoyo de empuje 62 también comprende un montaje hidrostático segmentado con montajes de elementos de apoyo 64 (dos de los cuales se ilustran en la Fig. 6) dispuestos circunferencialmente alrededor del eje del árbol de entrada 32. Cada montaje de elementos de apoyo 64 se construye de una forma similar al montaje de apoyo 44 con actuadores pistón/cilindro, en los que una primera pluralidad de montajes de elementos de apoyo 64A incluyen plataformas hidrostáticas configuradas para enfrentarse a una superficie anular 66A y aplicar fuerza en una primera dirección axial a lo largo del árbol 32, mientras que una segunda pluralidad de montajes de elementos de apoyo 64B incluyen plataformas hidrostáticas configuradas para enfrentarse a una superficie anular 66B y aplicar fuerza en una segunda dirección axial (opuesta a la primera dirección axial) a lo largo del árbol 32, estando cada una de las superficies anulares 66A y 66B alrededor del árbol 32 y en un plano ortogonal al eje de rotación del árbol 32, en el que las superficies anulares miran en direcciones opuestas, en este caso una hacia la otra. Los montajes de pistón/cilindro de los montajes de apoyo 64A y 64B se configuran para reaccionar con fuerzas axiales a un collar de soporte 68. El collar de soporte 68 puede sujetarse de modo fijo al collar de soporte 58 con una estructura de soporte tal como el tubo 70.

Un controlador 80 ilustrado en la Fig. 6 proporciona señales de control 82 a una fuente de potencia hidráulica 83 (por ejemplo bomba, acumuladores, servo válvulas, etc.) que a su vez se acoplan para fluidos a cada montaje de elementos de apoyo 44 y 64 de modo que mantengan la posición del árbol de entrada 32 en la posición apropiada a pesar de las cargas aplicadas a través del montaje actuador 34 explicado a continuación así como de las deflexiones de la estructura de soporte 58, 68, etc. permitiendo de ese modo que la estructura de soporte sea menos rígida y por ello más barata.

El controlador 80 puede recibir señales de entrada 84 indicativas de parámetros (por ejemplo la posición) del árbol 32 de entrada cuando rota a partir de sensores 85 adecuados (por ejemplo desplazamiento) y operar en un control en bucle cerrado para mantener la posición deseada del árbol de entrada 32. Pueden proporcionarse también sensores de presión (no mostrados) y acoplados operativamente para medir presiones dentro de algunos o de todos los montajes pistón/cilindro en los montajes de elementos de apoyo 44 y 64. Pueden proporcionarse señales desde los sensores de presión al controlador 80 como señales de entrada 86. El controlador 80 usa las señales de entrada 86 para evaluar las fuerzas y momentos/par aplicados al árbol 32. La extensión y retracción de algunos o de todos los montajes de elementos de apoyo 44 y 64 puede supervisarse con sensores y proporcionarse como entradas al controlador 80, si se desea, por ejemplo para controlar la operación de cada uno de los montajes de elementos de apoyo 44 y 64.

En la realización ilustrada en las Figs. 2-7, el montaje actuador 34 incluye una pluralidad de actuadores 90 agrupados en conjuntos 90A, 90B y 90C, estando cada uno de los conjuntos 90A, 90B y 90C separados entre sí a lo largo del eje del árbol de entrada 32. Con referencia a la Fig. 6, se dispone un primer conjunto de actuadores 90A en un primer extremo del árbol 32, por ejemplo conectado al collar de soporte 58 del apoyo 40, mientras se dispone un segundo conjunto de actuadores 90B y un tercer conjunto de actuadores 90C en un extremo del árbol 32 opuesto al del primer conjunto 90A, por ejemplo conectados al collar de soporte 58 del apoyo 42 y/o collar de soporte 68. El conjunto 90A incluye al menos dos actuadores 100A y 100B (Fig. 7) radialmente espaciados entre sí alrededor del

eje del árbol 32. Como se ilustra, pueden proporcionarse actuadores adicionales esencialmente en paralelo a cada uno de los actuadores 100A y 100B, dependiendo de la cantidad de fuerza que necesita aplicarse. Los actuadores de los conjuntos 90B y 90C se orientan de una manera similar al del conjunto 90A en la que al menos dos actuadores están radialmente separados entre sí alrededor del eje del árbol 32. Sin embargo, los actuadores de los conjuntos 90B y 90C también se orientan oblicuamente al eje del árbol 32 (en lugar de ortogonales como en el conjunto 90A) de modo que pueda aplicarse selectivamente una fuerza axial (F_x) al árbol 32. El controlador 80 proporciona señales de control a la fuente de potencia hidráulica 83 (aunque puede proporcionarse una fuente de potencia hidráulica separada) de modo que accione los actuadores de los conjuntos 90A, 90B y 90C y genere una fuerza axial F_x , fuerzas radiales F_y , F_z , y momentos alrededor de los ejes radiales ortogonales al eje del árbol, es decir M_y , M_z según se desee incluyendo dos o más cargas (fuerzas y/o momentos) simultáneamente.

Debería observarse que la configuración de los actuadores 90 descrita e ilustrada en el presente documento no debería interpretarse como limitativa, sino por el contrario como una realización ejemplar en la que son posibles otras configuraciones. Por ejemplo, Las Figs. 5A y 5B ilustran otra realización 21' en la que el montaje actuador 34' comprende conjuntos 90A', 90B' y 90C'. En particular, el conjunto 90A' comprende justamente actuadores 100A y 100B, mientras que los conjuntos 90B' y 90C' comprenden pares de actuadores funcionando en paralelo en lugar de grupos de tres actuadores funcionando en paralelo.

Se ilustra otra realización de un montaje actuador 200 en la Fig. 9. El montaje actuador 200 es diferente del montaje actuador 34 en que se omiten algunos si no todos los actuadores externos 90. En esta realización, las cargas de fuerza y/o momentos seleccionadas se generan a partir de los montajes de elementos de apoyo 44 y/o 64 (no mostrados en la Fig. 9 pero similares a los ilustrados en la Fig. 6), que se construyen de forma similar a la descrita anteriormente; sin embargo, el trayecto o recorrido de cada uno de los montajes pistón/cilindro se considera más largo. Por ejemplo, en una realización, el trayecto de los montajes pistón/cilindro está en el intervalo de 5,08-7,62 cm. En una realización adicional, el trayecto de los montajes pistón/cilindro está en el intervalo de 7,62-12,7 cm. En otra realización adicional, el trayecto de los montajes pistón/cilindro es 12,7 cm o más. La Fig. 10 ilustra esquemáticamente un conjunto de montajes de elementos de apoyo 44 que controlan la posición de un árbol a estar en una posición centrada como se indica por el círculo 202 o en una posición desviada como se indica por el círculo 204. La Fig. 11 ilustra conexiones de fluido hidráulico a los montajes de elementos de apoyo 44 de modo que controlen la posición del árbol 32. En particular, los montajes de elementos de apoyo 44 pueden controlarse hidráulicamente en conjuntos opuestos, en el presente documento a modo de ejemplo cuatro conjuntos; sin embargo, pueden implementarse más o menos conjuntos, o incluso el control individual de cada montaje de elementos de apoyo 44.

Haciendo referencia de nuevo a la Fig. 9, en esta realización, los collares de soporte 58 se sujetan de modo fijo a la base adecuada (no mostrada). El controlador 80 proporciona señales de control 102 a la fuente de potencia hidráulica 83 de modo que accione los montajes pistón/cilindro de los montajes de elementos de apoyo 44 y 64 del montaje actuador 200 para generar una fuerza (empuje) axial F_x , fuerzas (cortantes) radiales F_y , F_z , y momentos alrededor de los ejes radiales ortogonales al eje del árbol, es decir M_y , M_z , según se desee incluyendo dos o más cargas (fuerzas y/o momentos) simultáneamente.

Pueden proporcionarse sensores de posición 85 (esquemáticamente ilustrados) según sea necesario para supervisar la posición del árbol 32 y proporcionar las señales de entrada correspondientes al controlador 80 para realimentación de posición. La realimentación de posición puede proporcionarse también con sensores adecuados que miden la relación pistón/cilindro de una pluralidad si no todos los montajes de elementos de apoyo 44 y 64. Tal y como se ha descrito anteriormente, pueden proporcionarse también sensores de presión (no mostrados) y acoplados operativamente para medir presiones dentro de algunos o de todos los montajes pistón/cilindro en los montajes de elementos de apoyo 44 y 64. Pueden proporcionarse señales desde los sensores de presión al controlador 80 como señales de entrada 86. El controlador 80 puede usar las señales de entrada 86 para evaluar las fuerzas y momentos/par aplicados al árbol 32.

Aunque ilustrado en la Fig. 9, en donde los collares de soporte 58 o carcasa se sujetan rígidamente a la base, en otra realización más, pueden usarse actuadores externos tales como los actuadores 90 descritos anteriormente en combinación con los montajes de elementos de apoyo de largo recorrido 44 y 64 recién descritos para impartir carga(s) adicional(es) en uno o más grados de libertad en combinación con cargas generadas por los montajes de elementos de apoyo 44 y 64.

Las Figs. 15-19 ilustran otra realización de un montaje actuador 250 que tiene dos pluralidades de montajes de apoyos hidráulicos (por ejemplo hidrostáticos) 252 y 254, estando cada uno de la pluralidad de montajes de apoyo hidráulico 252, 254 circunferencialmente espaciado alrededor de la superficie (por ejemplo la superficie exterior) del árbol de entrada 32. Sin embargo, en esta realización, Los montajes de apoyos hidráulicos en cada pluralidad 252, 254 se agrupan en conjuntos (por ejemplo conjuntos 252A, 252B, 252C y 252D y en donde se agrupan de modo similar la pluralidad 254), actuando cada conjunto sobre una zapata común 256, que a su vez, actúa sobre la superficie de un árbol tal como el árbol de entrada 32. En la realización ilustrada, cada conjunto comprende dos montajes de apoyos hidráulicos 258; sin embargo, esto no debería considerarse requerido o limitativo en el que uno o más montajes de apoyos hidráulicos puede proporcionarse para cada zapata 256. Como en la realización previa,

los conjuntos pueden controlarse hidráulicamente en conjuntos opuestos, en el presente documento a modo de ejemplo cuatro conjuntos; sin embargo, pueden usarse más conjuntos. Además, dependiendo de las cargas deseadas a ser aplicadas, el número de montajes de apoyos hidráulicos que actúa sobre cada zapata 256 puede variar, aunque el número de montajes de apoyos hidráulicos para cada zapata 256 en cada conjunto compuesto es típicamente el mismo. Cada zapata incluye plataformas hidrostáticas 260 que soportan el árbol de entrada 32 mientras rota sobre una película delgada de fluido proporcionado a cada plataforma desde una vía de paso de restricción de flujo que se extiende a través de la zapata. Los montajes de apoyo hidráulico 258 de cada zapata 256 pueden configurarse de modo que las plataformas hidrostáticas 257 y películas delgadas correspondientes estén operando sobre la superficie de la zapata 256, o como se ha ilustrado, sobre una superficie de una estructura de soporte 264 tal como un collar de soporte 266 correspondiente del mismo.

Si se desea tal como se ilustra, cada zapata 256 puede configurarse además de modo que se opere como un apoyo de empuje que actúa sobre superficies anulares 270, 272 en cada extremo del árbol de entrada 32. Como con las plataformas hidrostáticas radialmente orientadas 260, las plataformas hidrostáticas 274 sobre la superficie lateral de cada zapata 256 soportan el árbol de entrada 32 a través de la superficie anular mientras rota sobre una película delgada de fluido proporcionado a cada plataforma 274 desde una vía de paso de restricción del flujo que se extiende a través de la zapata 256. Un montaje o montajes de apoyo hidráulico 280, tal como se ilustra, proporcionan fuerza axial sobre el árbol de entrada 32 a través de las superficies anulares 270, 272. Cada una de las superficies anulares 270 y 272 se dispone en un plano que es ortogonal al eje de rotación del árbol 32 y, en el presente documento se enfrentan entre sí, aunque en otra realización las zapatas 256 y los montajes de apoyo hidráulico 280 pueden disponerse para acoplarse a superficies anulares que miran hacia fuera entre ellas. Los montajes de apoyo hidráulico 280 asociados con cada zapata 256 pueden configurarse de modo que las plataformas hidrostáticas y películas delgadas correspondientes de las mismas estén operando sobre la superficie de la zapata 256 o sobre una superficie del collar de soporte 266 correspondiente u otra estructura. Pueden proporcionarse sensores y controlador como se ha explicado anteriormente en las realizaciones previas para controlar todos los montajes hidráulicos 258 y 280 para proporcionar carga según se desee sobre el árbol 32 con hasta con cinco grados de libertad.

Otro montaje actuador más 500 para impartir fuerzas y momentos seleccionados al árbol de entrada 32 se ilustra en las Figs. 13 y 14. En esta realización, se acopla un disco 502 a, o se forma como un cuerpo unitario con, un árbol tal como el árbol de entrada 32 y una pluralidad de actuadores, en particular, montajes de apoyos hidráulicos (por ejemplo hidrostáticos) 504 se acoplan a superficies del disco 502 para impartir sobre el mismo las fuerzas seleccionadas, y por ello, sobre el árbol de entrada 32. Como se ilustra, se configura un primer conjunto de montajes de apoyo hidráulico 506 para acoplarse en una primera superficie anular 502A del disco 502, mientras que se configura un segundo conjunto de montajes de apoyo hidráulico 508 para acoplarse a una segunda superficie anular 502B del disco 502, estando dispuesta cada una de las superficies anulares 502A y 502B en un plano que es ortogonal al eje de rotación del árbol 32, y enfrentado en direcciones opuestas, en este caso separándose entre ellas. Cada uno de los conjuntos de montajes de apoyo hidráulico 506 y 508 incluye montajes de apoyo hidráulico individuales 504 espaciados y dispuestos alrededor de un eje de rotación del disco 502. En la realización ilustrada, los montajes de apoyo hidráulico 504 individuales se organizan en pares opuestos enfrentados entre sí en cada lado del disco 502, que aunque puede simplificar la operación o control de los montajes de apoyo hidráulico para desarrollar las fuerzas y/o momentos seleccionados sobre el disco 502 no deberían considerarse como requeridos o limitativos. Cada uno del conjunto de montajes de apoyo hidráulico 506 y 508 incluye al menos dos montajes de apoyo hidráulico 504 separados, y comúnmente, tres o más montajes de apoyo hidráulico separados, dependiendo del número deseado de fuerzas y/o momentos a ejercer sobre el disco 502. En una realización particularmente conveniente, cada uno de los conjuntos de los montajes de apoyo hidráulico 506 y 508 incluye montajes de apoyo hidráulico 504 separados configurados para aplicar fuerzas opuestas a cada lado del disco 502 a intervalos de 90 grados alrededor del eje de rotación del disco 502. De esta manera, los montajes de apoyo hidráulico 504 pueden controlarse para ejercer cargas de empuje a lo largo del eje de rotación del disco 502 así como para ejercer momentos alrededor de dos ejes que están mutuamente ortogonales entre sí y al eje de rotación del disco 502. Debería observarse que pueden disponerse dos o más montajes de apoyo hidráulico 504 en estrecha proximidad entre sí tal como 520 y 522, si por ejemplo, los momentos alrededor de un eje pueden ser mayores que los momentos alrededor del otro eje.

En una realización adicional, una segunda pluralidad de actuadores, en particular, montajes de apoyo hidráulico (hidrostático) 530 se acoplan a superficies circunferenciales del árbol en rotación tal como el árbol de entrada 32 tal como se ilustra, o de un elemento conectado al mismo tal como parte del acoplamiento de transferencia de par 30 o incluso el disco 502. Sin embargo, en este punto debería observarse que no es requerida la presencia del acoplamiento de transferencia de par 30, sino por el contrario es meramente una realización ilustrativa.

Al menos dos montajes de apoyo hidráulico 530 espaciados, y comúnmente, tres o más montajes de apoyo hidráulico separados, dependiendo del número deseado de fuerzas a ser ejercidas sobre el árbol de entrada 32. En una realización particularmente conveniente, los montajes de apoyo hidráulico 530 espaciados se configuran para aplicar fuerzas opuestas al árbol de entrada 32 a intervalos de 90 grados alrededor del eje de rotación del árbol 32. De esta manera, Pueden controlarse los montajes de apoyo hidráulico 530 para ejercer cargas laterales o cortantes a lo largo de dos ejes que son mutuamente ortogonales entre sí y al eje de rotación del árbol de entrada 32. Como

los montajes de apoyo hidráulico 504, debería observarse que pueden disponerse dos o más montajes de apoyo hidráulico 530 en estrecha proximidad entre sí alrededor del eje de rotación del árbol 32, si por ejemplo, las fuerzas cortantes a lo largo de un eje puede ser mayores que las fuerzas cortantes a lo largo del otro eje. Sin embargo, si se desea, pueden usarse montajes de apoyo hidráulico adicionales diferentes a las superficies de rotación circunferenciales y accionados en paralelo con montajes de apoyo hidráulico 504 para ejercer fuerzas cortantes adicionales sobre el árbol de entrada 32.

Los montajes de apoyo hidráulico 504 son actuadores así como apoyos e imparten la fuerza sobre el disco 502 mientras se permite que el disco 502 gire. El uso de un disco permite una generación eficiente de cargas de par. De manera similar, los montajes de apoyo hidráulico 530 son actuadores así como apoyos e imparten la fuerza sobre el árbol de entrada 32, o un elemento conectado al mismo, mientras se permite que el árbol 32, o el elemento conectado al mismo, gire. Se proporciona una estructura de reacción 540 para los montajes de apoyo hidráulico 504 y/o 530. Puede usarse un controlador, una fuente de potencia hidráulica y sensores de posición similares a los descritos anteriormente para controlar los montajes de apoyo hidráulico 504 y/o 530.

Aún realizaciones adicionales para impartir las fuerzas y momentos seleccionados al árbol de entrada 32 se ilustran en las Figs. 21A-21C, 22A-22C, 23A-23C y 24A-24C. En el montaje actuador 550 ilustrado en las Figs. 21A-21C, se proporcionan dos pluralidades de montajes de apoyo hidráulico (por ejemplo hidrostático) 552 y 554 axialmente espaciados. Cada uno de la pluralidad de montajes de apoyo hidráulico 552, 554 tienen montajes de apoyo hidráulico individuales espaciados circunferencialmente alrededor de la superficie (por ejemplo la superficie exterior) del árbol de entrada 32, que puede operarse de modo que imparta cargas lineales a lo largo y momentos alrededor de los ejes ortogonales al eje de rotación del árbol 32. Se proporcionan dos conjuntos adicionales de montajes de apoyo hidráulico 556 y 558 de modo que impartan cargas axiales a lo largo del eje de rotación 32. Los montajes de apoyo hidráulico individuales de la pluralidad 556 se acoplan a una superficie anular 559A del árbol 32 que se dispone en un plano ortogonal al eje de rotación del árbol 32. Asimismo, los montajes de apoyo hidráulico individuales de la pluralidad 558 se acoplan a una superficie anular 559B del árbol 32 que se dispone en un plano que es ortogonal al eje de rotación del árbol 32, en los que las superficies 559A y 559B miran en direcciones opuestas, en este caso donde la superficie 559A mira a la superficie 559B. Se proporciona una estructura de soporte adecuada 557 como una estructura de reacción para cada uno de los montajes de apoyo hidráulico (omitida en la Fig. 21C con la finalidad de mostrar cada uno de la pluralidad de montajes de apoyo hidráulico 552, 554).

Los montajes actuadores 560 y 570 de las Figs. 22A - 22C y de las Figs. 23A - 23C, respectivamente, incluyen cada uno dos pluralidades de montajes de apoyo hidráulico (por ejemplo hidrostático) 562 y 564 en el que cada uno de los montajes de apoyo hidráulico individual de las pluralidades 562 y 564 se configura u orienta de modo que imparta una carga que es oblicua al eje de rotación del árbol 32. Por lo general, la pluralidad de montajes de apoyo hidráulico 562 se acoplan a una superficie anular 568A que mira en general a una superficie anular 568B sobre la que se acoplan la pluralidad de montajes de apoyo hidráulico 564. En la realización de las Figs. 22A - 22C cada una de las superficies 568A y 568B tienen superficies cónicas curvadas o redondeadas (curvadas o redondeadas particularmente cuando se ven en sección transversal tomada a lo largo del eje de rotación del árbol 32), mientras las superficies 569A y 569B son cónicas teniendo superficies relativamente rectas en la sección transversal tomada a lo largo del eje de rotación del árbol 32. Cada uno de los montajes de apoyo hidráulico 562 y 564 contacta con una parte superficial de cada superficie anular correspondiente que puede considerarse oblicua al eje de rotación del árbol 32. Se proporciona una estructura de soporte adecuada 567 como una estructura de reacción para cada uno de los montajes de apoyo hidráulico (omitida en las Figs. 22C y 23C con la finalidad de mostrar cada uno de la pluralidad de montajes de apoyo hidráulico 562, 564). Una ventaja de las realizaciones de las Figs. 22A - 22C y las Figs. 23A - 23C es el número reducido de montajes de apoyo hidráulico (en este caso a modo de ejemplo ocho en total) que son necesarios para proporcionar cargas y/o desplazamientos del árbol 32 con 5 grados de libertad.

En la realización de las Figs. 24A - 24C, los montajes de apoyo hidráulico de la pluralidad 564 se desplaza como un conjunto, tal como en 45 grados, con relación a los montajes de apoyo hidráulico de la pluralidad 562. De esta manera, las superficies 568A y 569B pueden disponerse axialmente más próximas conjuntamente para formar un montaje más compacto. Se proporciona una estructura de soporte adecuada 577 como una estructura de reacción para cada uno de los montajes de apoyo hidráulico (omitida en las Figs. 22C y 23C con la finalidad de mostrar cada uno de la pluralidad de montajes de apoyo hidráulico 562, 564). Los elementos o partes de los montajes de apoyo hidráulico de las pluralidades 562 y 564 pueden incluso solaparse entre sí cuando se ven en una sección transversal tomada a lo largo del eje de rotación del árbol 32. Dicha técnica puede usarse si se desea en cualquiera de los montajes actuadores explicados en el presente documento.

Debería observarse que cada uno de la pluralidad de montajes de apoyo hidráulico 552, 554, 562 y 564 comprende típicamente tres o más. Además, aunque se ilustran en donde las superficies 558A y 558B, 568A y 568B, y 569A y 569B se enfrentan en general entre sí, debería entenderse que las superficies pueden orientarse de modo que en general miren separándose entre sí, si se desea, en donde se disponen entonces en consecuencia la pluralidad de montajes de apoyo hidráulico 552, 554, 562 y 564.

Los acoplamientos de transferencia de par descritos en el presente documento son útiles en la transferencia del par y otras cargas mientras se permite el movimiento de los montajes conectados a los extremos opuestos de los

misimos. Por lo tanto, debería entenderse que los acoplamientos de transferencia de par descritos en el presente documento no están limitados al ensayo de turbinas eólicas, que se proporcionan en el presente documento como una aplicación de ejemplo.

5 Tal y como se ha indicado anteriormente, el acoplamiento de transferencia de par 30 probablemente mejor ilustrado en la Fig. 5 transfiere el par de accionamiento desde el impulsor principal 28 al montaje actuador 34, en tanto que aún permite el movimiento del montaje actuador 34 y/o el montaje de turbina eólica 22. En la realización ilustrada, el acoplamiento de transferencia de par 30 incluye un árbol, por ejemplo sólido o tubular, en el que un tubo 300 (de aquí en adelante "tubo de par") y dos conjuntos de dispositivos hidráulicos dispuestos circunferencialmente, que
10 pueden incluir montajes de pistón y cilindro en donde las extensiones y retracciones de cada pistón generalmente son tangenciales a una parte de un círculo que rodea al tubo de par 300. En el acoplamiento 30, los dispositivos hidráulicos comprenden actuadores de doble acción. Un primer conjunto de actuadores 302 conecta el tubo de par 300 al impulsor principal 28 y un segundo conjunto de actuadores 304 conecta el tubo de par 300 a un montaje actuador tal como cualquiera de los montajes actuadores explicados en el presente documento. Con referencia al
15 primer conjunto de actuadores de doble acción 302, cada actuador tiene un primer extremo 306, tal como una barra de pistón, unida de modo pivotante al impulsor principal 28, mientras un segundo extremo 308 de cada actuador, tal como el montaje de cilindro, se une de modo pivotante al tubo de par 300. Si se desea, la conexión de la barra del pistón y de los montajes del cilindro al impulsor principal 28 y tubo de par puede invertirse. Los actuadores 302 se disponen circunferencialmente alrededor del eje de rotación del tubo de par 300 de manera que la extensión y
20 retracción de la barra del pistón de cada actuador con relación a su cilindro correspondiente es generalmente tangencial a una parte de un círculo que rodea al tubo de par 300. Se conecta un segundo conjunto de actuadores 304 al tubo de par 300 y montaje actuador 34 y 200 en una forma similar al primer conjunto de actuadores 302. En la realización de ejemplo, el actuador en los conjuntos 302 y 304 es operado desde el controlador 80 y fuente de potencia hidráulica 83 (aunque pueden proporcionarse si se desea un controlador y/o una fuente de potencia
25 hidráulica separados) de modo que se extiendan y retraigan en una forma tal como sea necesario mientras rotan con el tubo de par 300 de modo que se proporcione compensación que permita que el eje de rotación del tubo de par 300 estar desplazado, si es necesario, respecto a los ejes de rotación del árbol de entrada 32 y/o el impulsor principal 28. Pueden proporcionarse anillo(s) de deslizamiento hidráulico para proporcionar fluido hidráulico a cada uno de los actuadores en los conjuntos 302 y 304. Pueden proporcionarse también sensores de presión (no mostrados) y operativamente acoplados para medir presiones de operación de algunos o todos los actuadores en el
30 conjunto 302 y/o conjunto 304, en el que las señales de salida de los sensores de presión pueden proporcionarse a continuación al controlador 80 y usarse para evaluar del par aplicado M_x . La extensión, y retracción de algunos o todos los actuadores en los conjuntos 302 y 304 puede supervisarse con sensores y proporcionarse como entradas al controlador 80, si se desea. Asimismo, los sensores de posición lineales y/o rotacionales pueden configurarse también operativamente para detectar la posición del árbol de entrada 32, el tubo de par 300 y/o el árbol de la turbina eólica bajo ensayo en uno, algunos o todos los grados de libertad y proporcionar señales de posición al controlador 80 durante la operación.

El acoplamiento de transferencia de par 30 se controlara nominalmente de modo que la posición de rotación del
40 árbol 32 y el árbol del montaje de la turbina eólica bajo ensayo se mantengan con un ángulo deseado relativamente entre sí, que puede ser estático o que puede variar con el tiempo. Sin embargo, los sistemas de torsión ofrecen frecuentemente dificultades debido a las resonancias que están directamente afectadas por las características de rigidez y amortiguación del acoplamiento. Dado que el acoplamiento de transferencia de par 30 se controla activamente, es posible controlar los dispositivos hidráulicos del acoplamiento de transferencia de par 30 de tal
45 manera que añadan rigidez o amortiguación adicional al acoplamiento de transferencia de par 300.

Mediante un análisis manual o automático, puede usarse la dinámica del sistema para determinar si sería beneficiosa una rigidez y/o amortiguación adicional. Asimismo, el controlador 80 puede usar una señal o parámetro de compensación para conseguir la rigidez o amortiguación deseadas. Por ejemplo, a partir de sensores adecuados
50 (por ejemplo células de par, sensores de presión o similares), puede calcularse una señal o parámetro de compensación a partir del par de entrada medido o evaluado respecto al par deseado. La señal o parámetro puede usarse como una base en solitario o en parte para la operación de la fuente de potencia 83 de modo que controle los dispositivos hidráulicos 302 y 304 en consecuencia de modo que controlen el movimiento relativo entre los diversos árboles del acoplamiento de transferencia de par 30 de modo que las características de acoplamiento y/o dinámicas
55 del árbol cambien según se desee. Un ejemplo de dicha señal de compensación es un término de amortiguación que, en presencia de una entrada de par sinusoidal, tendrá un retardo de fase de 90° con respecto a la señal de par y añadirá de ese modo amortiguación al sistema dinámico. Son posibles diversas combinaciones de términos de amortiguación y rigidez tanto para pares de entrada sinusoidales como no sinusoidales.

60 Debería observarse también que los actuadores en cada conjunto 302 y 304 pueden conectarse juntos hidráulicamente para minimizar los requisitos de flujo hidráulico.

Aunque los componentes del sistema de control y la operación de los mismos se han descrito con respecto al acoplamiento de transferencia de par 30, debería observarse que el sistema de control y la operación del mismo
65 pueden usarse con cualquiera de los acoplamientos de transferencia de par descritos en el presente documento.

La Fig. 12 ilustra una parte de otro acoplamiento de transferencia de par 400 que comprende también conjuntos de dispositivos hidráulicos dispuestos circunferencialmente, un conjunto en cada extremo del tubo de par 300, en el que cada dispositivo hidráulico puede incluir un montaje de pistón y cilindro y en el que la extensión y retracción de cada pistón es generalmente tangencial a una parte de un círculo que rodea al tubo de par 300.

A modo de ejemplo en la Fig. 12 los dispositivos hidráulicos 402 acoplan el tubo de par 300 al montaje actuador 34 (árbol de entrada 32); sin embargo, debería entenderse que puede proporcionarse un segundo conjunto de dispositivos hidráulicos similares para acoplar el tubo de par 300 al impulsor principal 28. Como se ilustra, el árbol de entrada 32 y el tubo de par 300 incluye proyecciones (dedos) orientadas axialmente que se solapan entre sí en la dirección axial del tubo de par 300. Específicamente, las proyecciones 404 se unen rígidamente a, o son parte de, el árbol de entrada 32, mientras que las proyecciones 406 se unen rígidamente a, o son parte de, el tubo 300. Los dispositivos hidráulicos 402 se disponen de modo que se interpone un dispositivo hidráulico entre cada par de proyecciones solapadas 404 y 406. Cada dispositivo hidráulico puede comprender un montaje de elementos de apoyo hidrostático (similar a los montajes de elementos de apoyo 44) que tienen una plataforma que soporta la proyección asociada a través de una película delgada de fluido tal como se ha descrito anteriormente. (Debería entenderse que pueden usarse también otros tipos de apoyos descritos anteriormente). En una realización adicional, los montajes de pistón/cilindro de cada par de dispositivos hidráulicos se orientan entre cada par de proyecciones 404 y 406 de modo que operen (se extiendan y retraigan) en direcciones opuestas. En la Fig. 12, las flechas 408 representan la extensión de cada pistón de cada dispositivo hidráulico correspondiente. De esta manera, un conjunto (cada dos dispositivos hidráulicos circunferencialmente alrededor del tubo 300) reaccionan con par positivo alrededor del tubo 300, mientras un segundo conjunto (los dispositivos hidráulicos interpuestos entre los dispositivos hidráulicos del primer conjunto) reaccionan con par negativo alrededor del tubo 300. Como los actuadores del acoplamiento de transferencia de par 30, los dispositivos hidráulicos 402 del acoplamiento de transferencia de par 400 pueden controlarse individualmente y/o pueden conectarse juntos minimizando hidráulicamente los requisitos de flujo hidráulico.

Volviendo a referirnos a las Figs. 5A y 5B, los acoplamientos de transferencia de par 400' y 400'' se ilustran y son similares en construcción y función al acoplamiento de transferencia de par 400. En los acoplamientos de transferencia 400' y 400'', están presentes proyecciones solapadas 404' y 406' en las que cada proyección 406' se dispone en una ranura 405 y en donde el material entre las ranuras 405 sucesivas forma cada una de las proyecciones 404'. En la realización de las Figs. 5A y 5B, se configuran dispositivos hidráulicos 402 (por ejemplo apoyos hidrostáticos) como una pluralidad (en el presente documento por ejemplo dos) de actuadores operando en paralelo 407 (Fig. 5B) entre cada una de las proyecciones 404' y 406'.

Las Figs. 25-28 ilustran otro acoplamiento más de transferencia de par 400''' similar en construcción y función a los acoplamientos de transferencia de par 400, 400' y 400''. Como en las realizaciones previamente explicadas están presentes proyecciones solapadas 404' y 406' en las que cada proyección 406' se dispone en una ranura 405. En esta realización, las proyecciones 406' comprenden elementos de bloqueo 415 sujetos al tubo 300 (en este caso usando fijadores 417), mientras las proyecciones 404' forman montajes de collares 425 de cada extremo del tubo 300, estando fijos los montajes de collares 425 conectados al árbol de entrada 32 en un extremo y al impulsor principal 28 en el otro extremo. Por lo general, cada montaje de collar 425 incluye una placa de montaje 427, separadores 429 y una placa de anillo 431. La placa de anillo 431 incluye una abertura 433 a través de la que se extiende el tubo 300 cuando cada uno de los elementos del bloque 415 se dispone en una ranura 405 correspondiente formada por separadores 429. Fijaciones 435 sujetan la placa de anillo 431 y los separadores 429 a la placa de montaje 427. En una forma, similar a los acoplamientos de transferencia 400' y 400'', se disponen dispositivos hidráulicos en general 402 (por ejemplo apoyos hidrostáticos) entre los elementos de bloqueo 415 y separadores 429 de modo que reaccionen con par positivo y negativo y permitan el movimiento de los montajes de collares 425 con relación al tubo 300. En la Fig. 27, que corresponde al montaje de collares 425 en el extremo 441 del tubo 300, los dispositivos hidráulicos 402 comprenden montajes de pistón/cilindro similares a los acoplamientos de transferencia 400' y 400'' en los que el pistón 443 se desliza sobre una superficie de apoyo plana 445. Sin embargo, en la Fig. 28, que corresponde al montaje de collares 425 en el extremo 447 del tubo 300, los dispositivos hidráulicos 402 comprenden montajes de pistón/cilindro que proporcionan un movimiento angular incrementado entre el montaje de collares 425 y el tubo 300. Aunque el pistón 443 se desliza sobre una superficie de apoyo 445 plana, el cilindro que es presurizado por el pistón 443 está formado en un elemento de zócalo 449 que se mueve con relación al elemento de bloque 415 en un zócalo 450. Por ejemplo, el elemento de zócalo 449 puede formar un apoyo hidráulico (por ejemplo apoyo hidrostático) con respecto al zócalo 450 en el elemento de bloqueo 415.

Se ilustra otro acoplamiento de transferencia de par en las Figs. 15, 16, 19 y 20 en 600. El acoplamiento de transferencia de par 600 incluye vigas 602 y 604. La viga 602 puede acoplarse al árbol de entrada 32 para rotar con él, mientras la viga 604 puede acoplarse a un impulsor principal o a un árbol de la turbina bajo ensayo. Cada viga 602, 604 incluye estructuras de soporte 605 en cada extremo. Dispuesta entre las vigas 602, 604 hay un elemento cruciforme o intermedio 606. La cruz 606 incluye cuatro estructuras 607 de soporte separadas alrededor de un eje de rotación con intervalos angulares iguales. Como se ilustra, las estructuras de soporte 607 de la cruz 606 cooperan con las estructuras de soporte 605 de las vigas 602, 604 para restringirle al menos parcialmente (es decir para desplazamiento radial de la cruz 606 con relación al eje de rotación). En la realización ilustrada, montajes de apoyo hidráulico 610 opuestos (por ejemplo montajes hidrostáticos) acoplan las estructuras de soporte 607 de la

cruz 606 a las estructuras de soporte 605 correspondientes de cada extremo de cada viga 602, 604 respectiva. En la realización ilustrada, las estructuras de soporte 605 de las vigas 602, 604 comprenden soportes con rebordes de sujeción espaciados 612, mientras que cada una de las estructuras de soporte 607 de la cruz 606 comprende una proyección con una superficie de proyección 612 que mira a cada reborde de soporte 610. Se dispone un montaje de apoyo hidráulico 620 entre cada superficie de proyección 612 y cada reborde de soporte 610 correspondiente. Debería observarse que las estructuras de soporte 607 de la cruz 606 pueden comprender rebordes de soporte espaciados, y la estructura de soporte 605 de cada viga 602, 604 puede incluir una proyección con una superficie de proyección que mire a cada reborde de soporte. Los montajes de apoyo hidráulico 620 pueden configurarse para proporcionar flexibilidad bidimensional proporcionando una película delgada sobre las superficies de los rebordes de soporte 610 o de las superficies de proyección 612 de una manera similar a los montajes de apoyo hidráulico descritos anteriormente. El movimiento bidimensional relativo de los rebordes de soporte 610 y superficies de proyección 612 correspondientes permiten al eje de rotación de la viga 602 estar en un ángulo o desplazado en otra forma con relación al eje de rotación de la viga 604 mientras aún transfiere efectivamente el par a través del acoplamiento 600.

Debería observarse que puede proporcionarse un mecanismo adicional tal como apoyo(s) piloto, enlaces mecánicos y/o resorte(s) (esquemáticamente indicado por el elemento 312 en la Fig. 5) para acoplar el tubo de par 300 y el montaje actuador 34 y/o el impulsor principal 28, axialmente juntos de modo que proporcionen una restricción axial para el tubo de par 300 o para cualquiera de los acoplamientos de transferencia de par 30, 400, 400', 400" o 600. Se ilustran apoyos piloto de ejemplo en la Fig. 26 en 451. En esta realización, se sujeta un husillo 453 a cada placa de montaje 427, mientras que se sujeta un elemento de placa 455 a cada extremo del tubo 300. Un montaje de apoyo 457 acopla operativamente el husillo 453 al elemento de placa 455 de modo que proporcione restricción axial pero incluye elementos de apoyo en cooperación que permiten el movimiento de inclinación deseado del montaje de collar 425 con relación al tubo 300.

Debería observarse que la restricción axial se proporciona típicamente solamente sobre un acoplamiento, mientras el otro está axialmente libre. Los apoyos piloto también sirven para fijar el movimiento XY (lateral y vertical) de las partes del árbol sobre cada acoplamiento. Aunque este mecanismo no se requiere para todas las realizaciones descritas en el presente documento, en su ausencia, pueden necesitarse canales de control adicionales para mantener las vigas centrales de las partes del árbol en una posición fija relativamente entre ellas.

La Fig. 29 ilustra un apoyo elastomérico 700 que puede usarse en lugar de los dispositivos hidráulicos en los acoplamientos de transferencia de par descritos anteriormente. Por lo general, el apoyo elastomérico 700 comprende una primera parte 702 que comprende capas alternas de capas relativamente delgadas de material elastomérico y placas rígidas unidas o laminadas conjuntamente. Como se usa en el presente documento "delgada" se define como una capa de grosor de material elastomérico que no está sustancialmente extrudida desde la parte 702 o dañada en otra forma bajo los requisitos de carga de compresión que se espera que soporte el apoyo elastomérico 700. La primera parte 702 proporciona al apoyo elastomérico 700 elasticidad de cizalladura.

La segunda parte 704 se sujeta a la primera parte 702 con una placa de soporte rígida 706. La segunda parte 704 comprende una capa más gruesa de material elastomérico (suficientemente gruesa de modo que permita el movimiento de pivote relativo entre las superficies de soporte 708 y 710). La segunda parte 704 se dispone en un rebaje o está rodeada en otra forma anularmente por las paredes 714 de una carcasa o montaje 712, cuyas superficies interiores de las paredes 714 acoplan de modo deslizante la placa de soporte rígida 706. Tal y como se ha indicado anteriormente, El material elastomérico del apoyo 700 puede comprimirse o deformarse de otra forma en presencia de las cargas de compresión sobre el apoyo 700. El tipo de material elastomérico y su grosor en la parte 704 se seleccionan de modo que cuando se comprime el apoyo 700, el material elastomérico en la parte 704 se extrude para acoplarse a las superficies de las paredes 714, llenando posiblemente un rebaje anular 718 si se proporciona. Particularmente en este estado, la segunda parte es flexible para movimientos de doblado que permiten el movimiento de pivote relativo entre las superficies de soporte 208, 210. Debería observarse que la forma de las partes 702, 704, carcasa 712 pueden tomar cualquier forma conveniente tal como pero sin limitarse a formas cilíndricas o rectangulares.

Aunque la materia objeto se ha descrito en un lenguaje específico para estas características estructurales y/o acciones metodológicas, ha de entenderse que la materia objeto definida en las reivindicaciones adjuntas no está necesariamente limitada a las características o acciones específicas descritas anteriormente tal como ha sido determinado por los tribunales. Por el contrario, las características y acciones específicas descritas anteriormente se divulgan como formas de ejemplo de implementación de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un montaje de ensayo que comprende:

- 5 un impulsor principal (28);
 un montaje actuador (500; 550) acoplado al impulsor principal (28) y que tiene un extremo configurado para fijarse a un árbol de muestra de ensayo de una muestra de ensayo, teniendo el montaje actuador un árbol (32),
 teniendo el árbol una superficie circunferencial y primera y segunda superficies anulares (502A/502B; 559A/559B) que se disponen en planos dispuestos para intersectar con un eje de rotación del árbol;
 10 caracterizado por
 una primera pluralidad de apoyos hidráulicos (530; 552/554) configurados para soportar el árbol del montaje actuador para rotación alrededor del eje de rotación;
 una segunda pluralidad de apoyos hidráulicos (504; 556) configurados para acoplarse a la primera superficie anular; y
 15 una tercera pluralidad de apoyos hidráulicos (504; 558) configurados para acoplarse a la segunda superficie anular.

2. El montaje de ensayo de la reivindicación 1 en el que el montaje actuador (500; 550) incluye una estructura de soporte (540; 557) configurada para soportar la segunda pluralidad de apoyos hidráulicos (504; 556) de modo que
 20 aplique una fuerza axial al árbol (32), y en el que el montaje de ensayo comprende adicionalmente una fuente de potencia hidráulica acoplada operativamente a cada uno de los apoyos hidráulicos para aplicar fluido presurizado y un controlador configurado para proporcionar señales de control para presurizar selectivamente la segunda pluralidad de apoyos hidráulicos de modo que aplique al menos una fuerza axial al árbol en una primera dirección axial; y en el que la segunda pluralidad de apoyos hidráulicos (504; 556) se configura para acoplarse a una parte de
 25 la primera superficie anular que es ortogonal u oblicua al eje de rotación del árbol; y en el que la estructura de soporte se configura para soportar la tercera pluralidad de apoyos hidráulicos para acoplarse a una parte de la segunda superficie anular que es ortogonal u oblicua al eje de rotación del árbol, y en el que el controlador se configura para proporcionar señales de control para presurizar selectivamente la tercera pluralidad de apoyos hidráulicos de modo que aplique al menos una segunda fuerza axial al árbol en una segunda dirección axial opuesta
 30 a la primera dirección axial.

3. El montaje de ensayo de una cualquiera de las reivindicaciones 1-2 en el que la primera superficie anular y la segunda superficie anular miran en direcciones opuestas.

35 4. El montaje de ensayo de una cualquiera de las reivindicaciones 1-3 en el que la primera superficie anular y la segunda superficie anular se extienden radialmente más allá de una superficie cilíndrica exterior del árbol (32) usado para soportar el árbol para rotación.

5. El montaje de ensayo de una cualquiera de las reivindicaciones 1-4 en el que la segunda y tercera pluralidades de apoyos hidráulicos (504; 556, 558) se configuran para ejercer momentos sobre el árbol alrededor de dos ejes que son mutuamente ortogonales entre sí y al eje de rotación del árbol (32).

6. El montaje de ensayo de una cualquiera de las reivindicaciones 1-5 en el que la primera pluralidad de apoyos hidráulicos (530; 552/554) comprende montajes de apoyo hidráulico individuales circunferencialmente espaciados
 45 alrededor de una superficie del árbol para impartir cargas lineales a lo largo de ejes ortogonales al eje de rotación del árbol (32).

7. El montaje de ensayo de 6 en el que la superficie cilíndrica tiene un radio mayor que una superficie cilíndrica del árbol 32 unido a la primera o segunda superficies anulares.

50 8. El montaje de ensayo de una cualquiera de las reivindicaciones 1-6 en el que la primera pluralidad de apoyos hidráulicos se acopla a una superficie circunferencial de un disco acoplado circunferencialmente a, o que forma parte de, el árbol (32).

55 9. El montaje de ensayo de una cualquiera de las reivindicaciones 1-8 en el que cada apoyo hidráulico comprende un montaje de elementos de apoyo (44) que tiene una plataforma hidrostática (46) soportada por un actuador (48), comprendiendo el actuador (48) un actuador de fluido que tiene un pistón (50) móvil en un cilindro (52).

60 10. El montaje de ensayo de la reivindicación 9 en el que el montaje de ensayo comprende además una fuente de potencia hidráulica (83) operativamente acoplada a cada uno de los apoyos hidráulicos para aplicar fluido presurizado y un controlador configurado para proporcionar señales de control para presurizar selectivamente los apoyos hidráulicos.

65 11. Un método para aplicar cargas de fuerza y momento con un montaje actuador a una muestra de ensayo acoplada a un árbol (32) que tiene una superficie circunferencial y primera y segunda superficies anulares (502A/502B; 559A/559B) que se disponen en planos dispuestos para intersectar con un eje de rotación del árbol,

acoplado el árbol a un impulsor principal (28), caracterizado el método por que comprende:

- soportar el árbol para rotación alrededor del eje de rotación con una primera pluralidad de apoyos hidráulicos (530; 552/554);
- 5 proporcionar una segunda pluralidad de apoyos hidráulicos (504; 556) que se acoplan a la primera superficie anular;
- proporcionar una tercera pluralidad de apoyos hidráulicos (504; 558) que se acoplan a la segunda superficie anular; y
- 10 aplicar fuerzas y/o momentos a la muestra a través del árbol al proporcionar selectivamente fluido hidráulico presurizado a cada uno de los apoyos hidráulicos.
- 12. El método de la reivindicación 11 en el que la aplicación de fuerzas y/o momentos comprende aplicar una carga axial con la segunda y/o la tercera pluralidad de apoyos hidráulicos (504; 556, 558).
- 15 13. El método de la reivindicación 12 en el que aplicar fuerzas y/o momentos comprende aplicar momentos sobre el árbol alrededor de dos ejes que son mutuamente ortogonales entre sí y al eje de rotación del árbol.
- 14. El método de la reivindicación 11 en el que la aplicación de fuerzas y/o momentos comprende aplicar una fuerza lateral ortogonal al eje de rotación con la primera pluralidad de apoyos hidráulicos.
- 20 15. El método de la reivindicación 11 en el que cada apoyo hidráulico comprende un montaje de elementos de apoyo (44) que tiene una plataforma hidrostática (46) soportada por un actuador (48), comprendiendo el actuador (48) un actuador de fluido que tiene un pistón (50) movable en un cilindro (52).
- 25

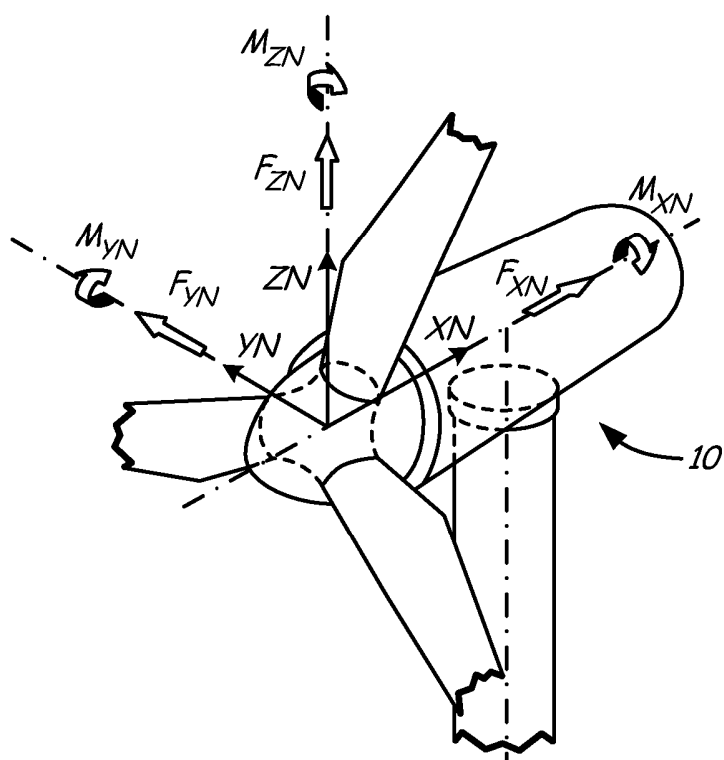


FIG. 1

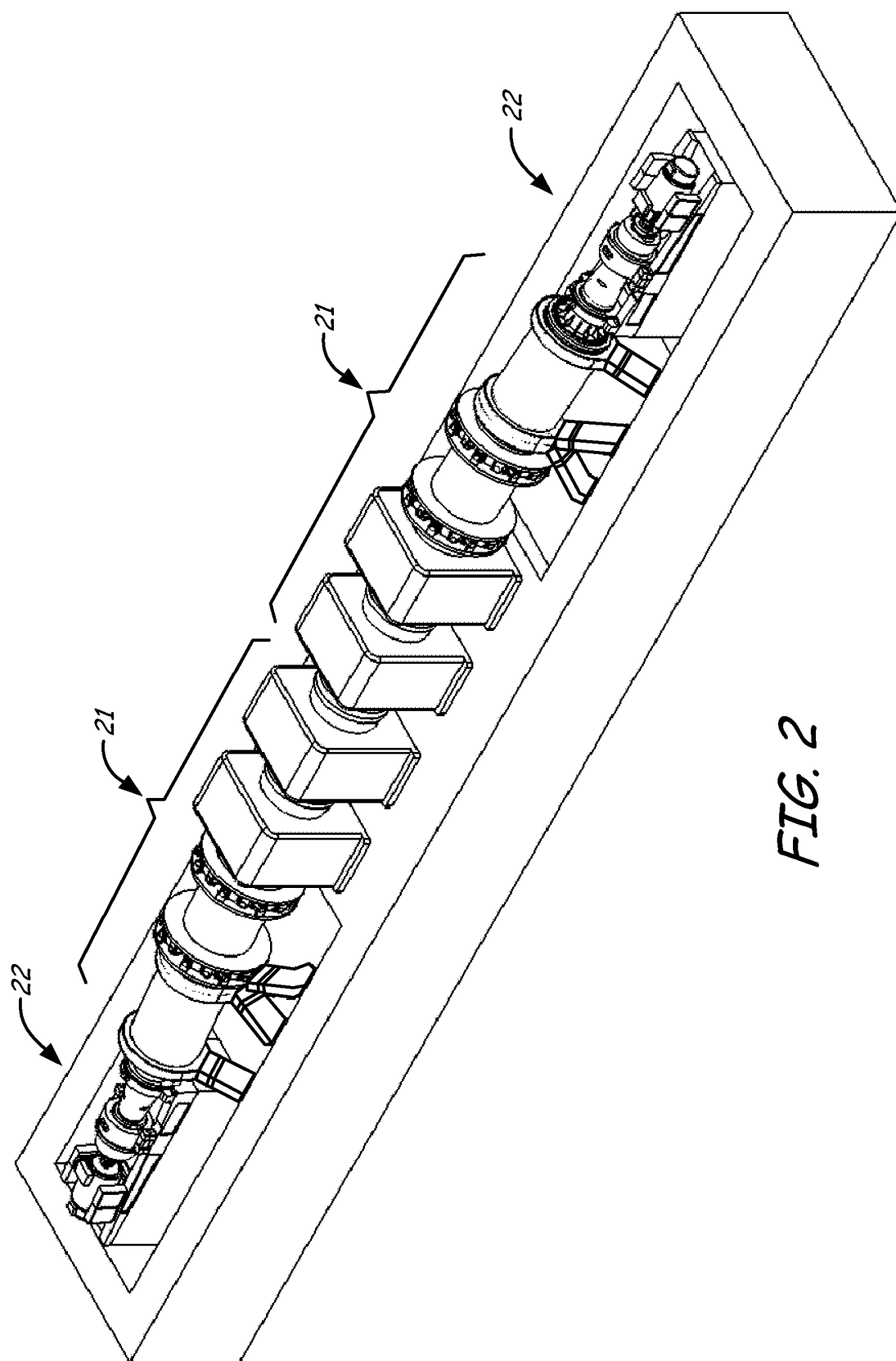


FIG. 2

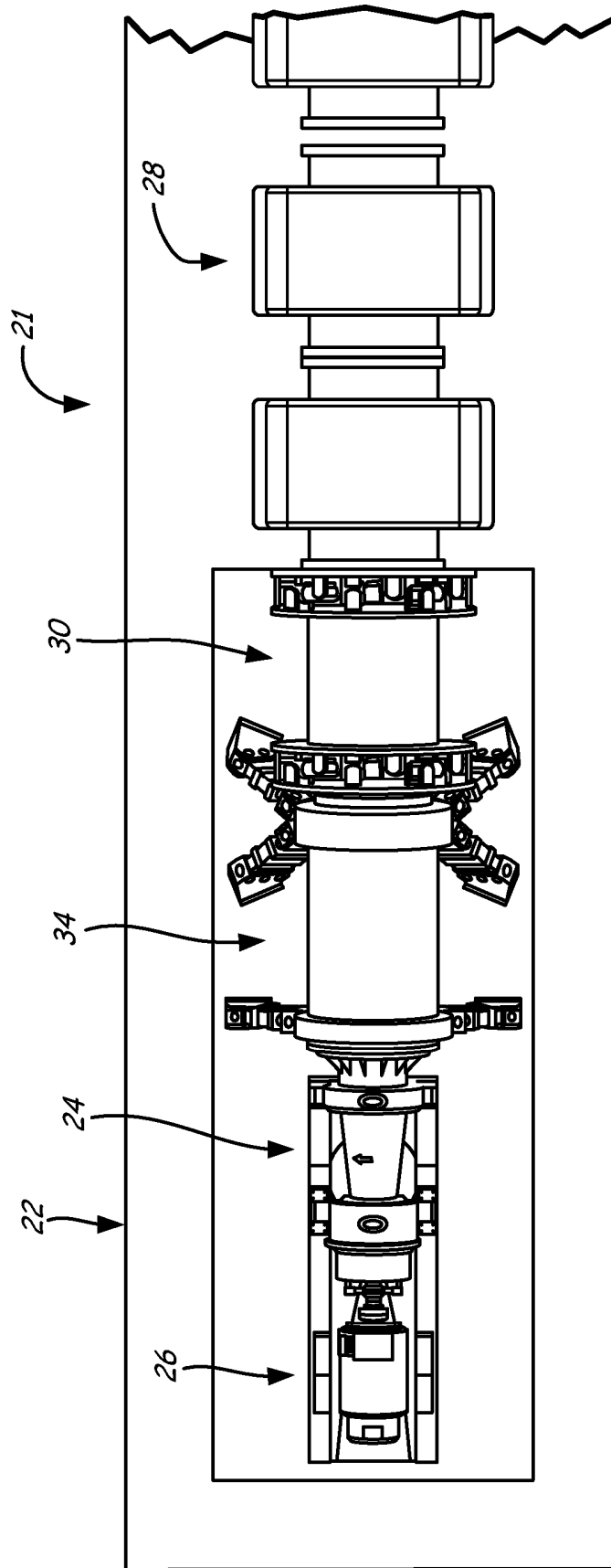


FIG. 3

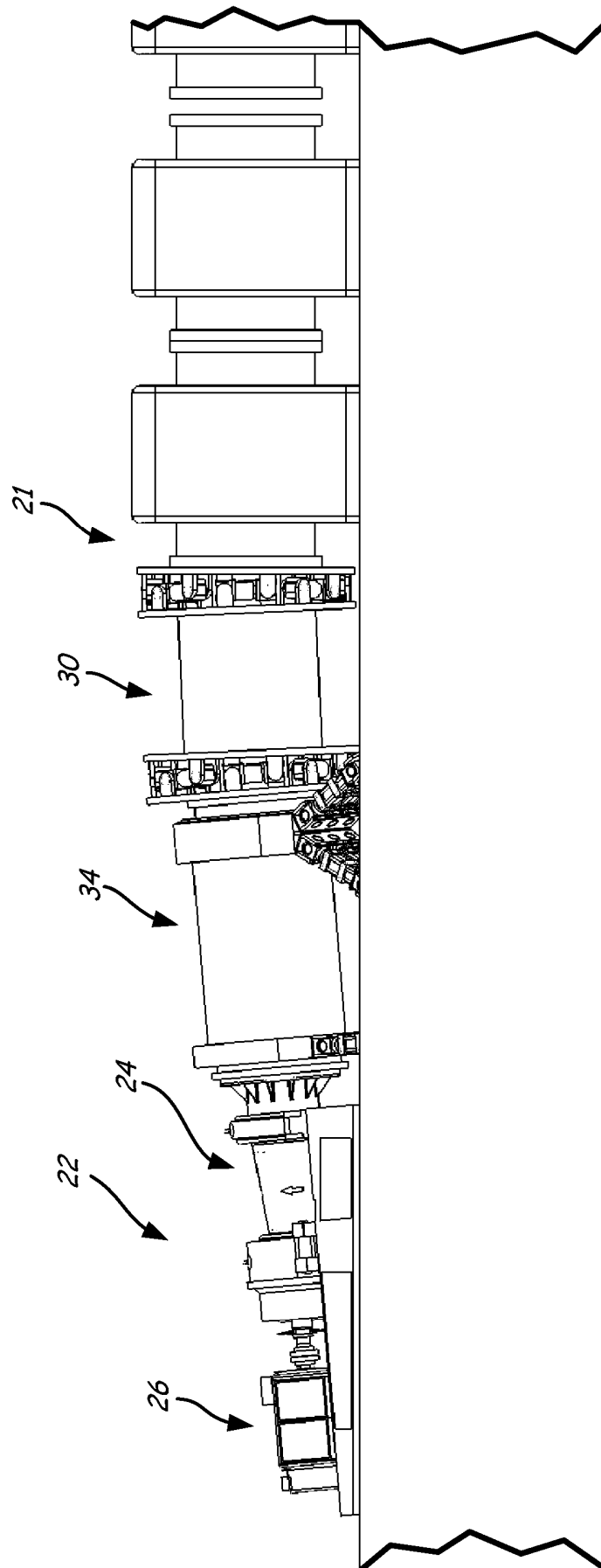


FIG. 4

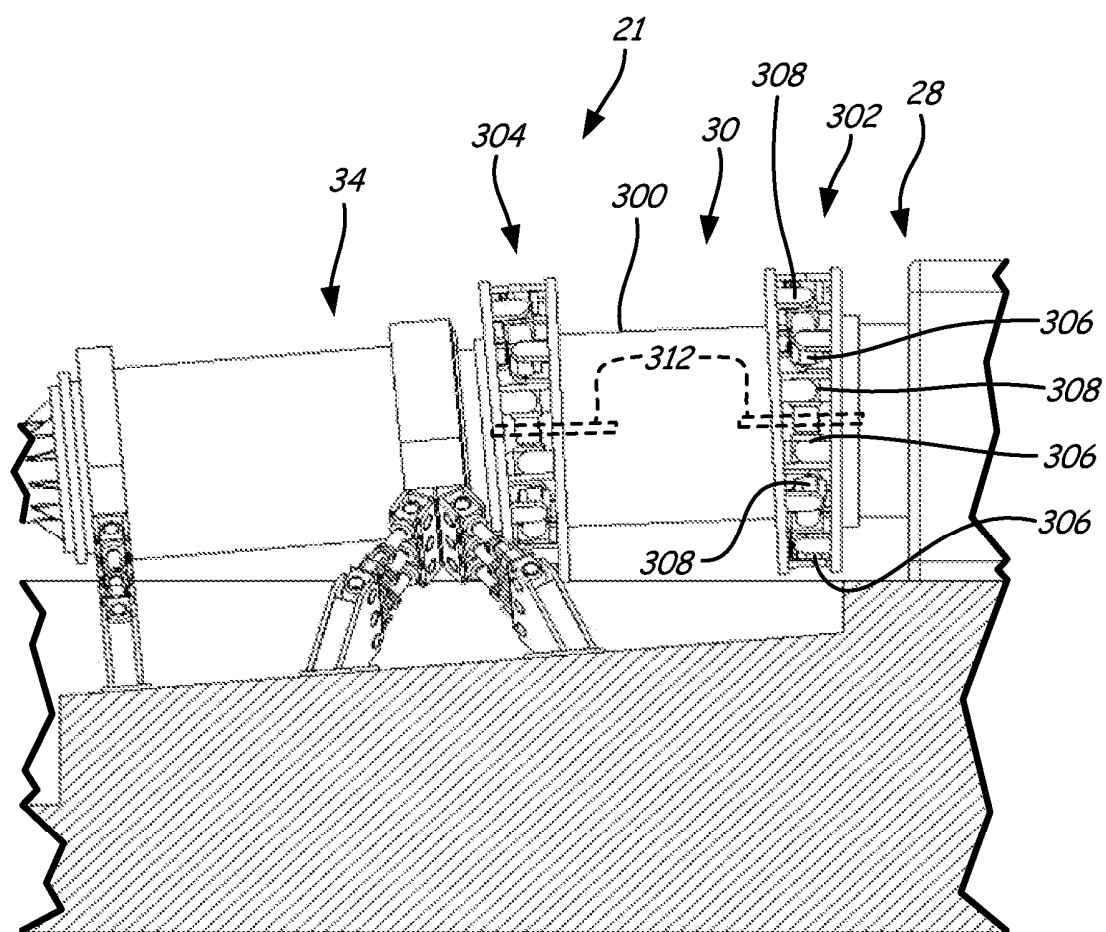


FIG. 5

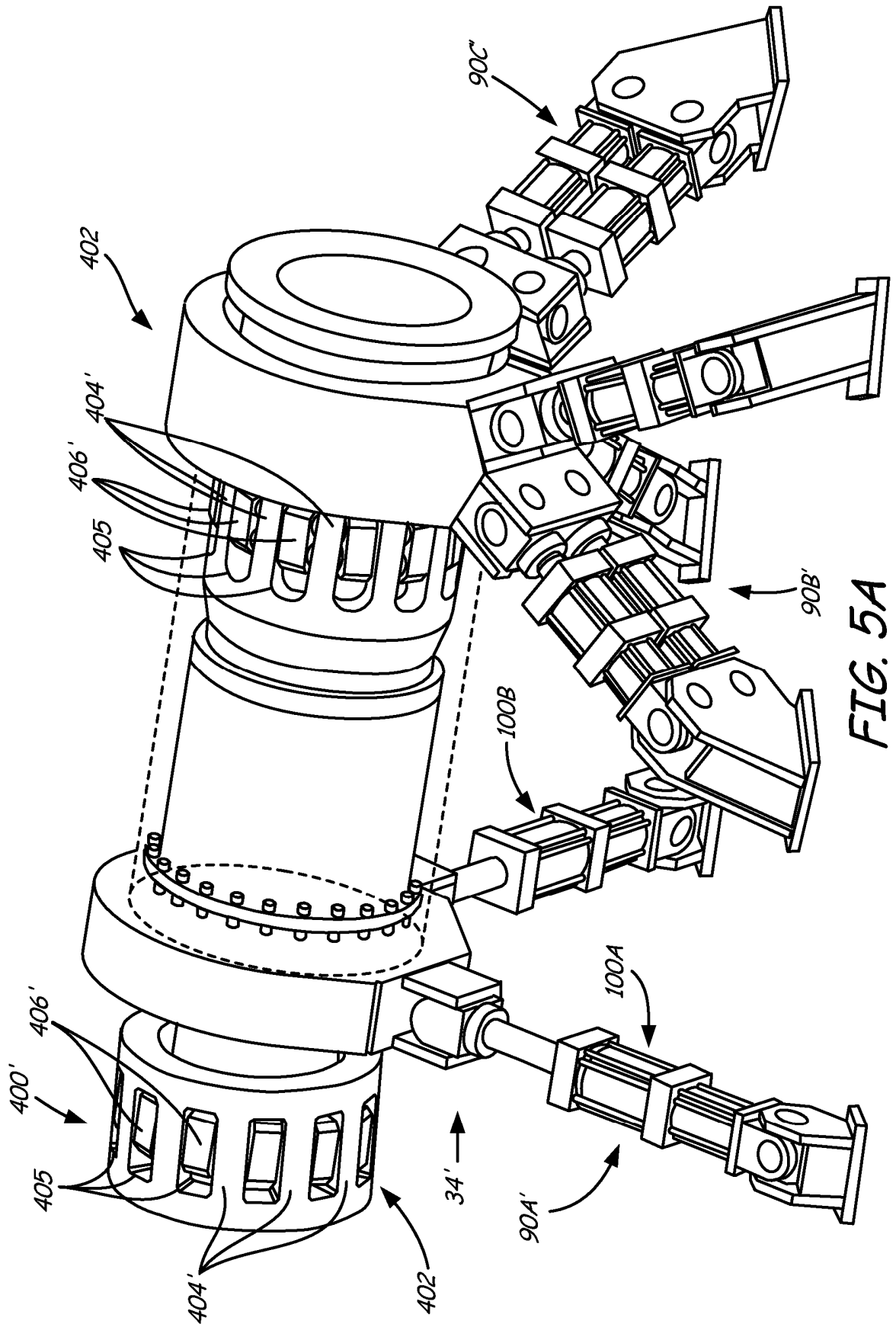


FIG. 5A

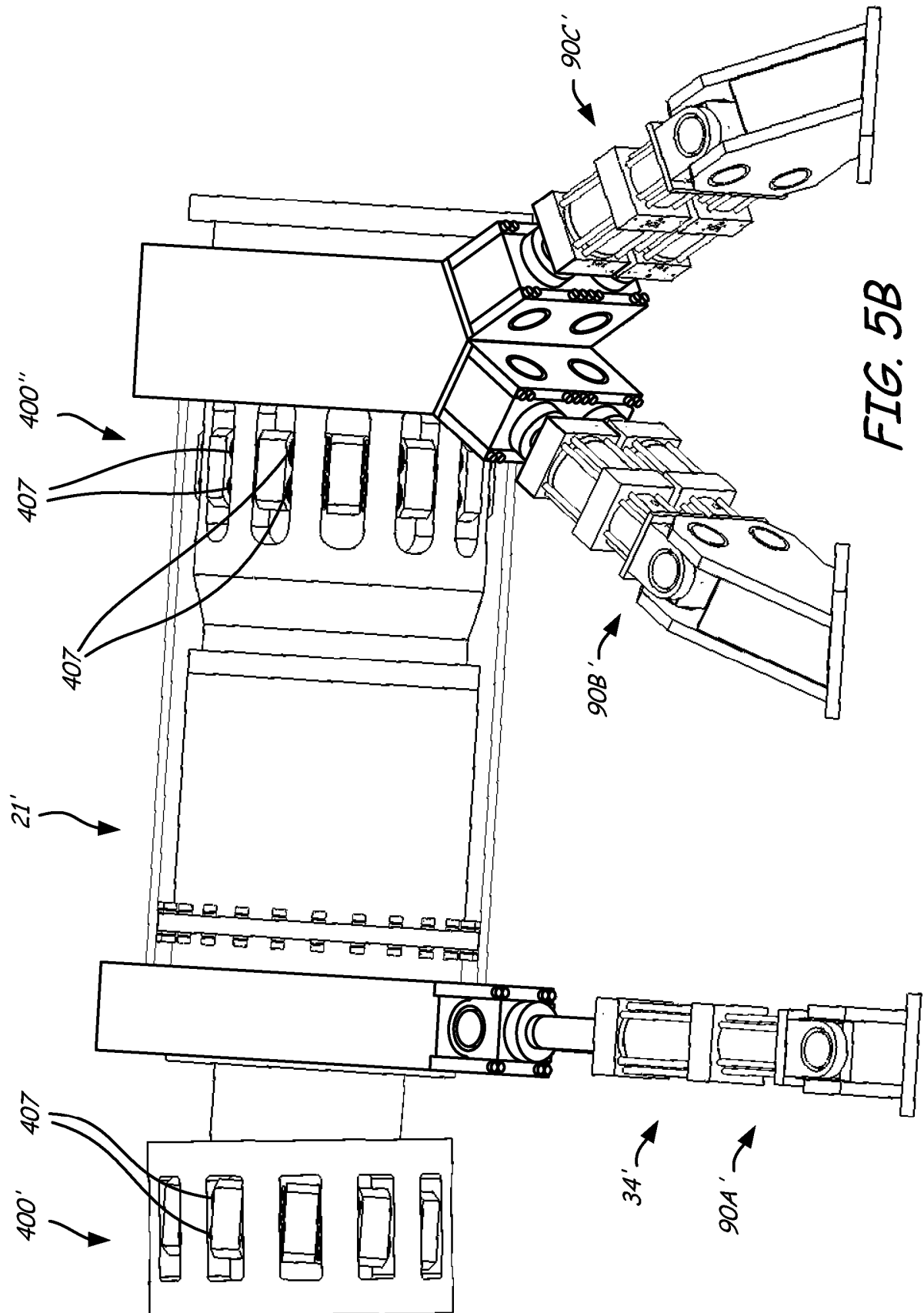
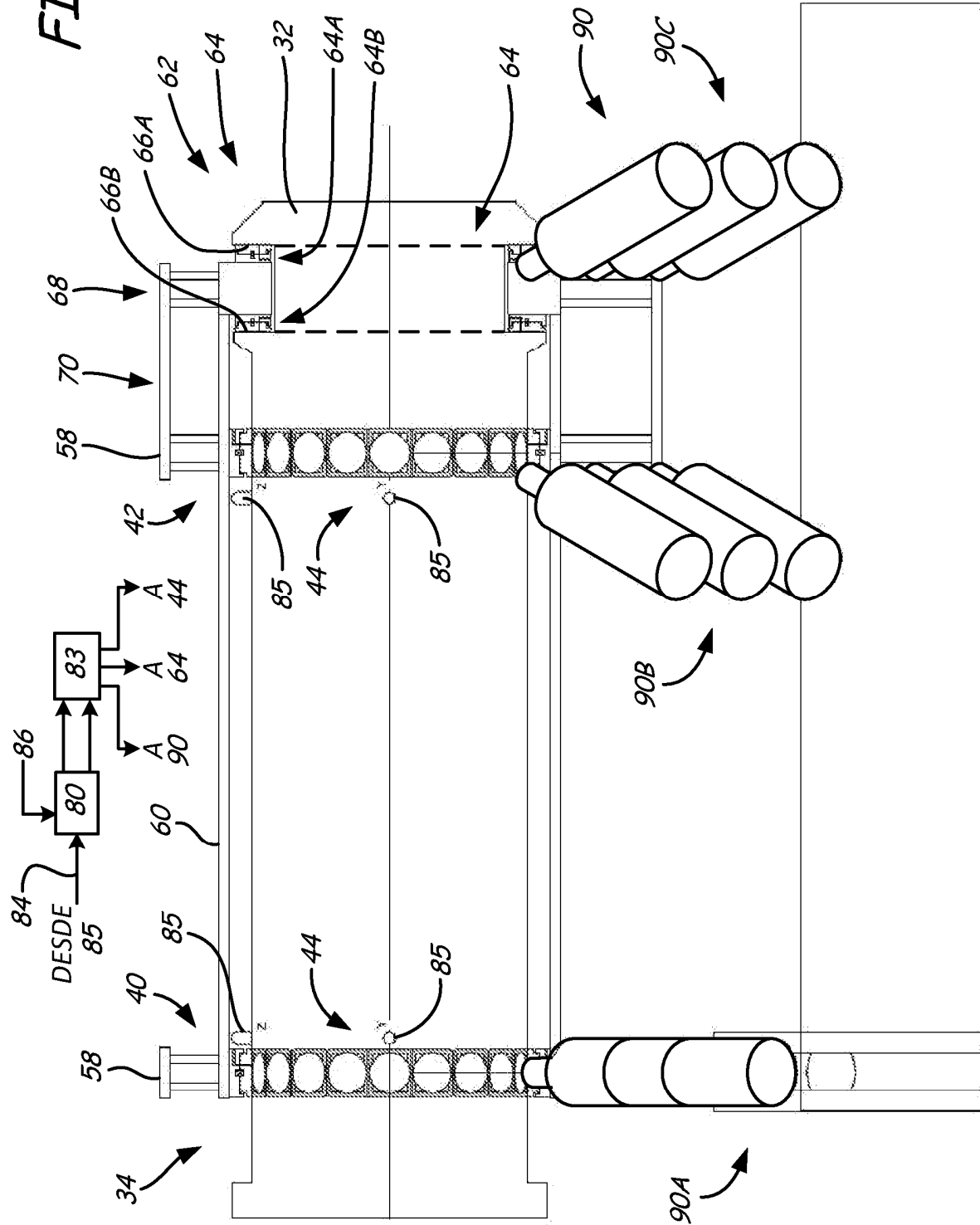


FIG. 6



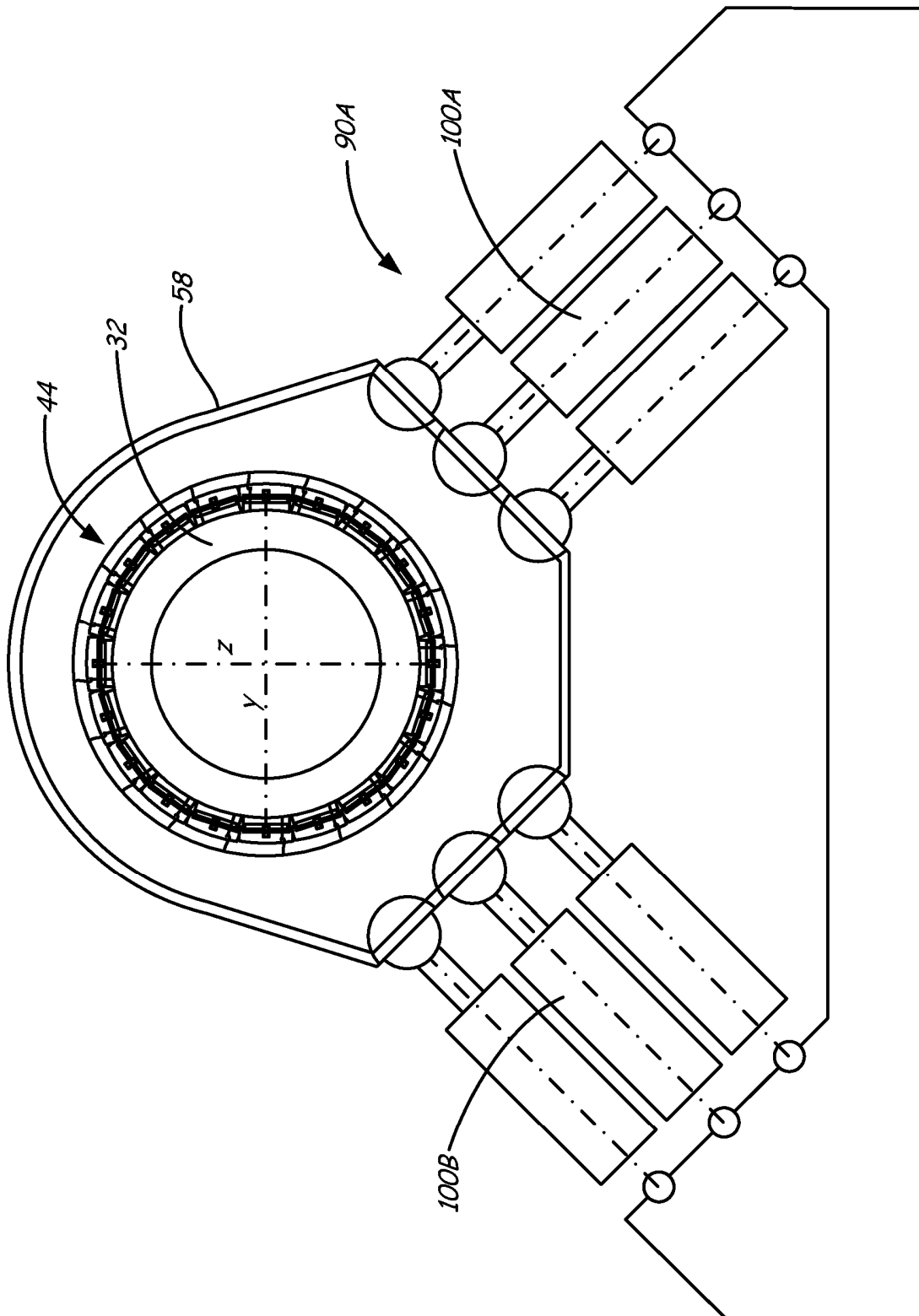
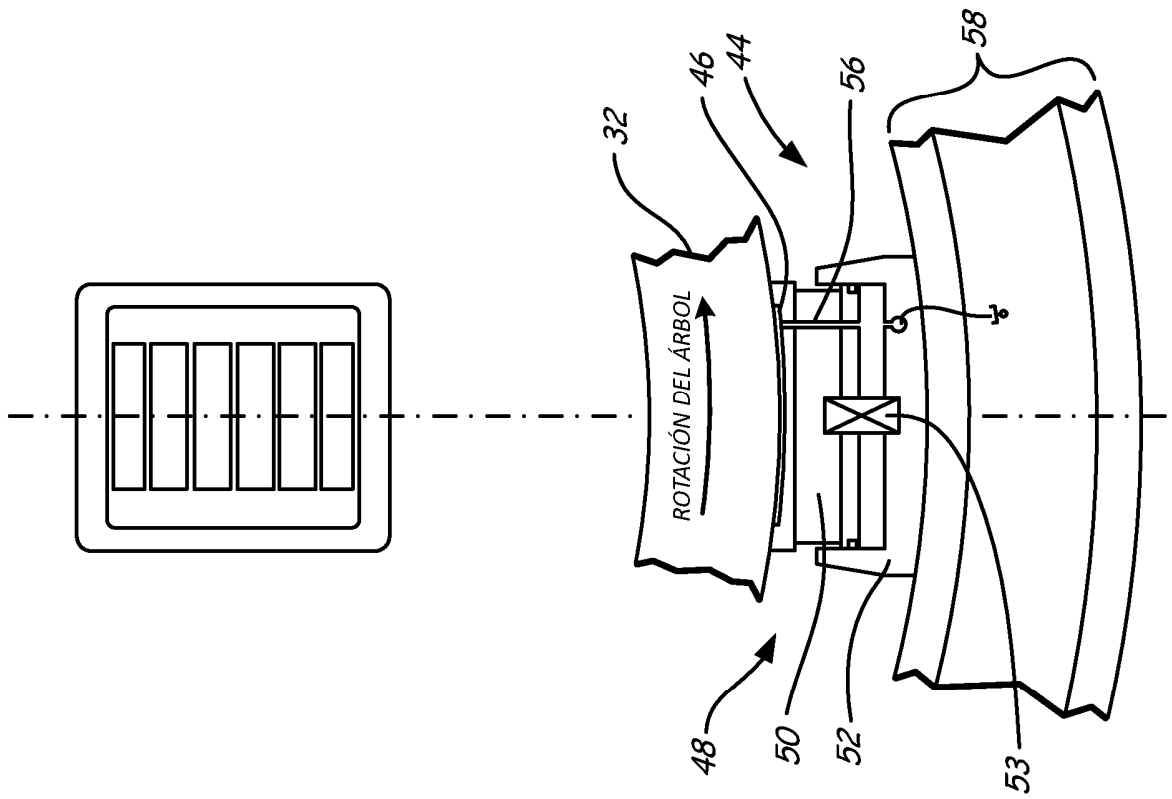


FIG. 7



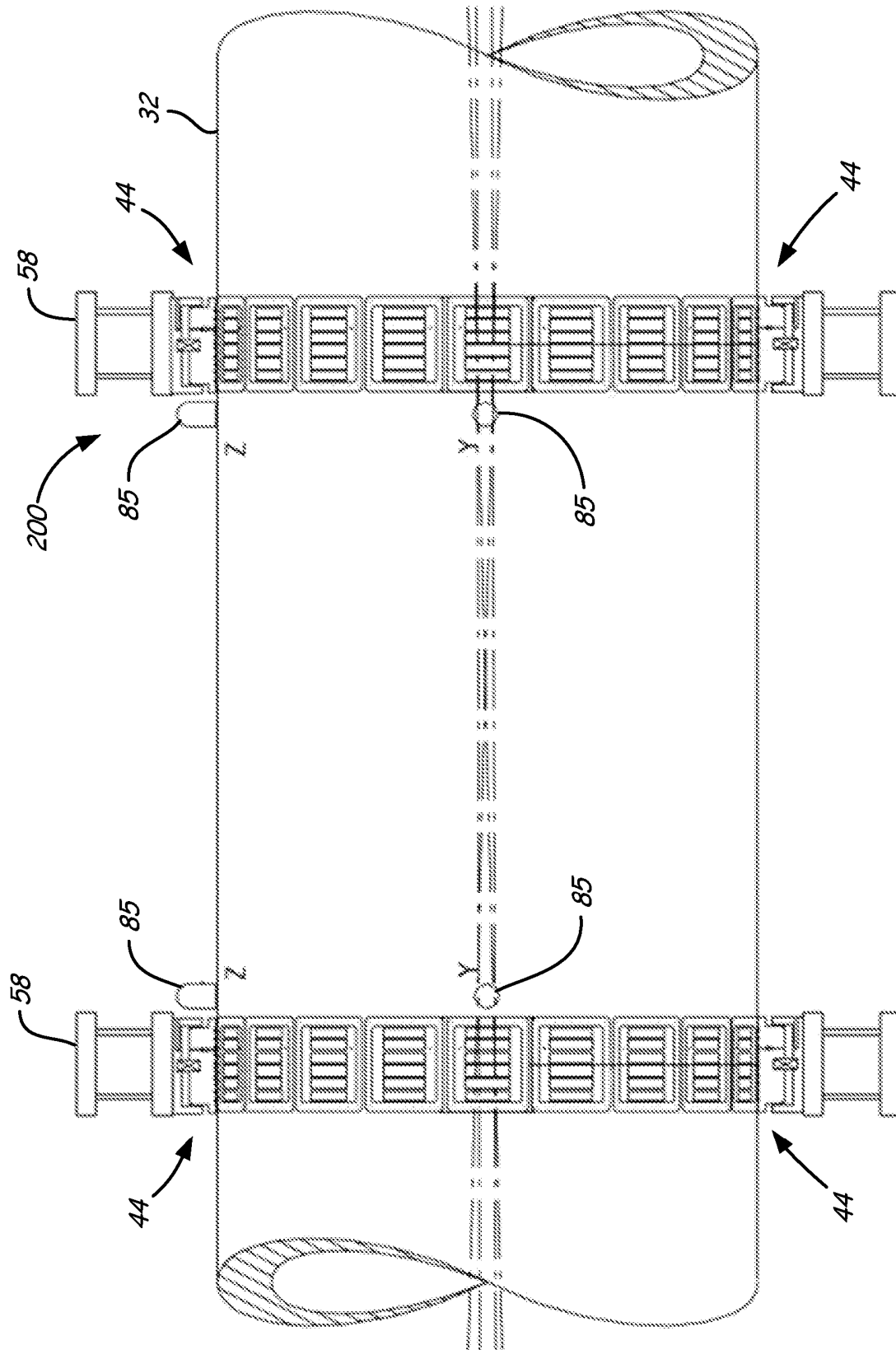


FIG. 9

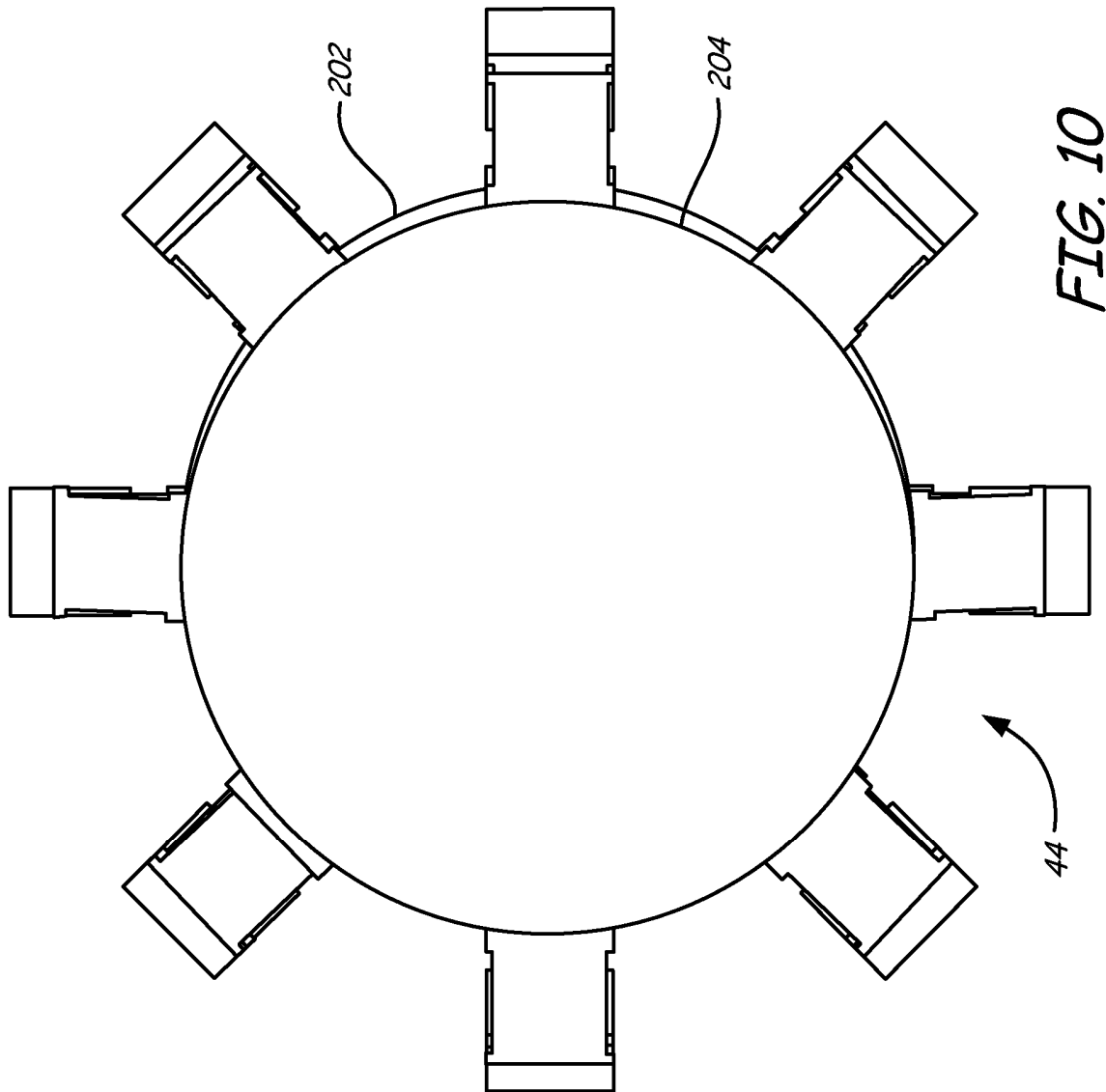


FIG. 10

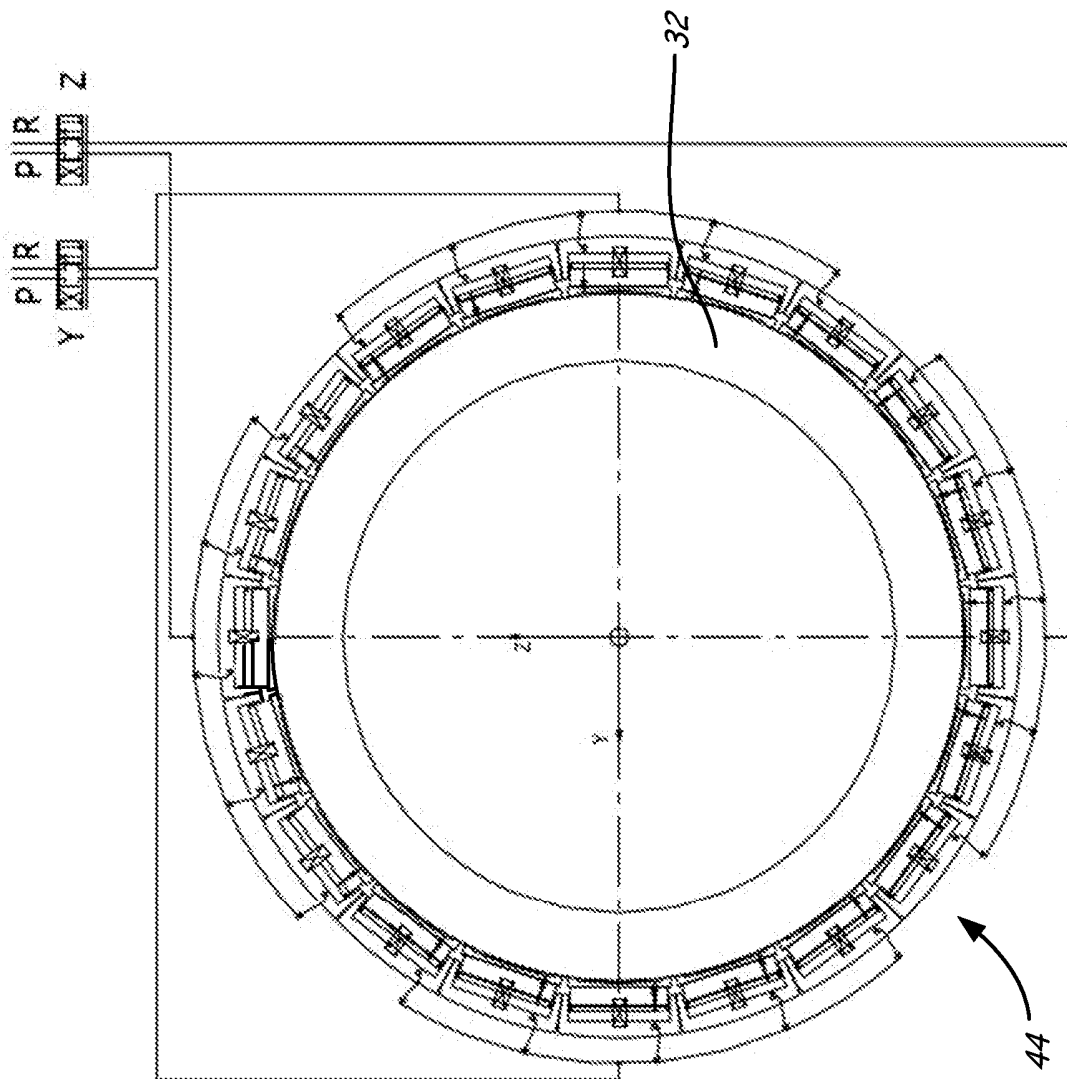
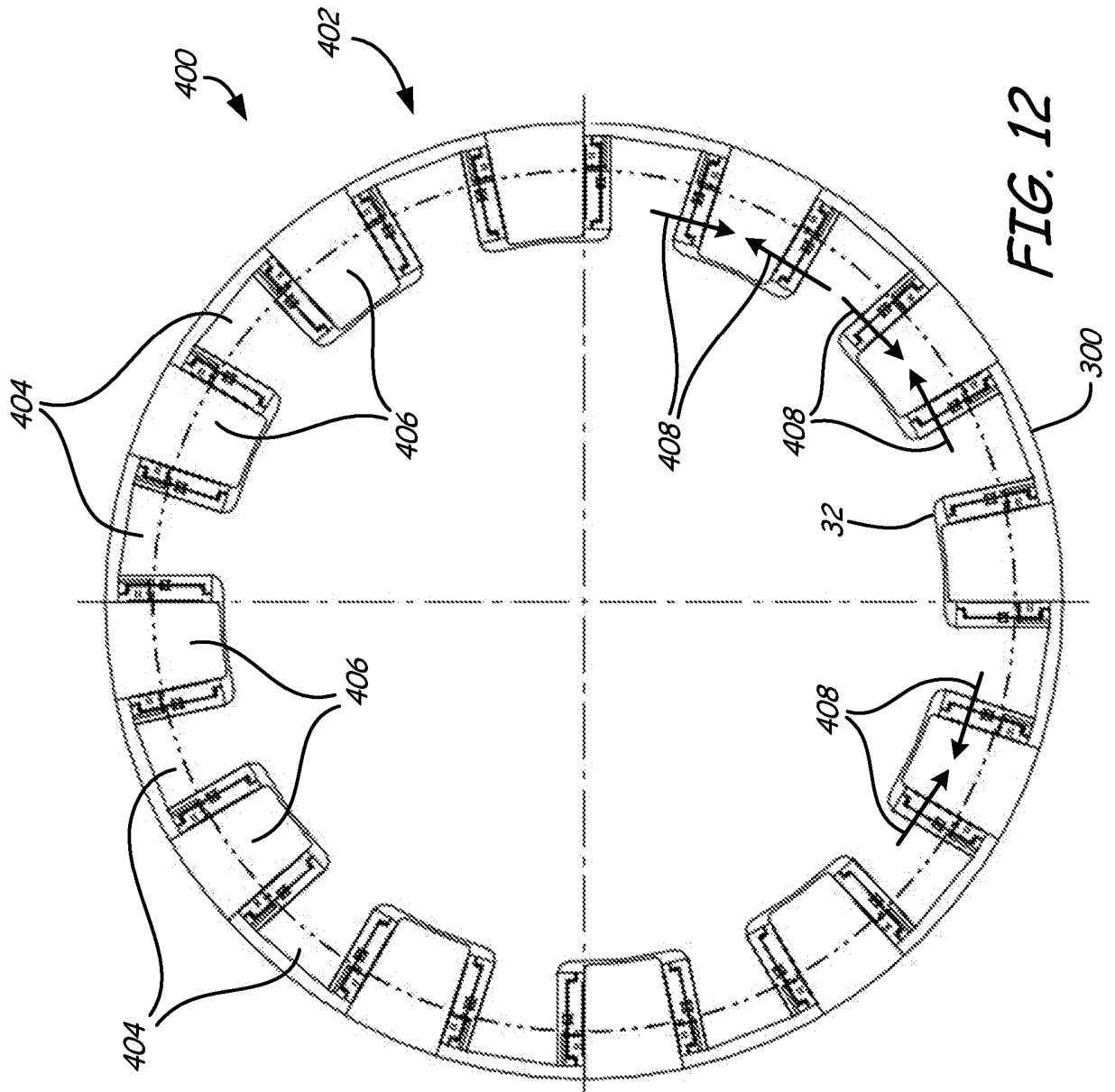
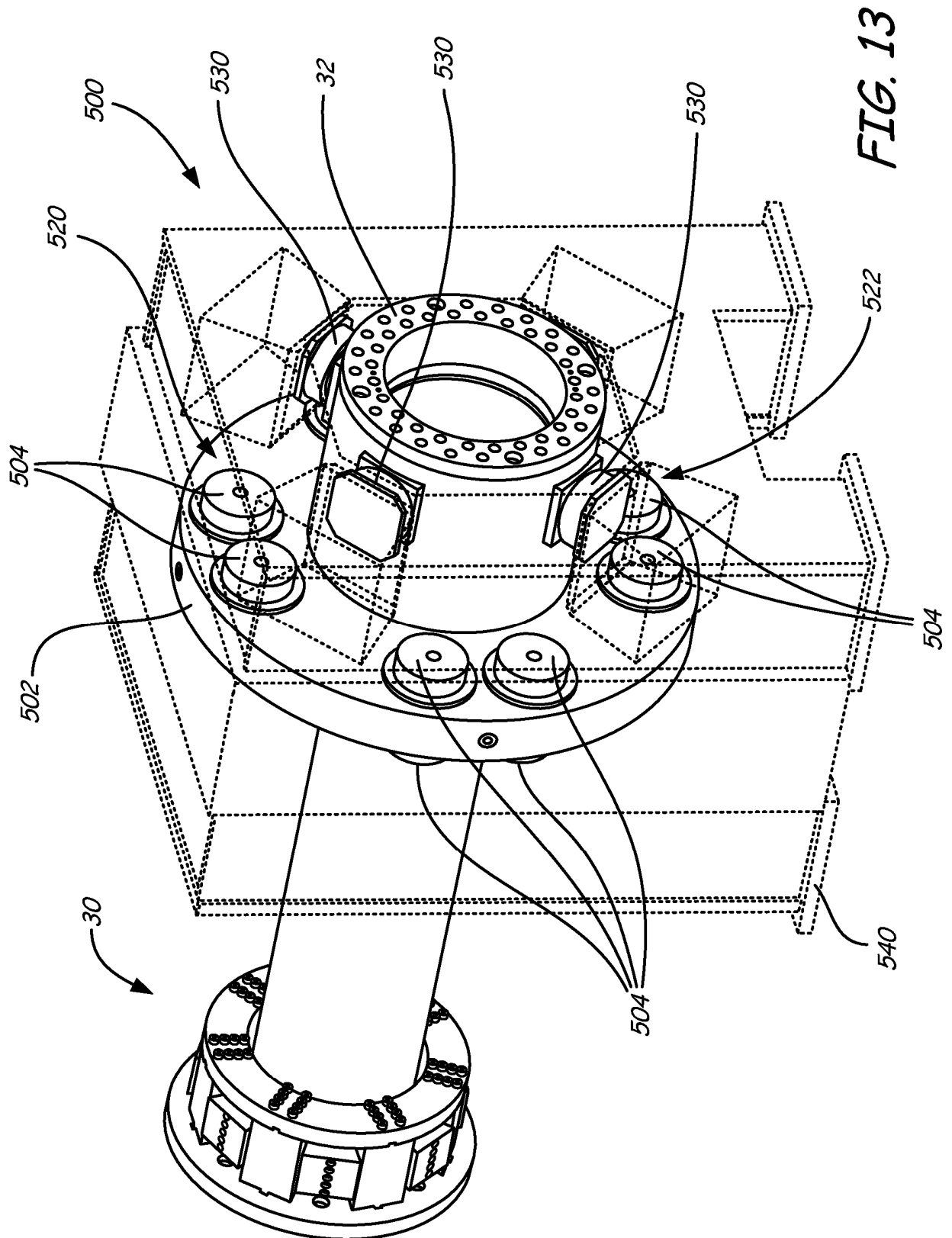


FIG. 11





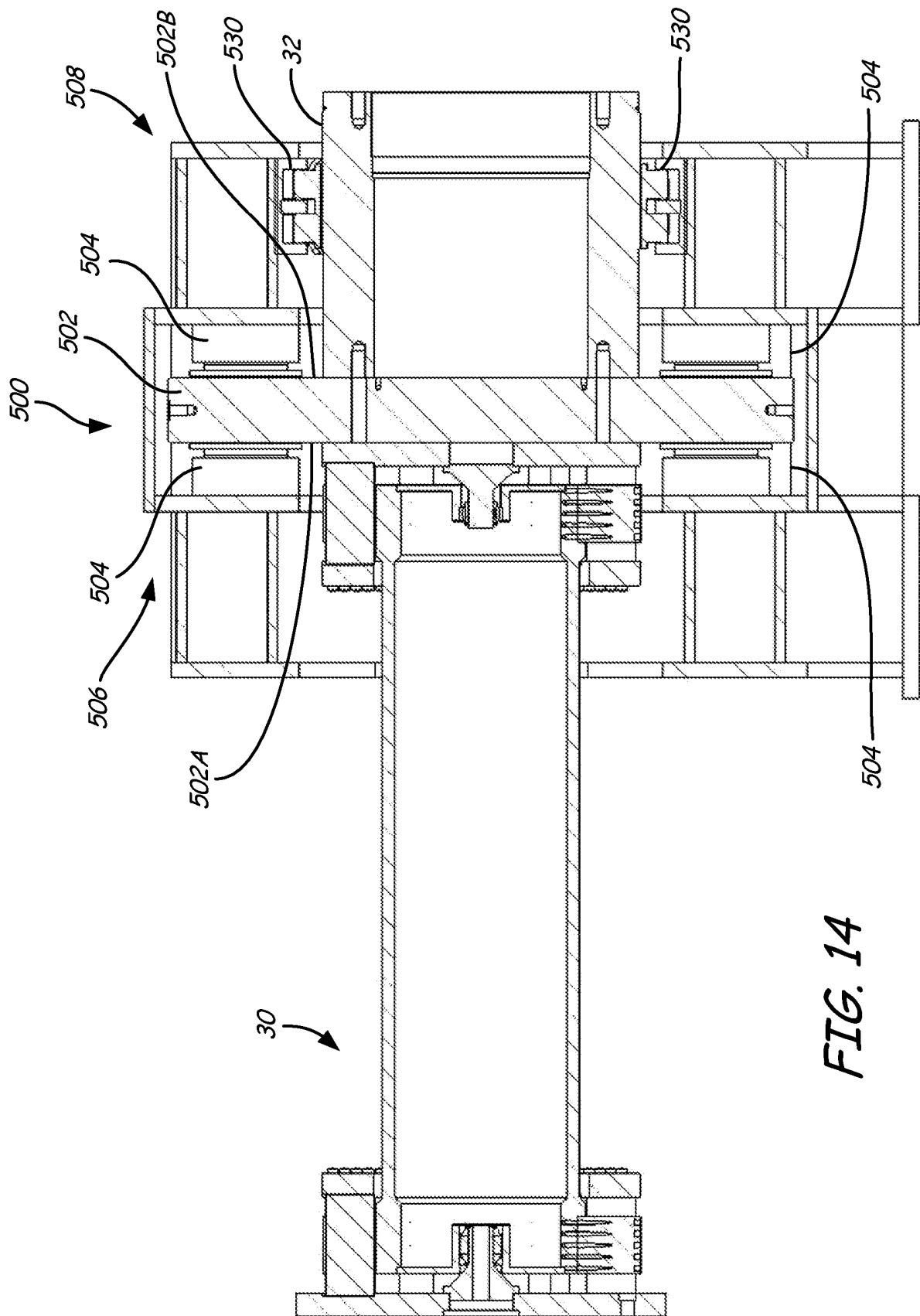


FIG. 14

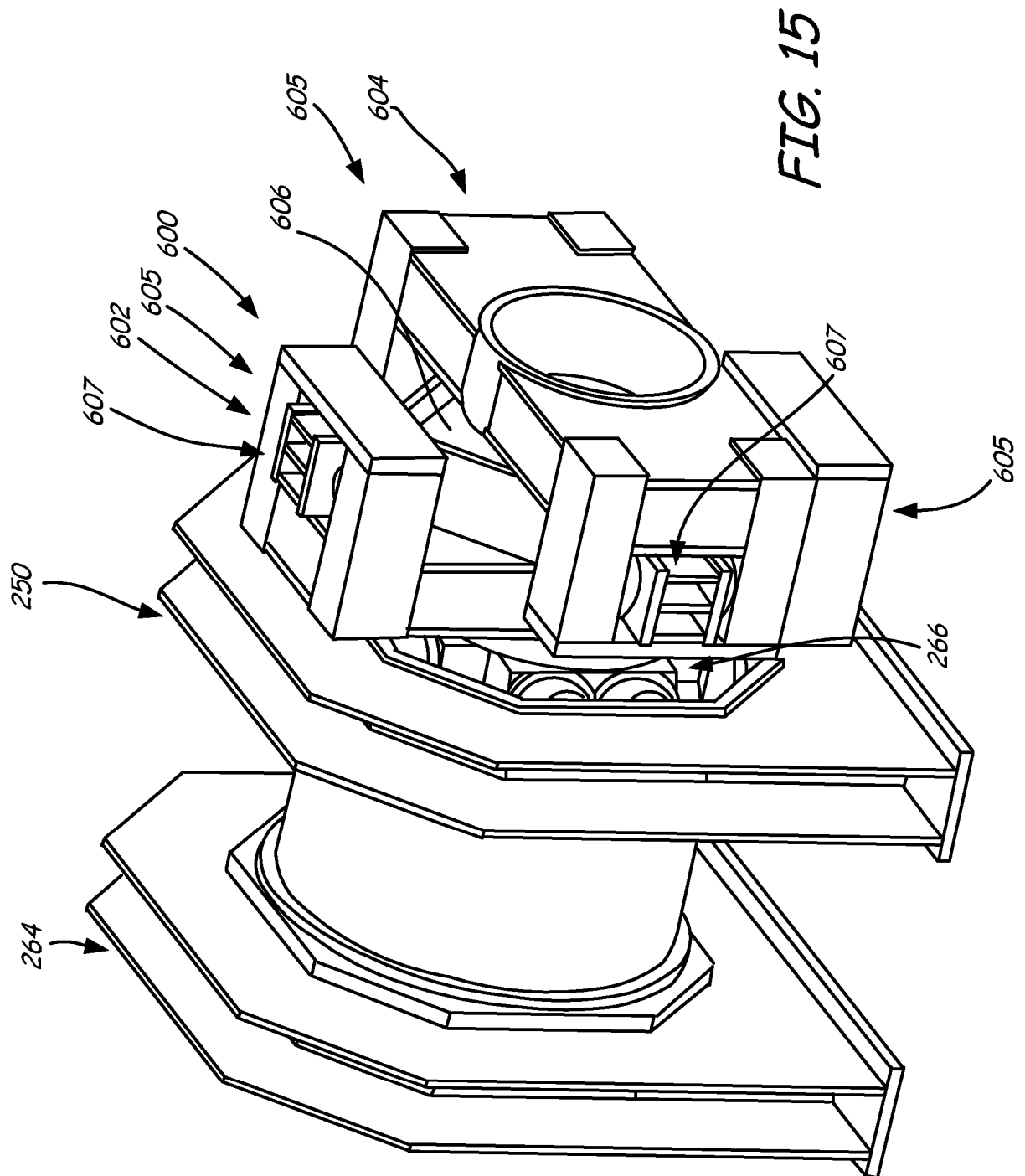
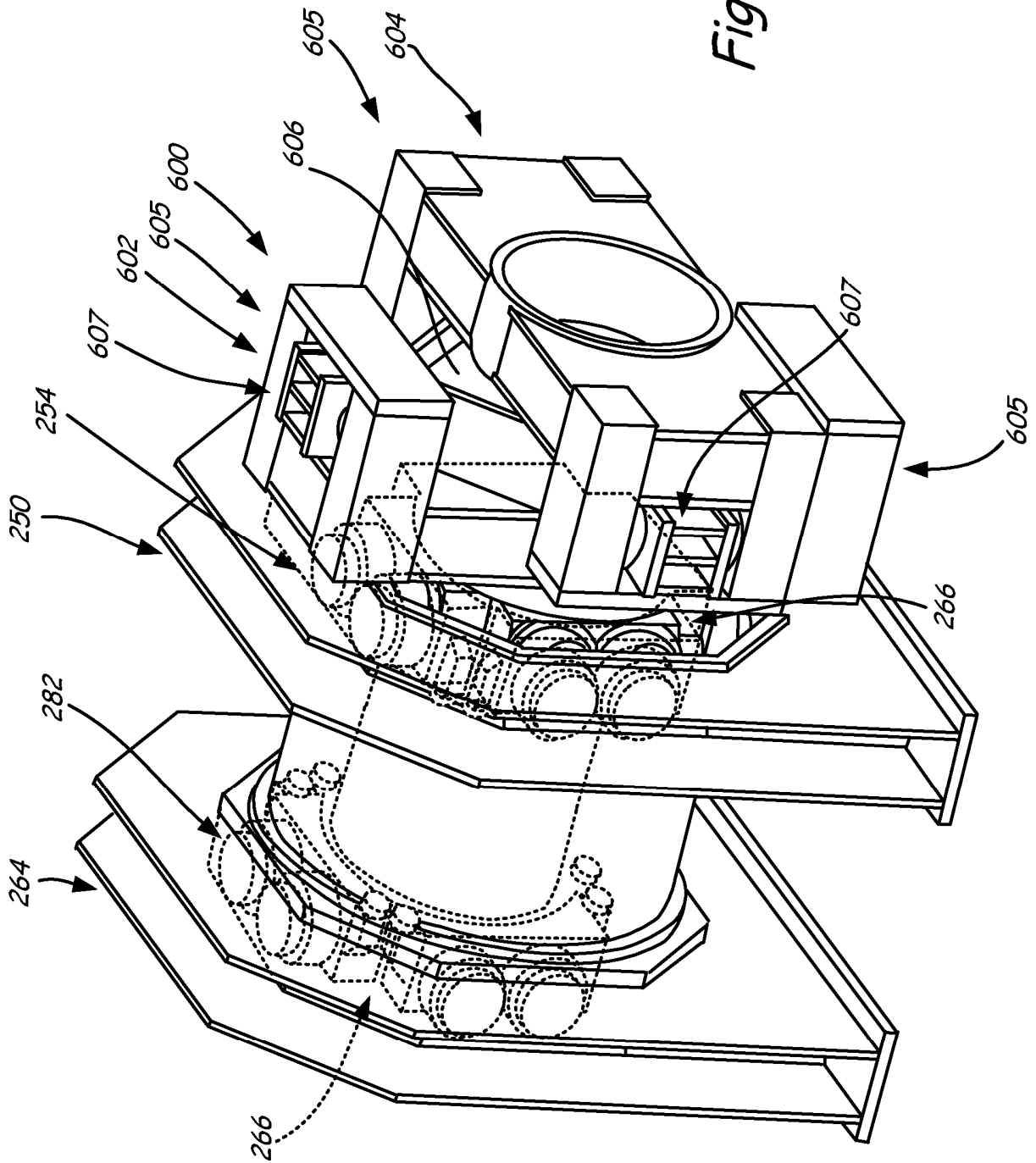
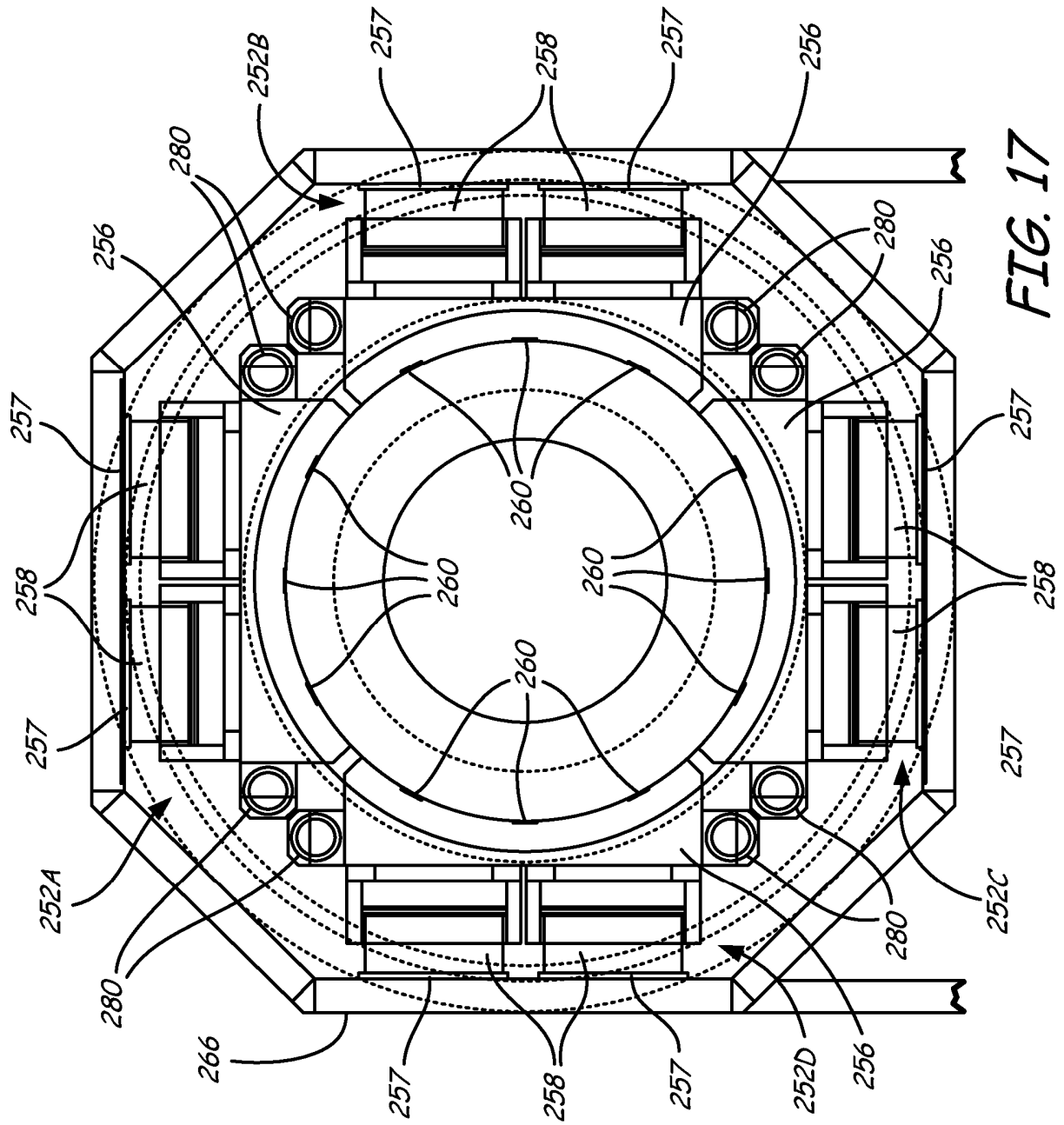


Fig. 16





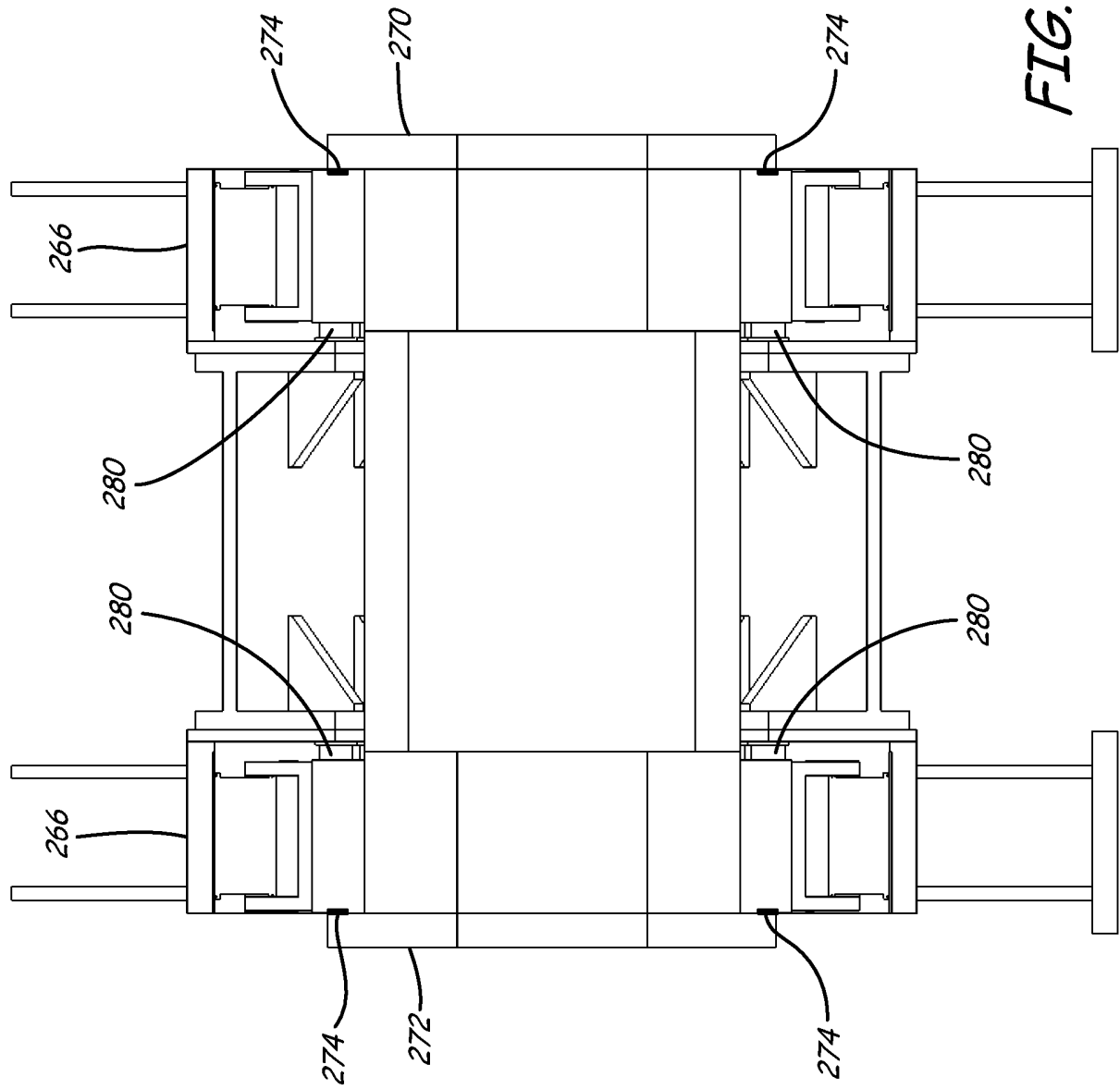
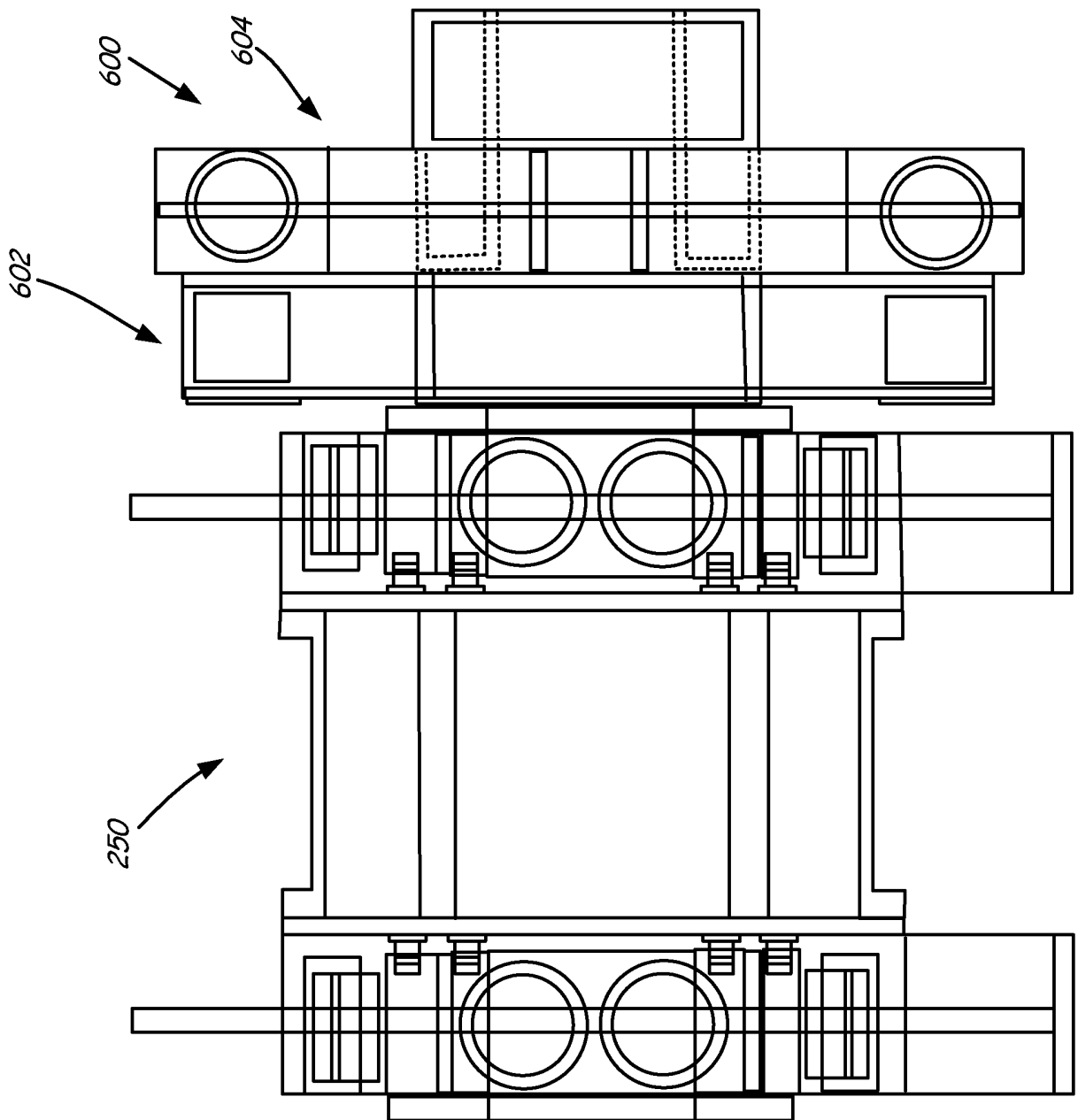


FIG. 19



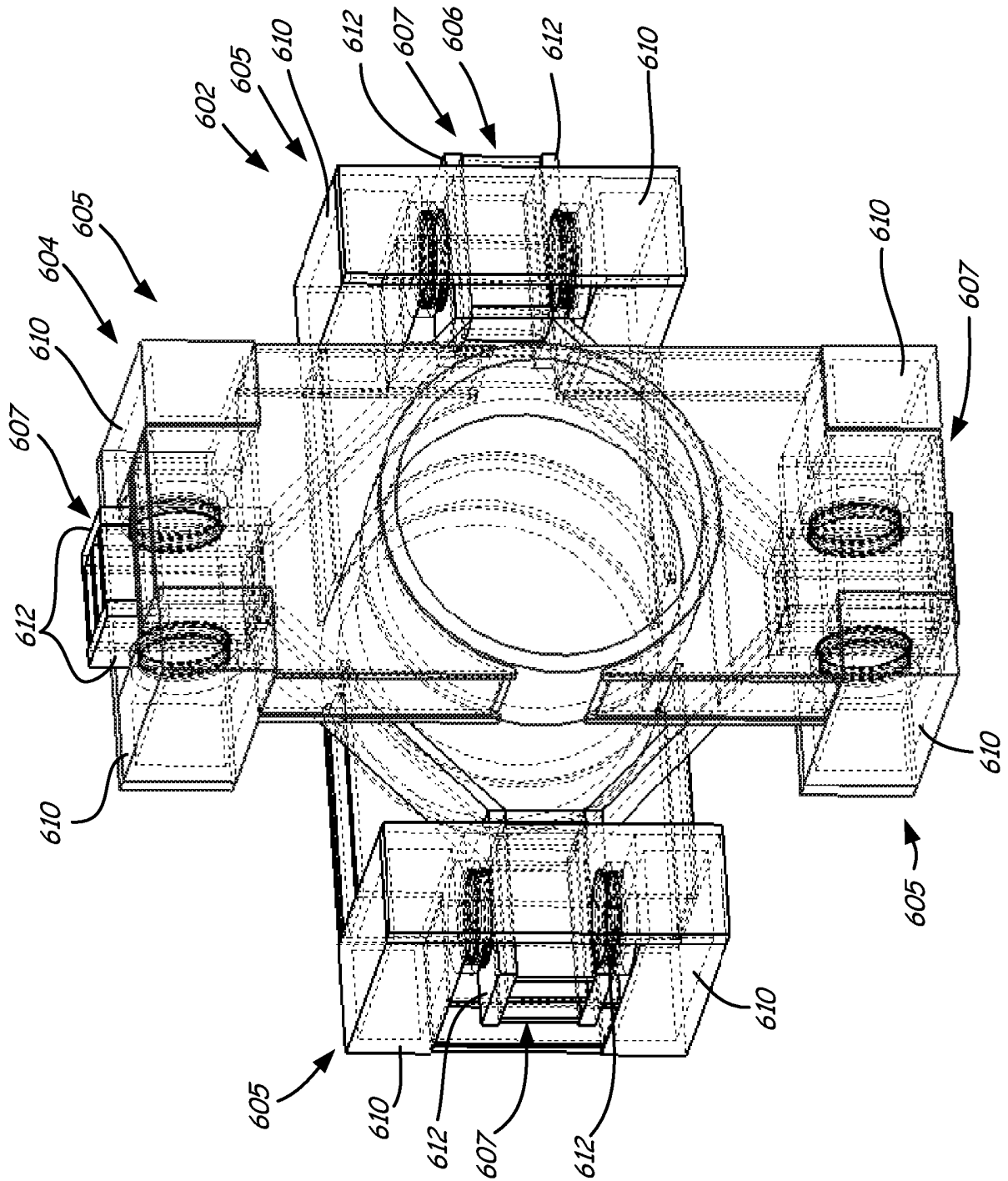


FIG. 20

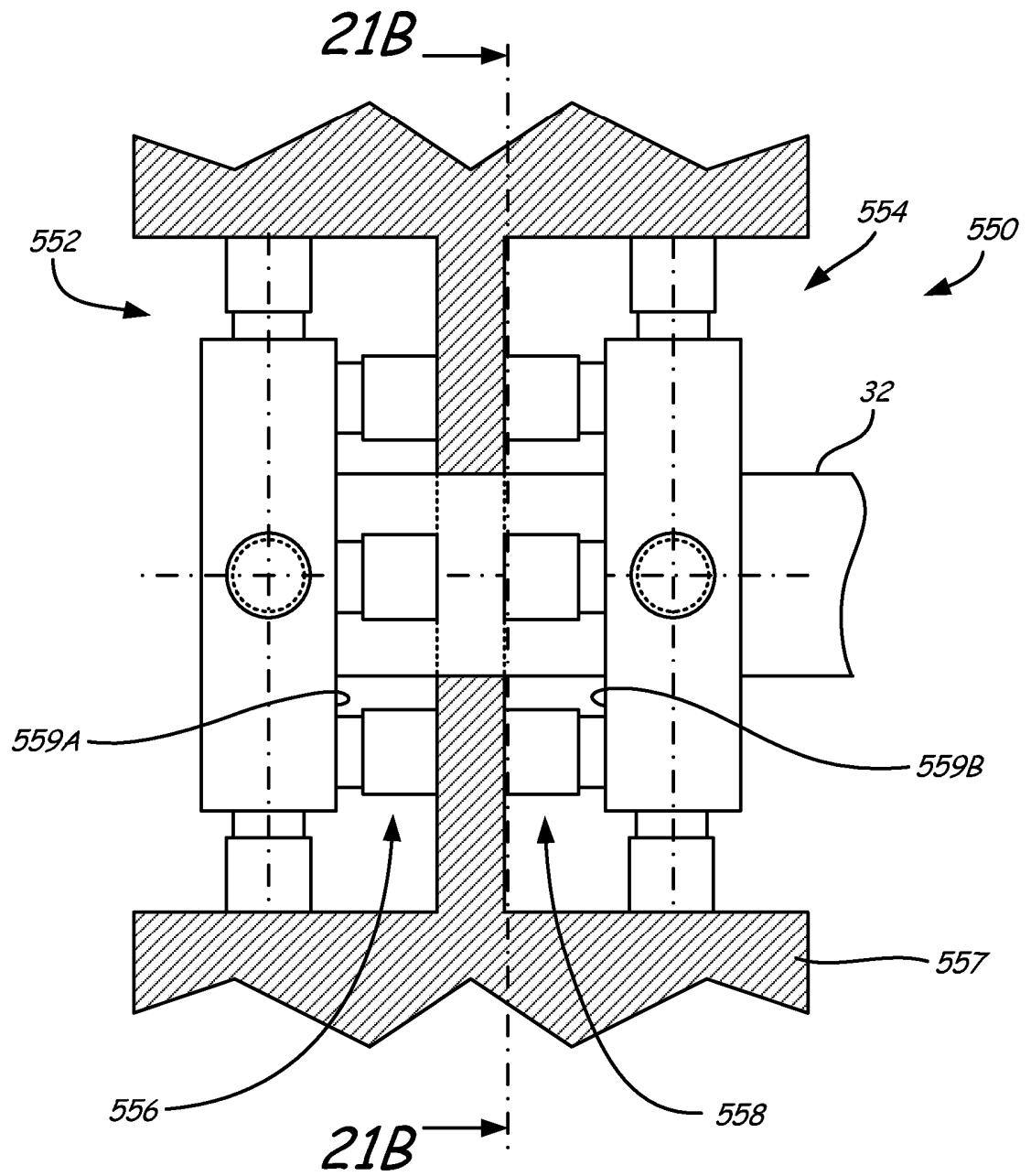


FIG. 21A

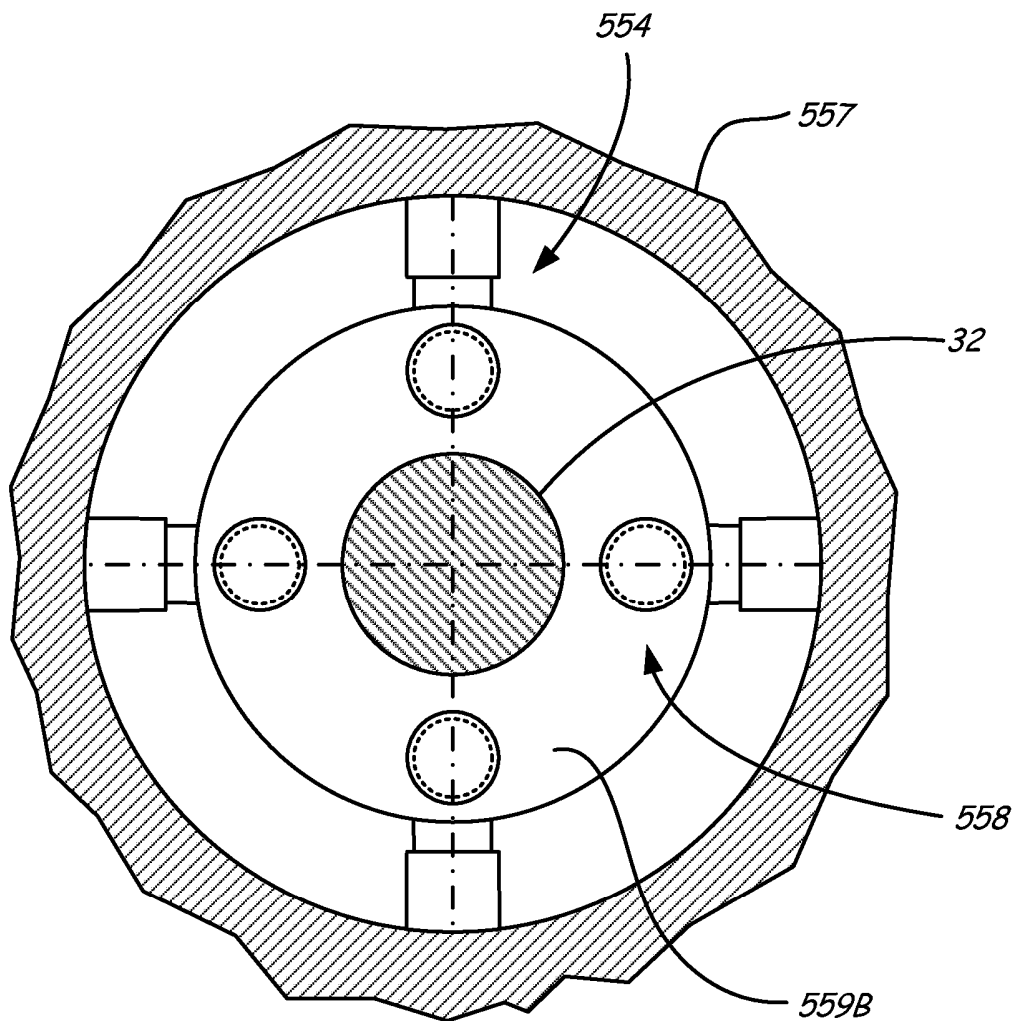


FIG. 21B

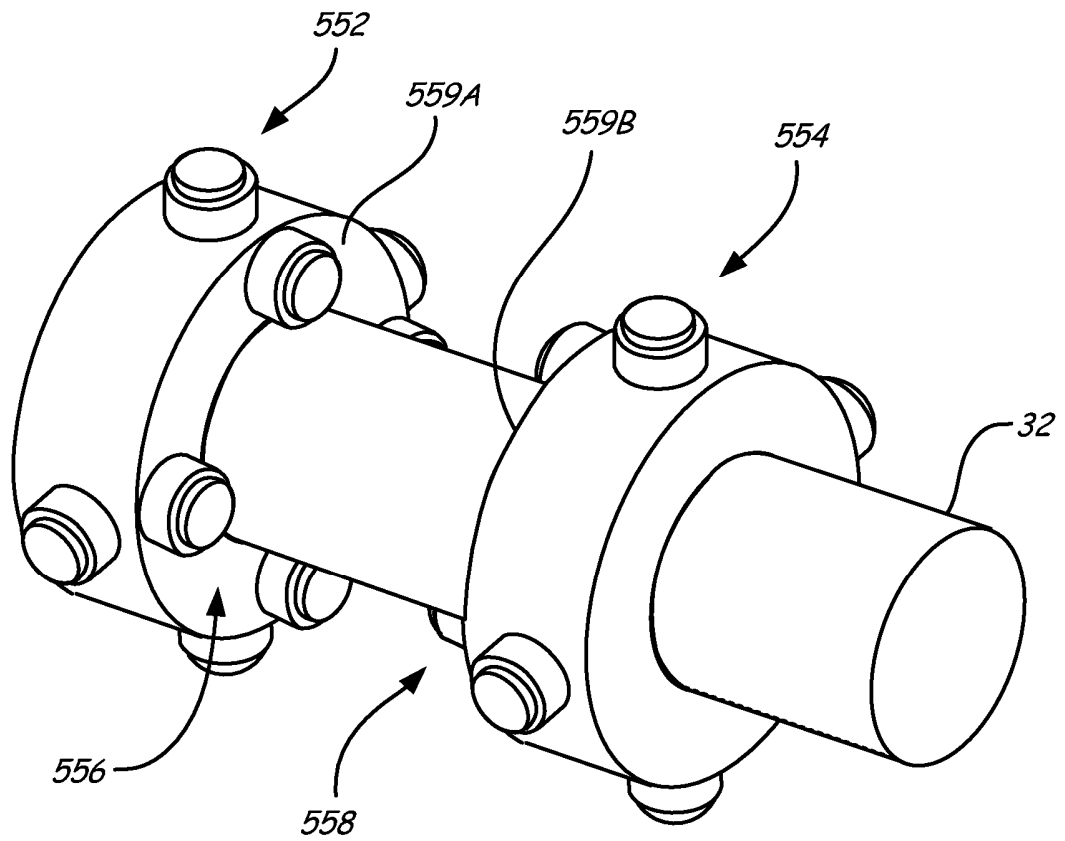


FIG. 21C

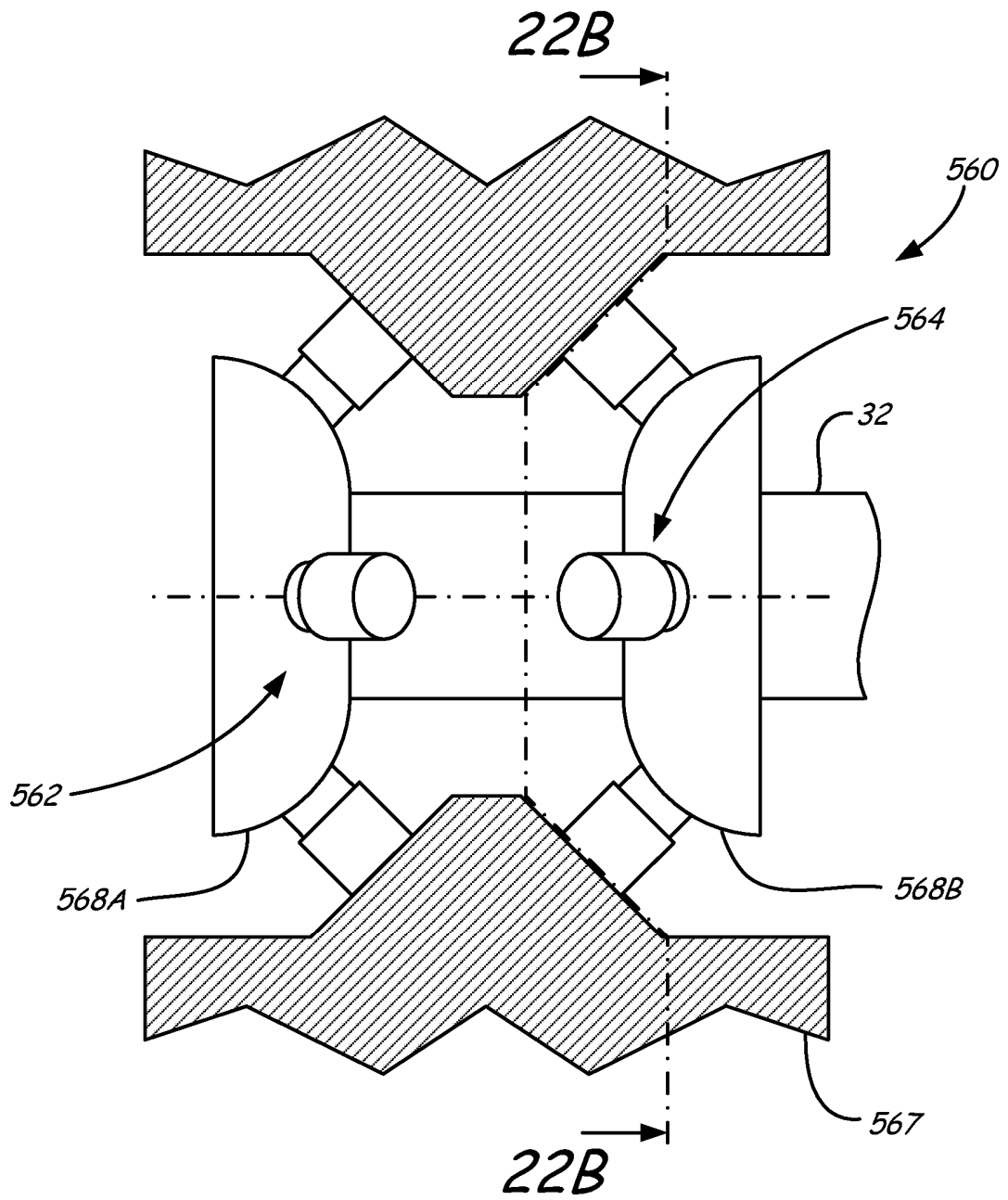


FIG. 22A

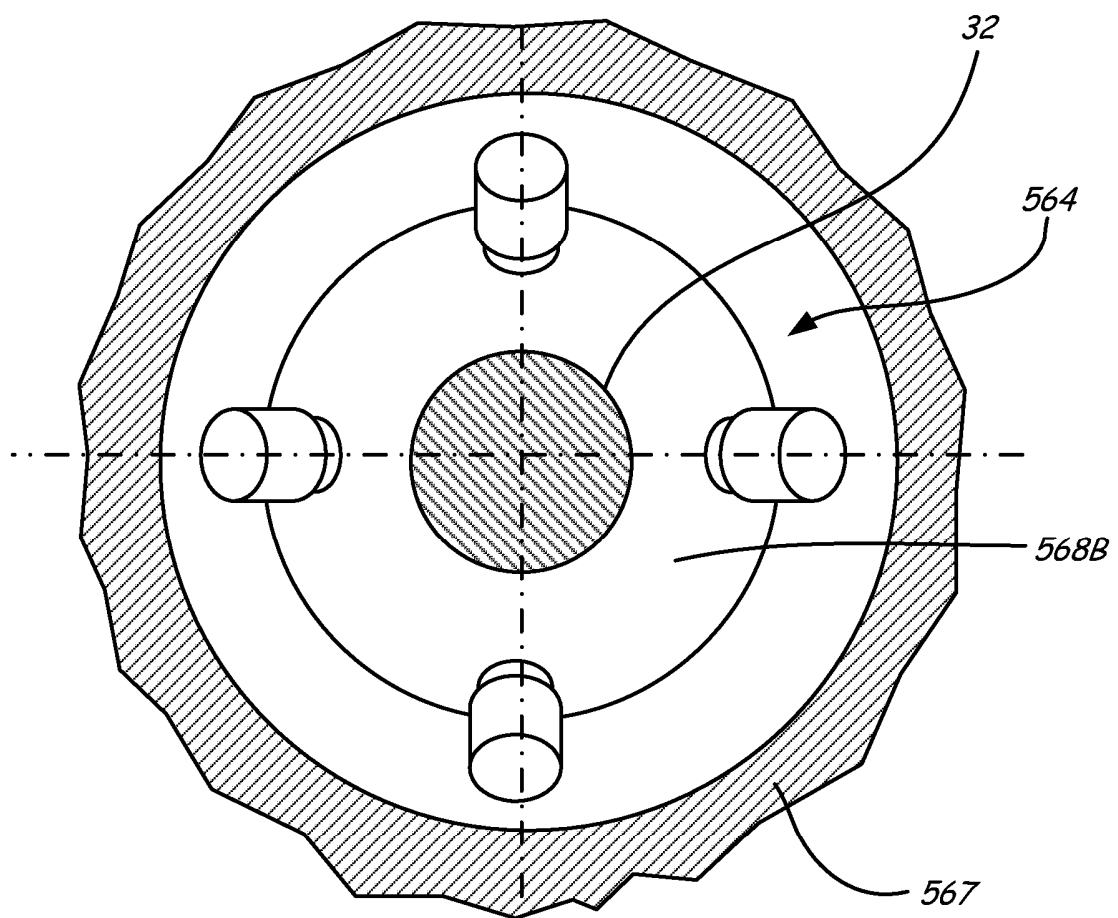


FIG. 22B

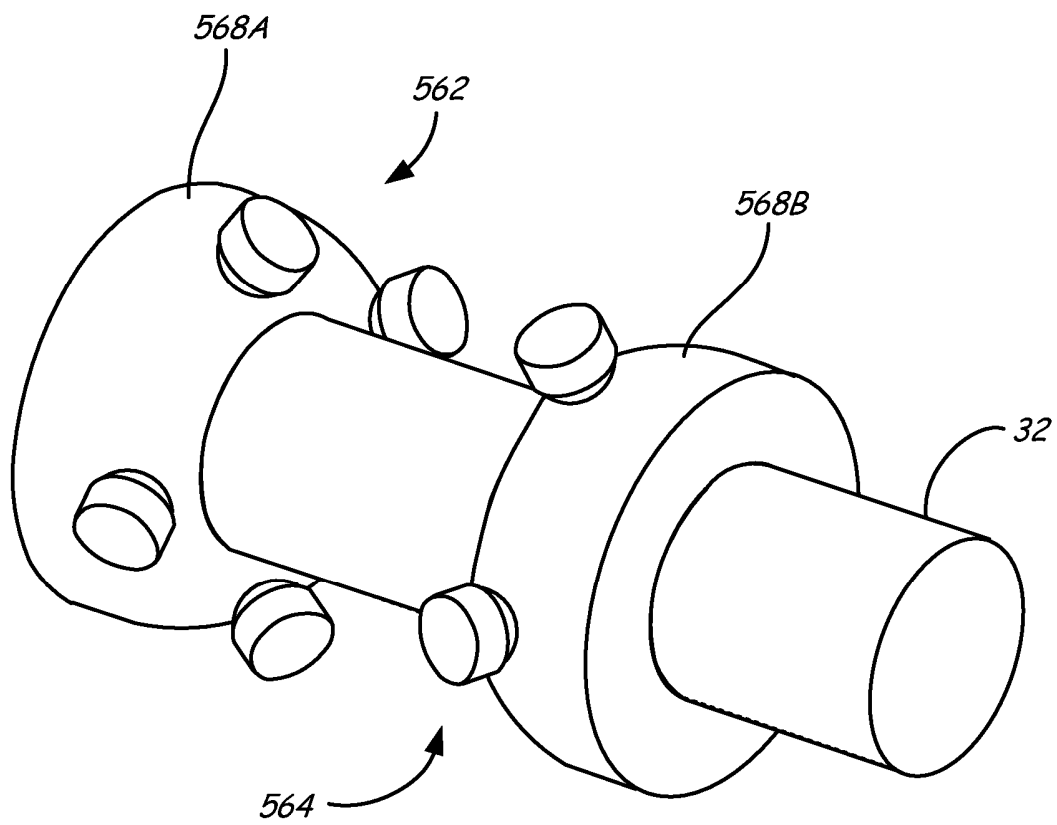


FIG. 22C

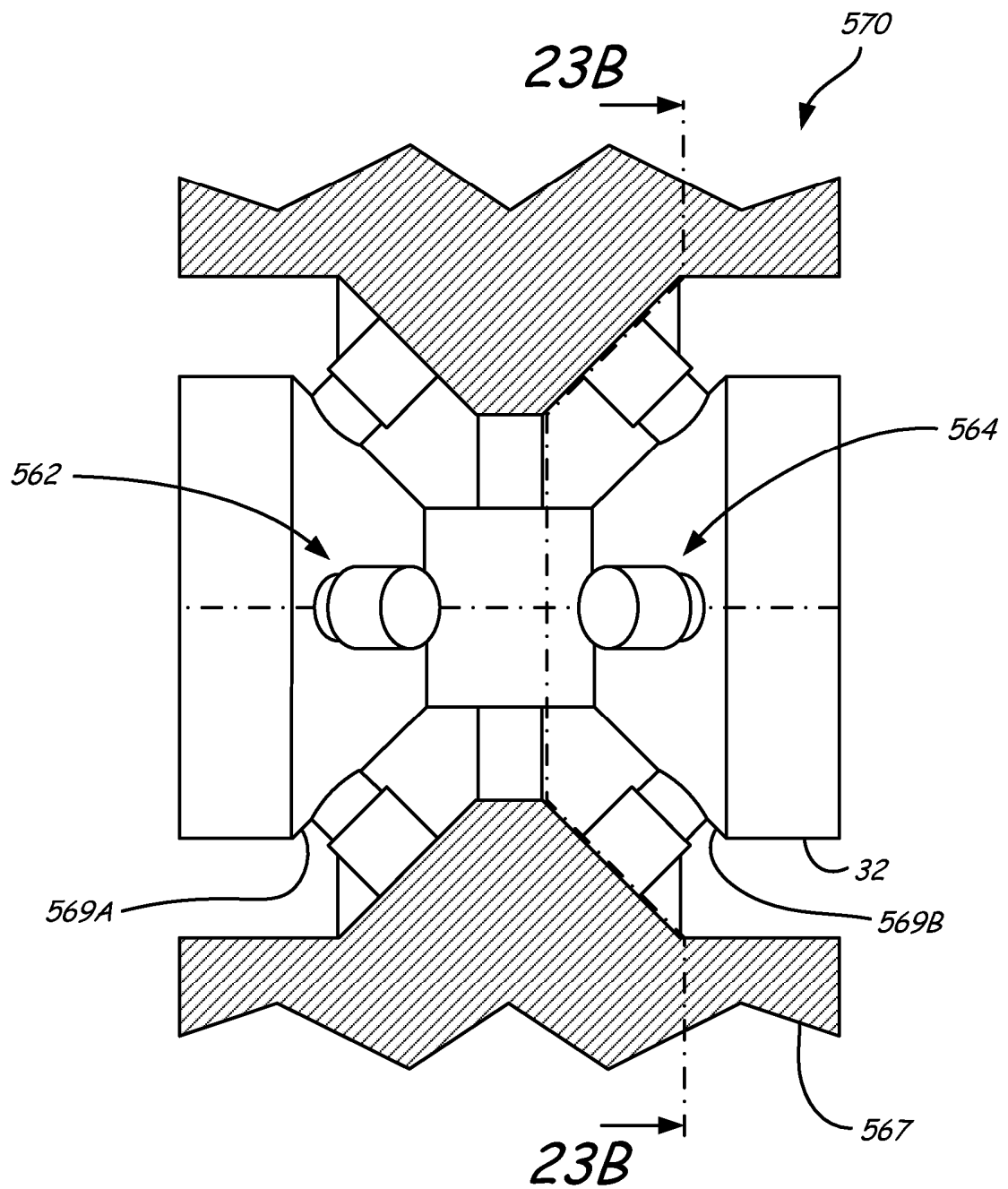


FIG. 23A

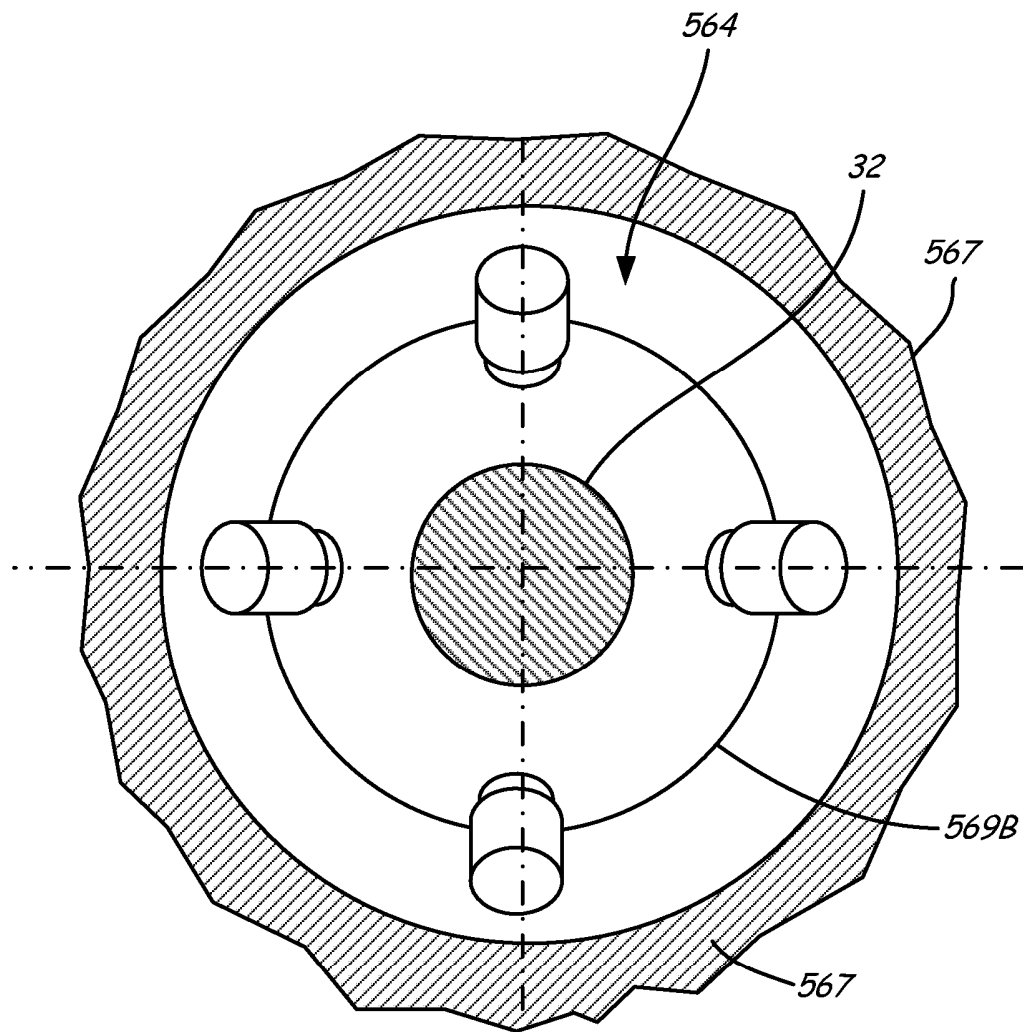


FIG. 23B

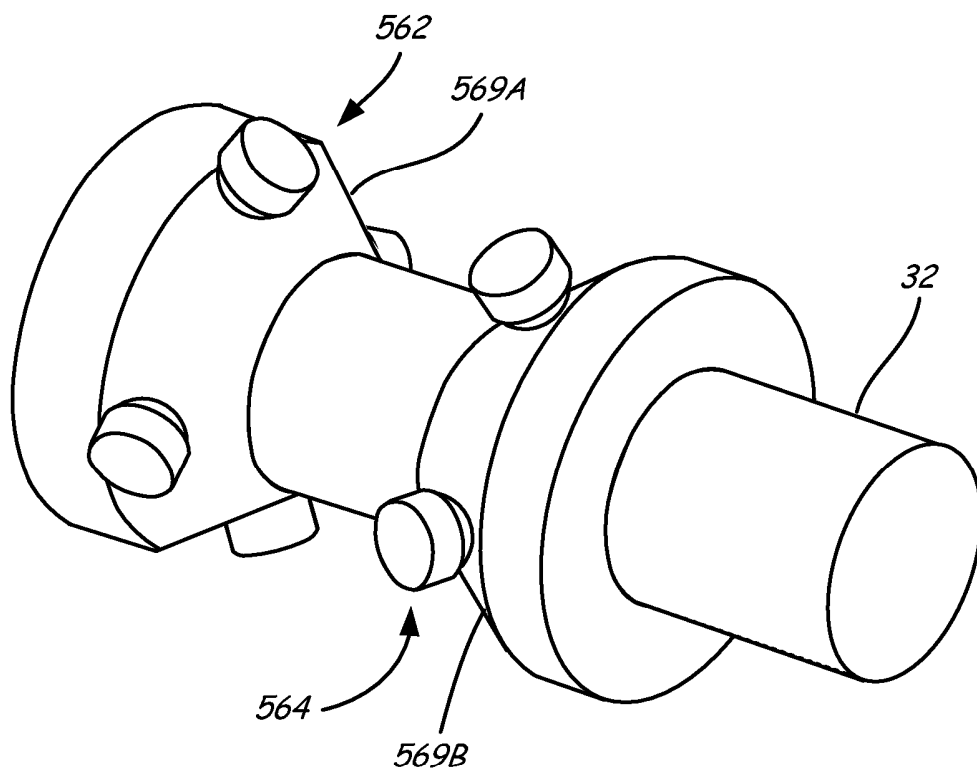


FIG. 23C

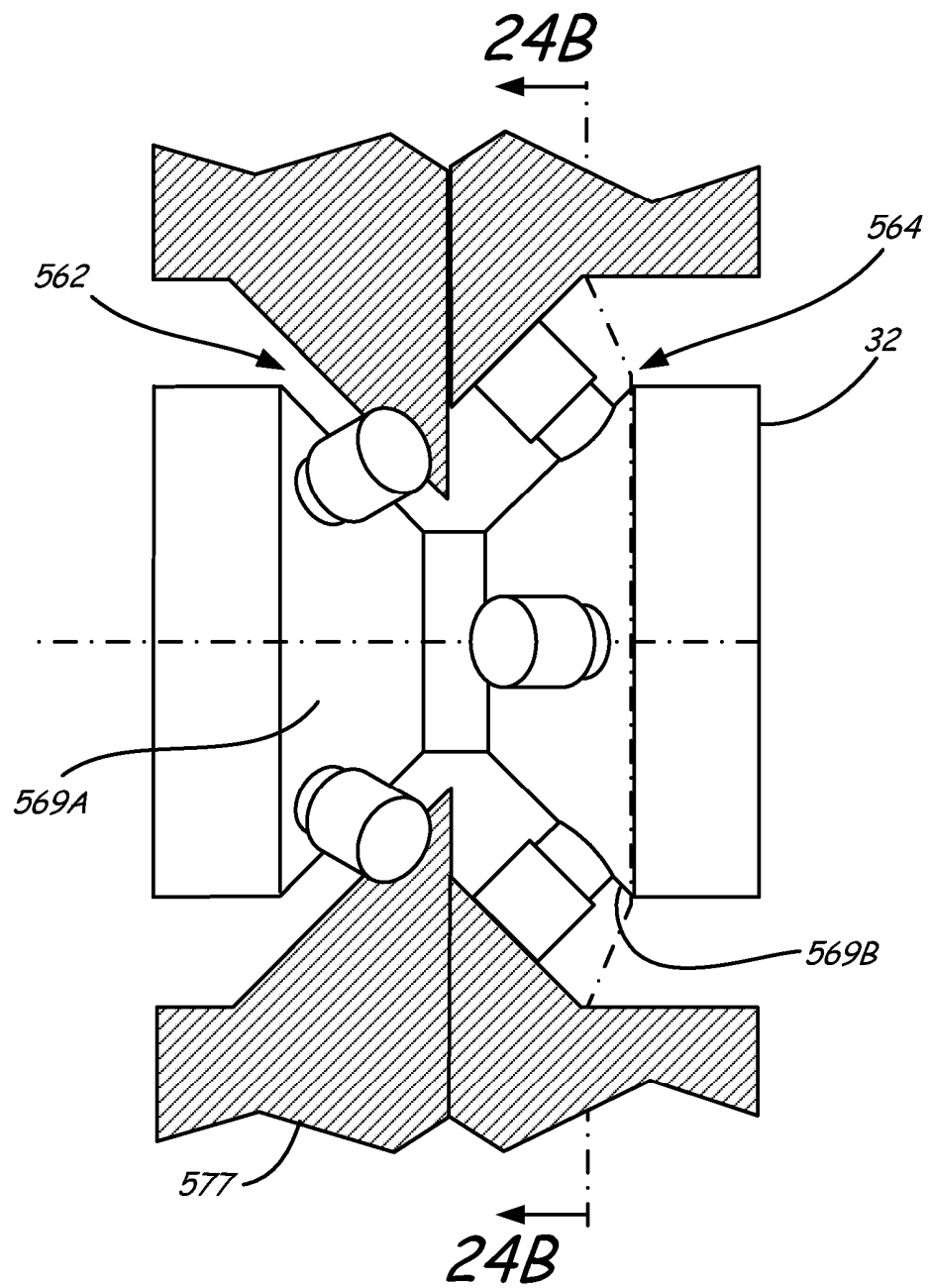


FIG. 24A

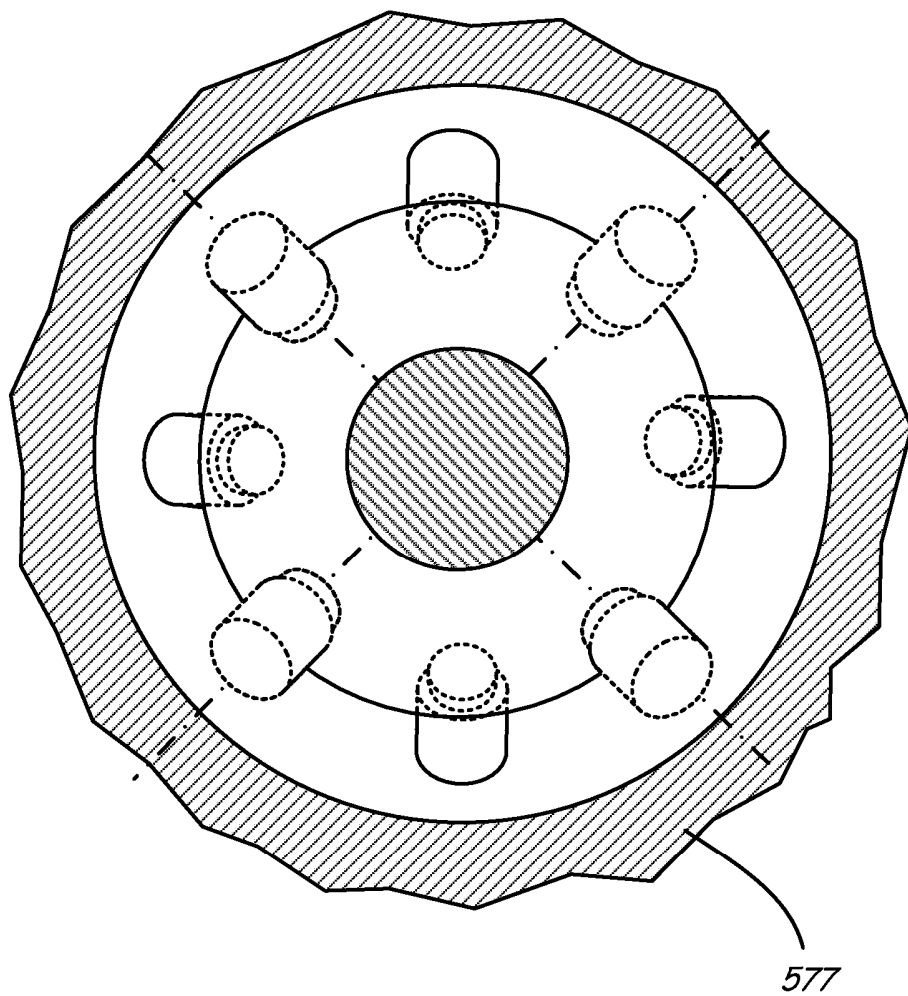


FIG. 24B

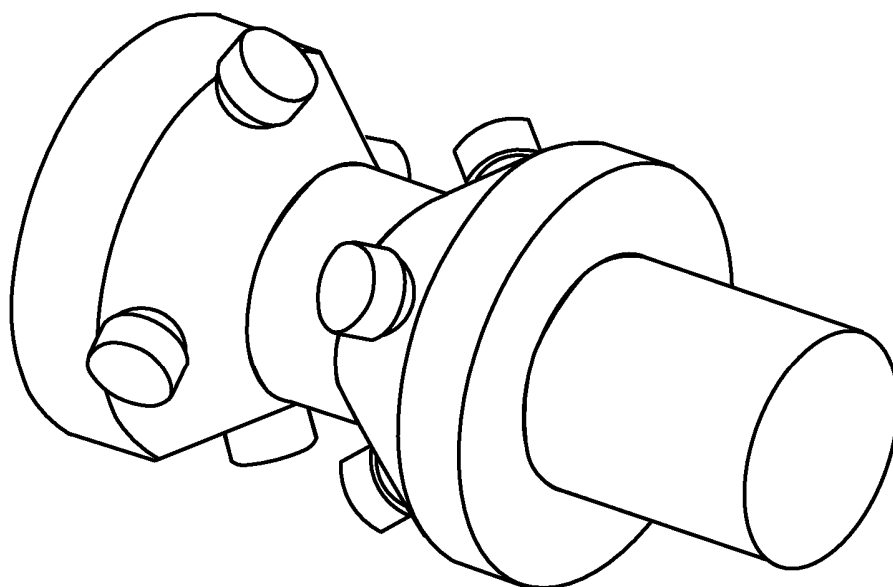


FIG. 24C

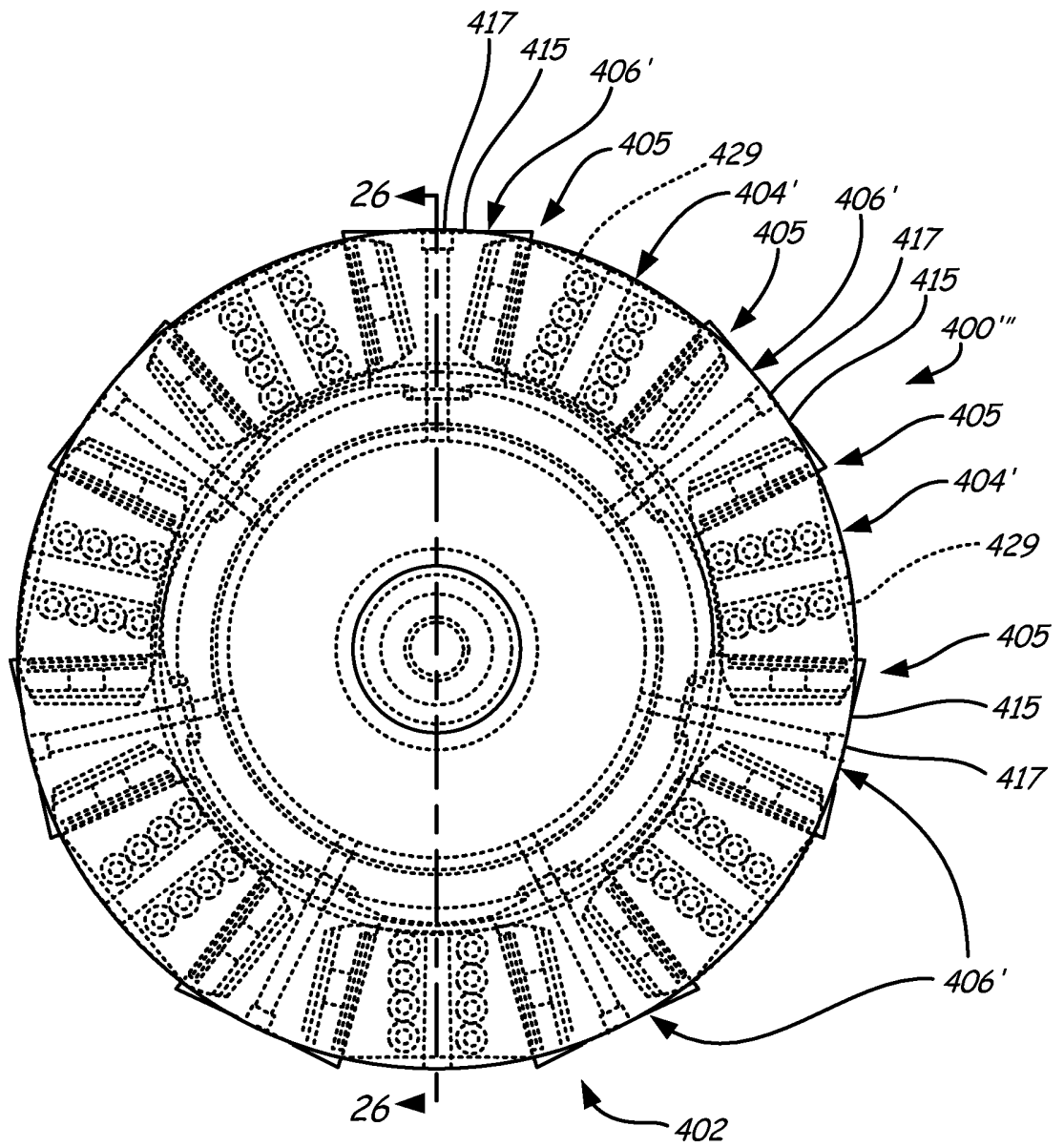


FIG. 25

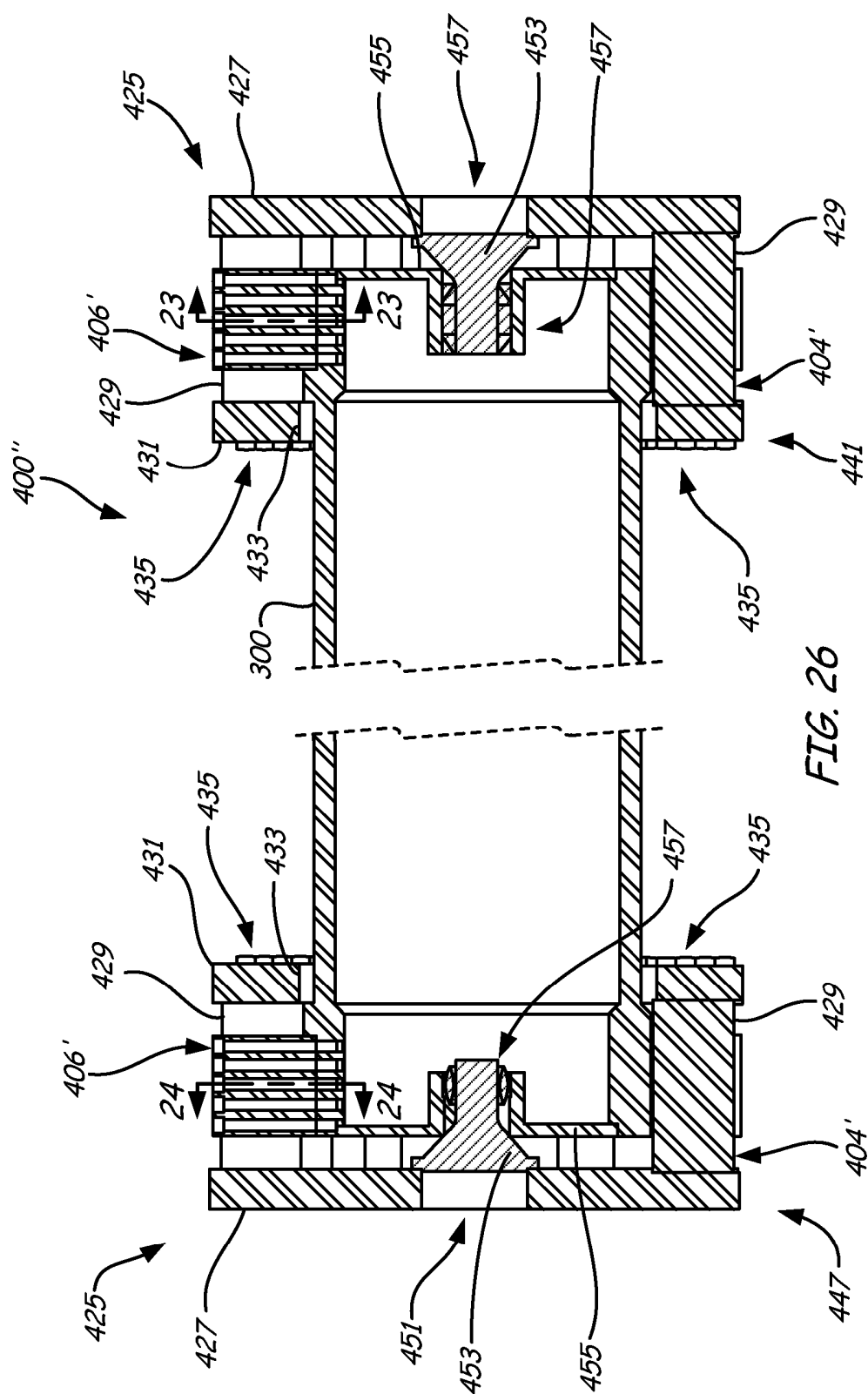


FIG. 26

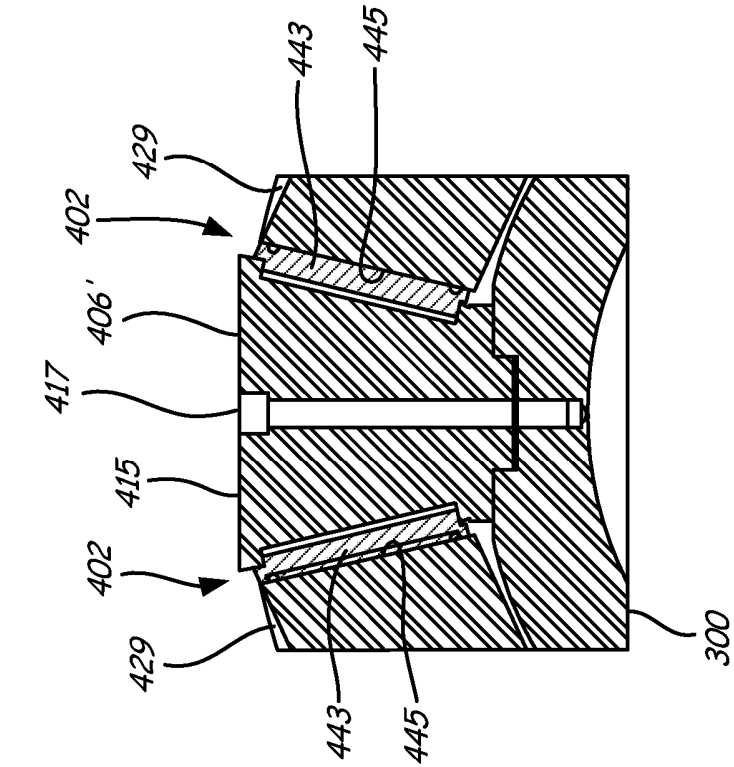


FIG. 27

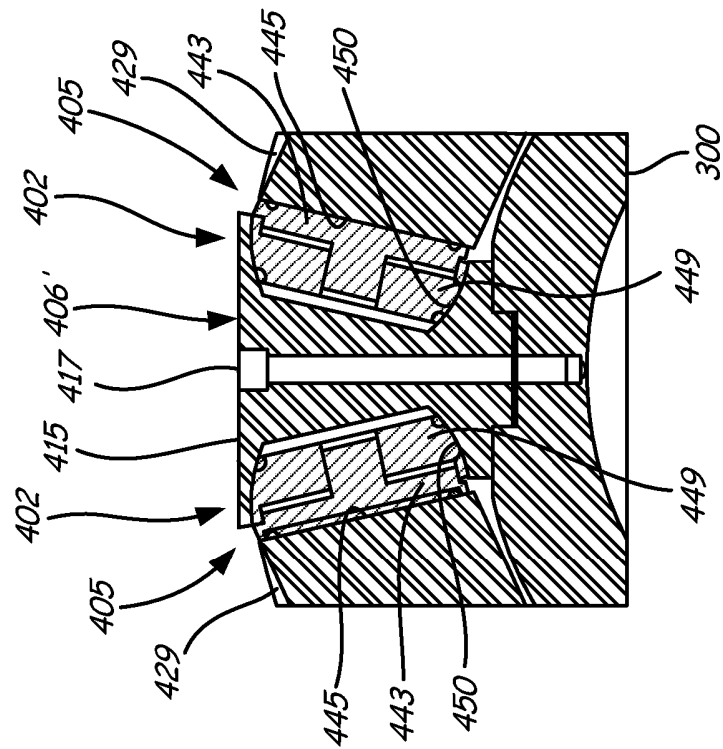


FIG. 28

