

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 726 374**

(51) Int. Cl.:

B24C 7/00 (2006.01)
B24C 9/00 (2006.01)
B26F 3/00 (2006.01)
F04B 17/03 (2006.01)
H02K 7/06 (2006.01)
F04B 9/02 (2006.01)
F04B 11/00 (2006.01)
F04B 49/06 (2006.01)
F04B 53/08 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.03.2009 PCT/AU2009/000334**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **01.10.2009 WO09117765**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.03.2009 E 09726155 (6)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2019 EP 2268922**

(54) Título: **Bomba de ultra alta presión con mecanismo de accionamiento de rotación alternante y desplazamiento lineal**

(30) Prioridad:

26.03.2008 AU 2008901442

(73) Titular/es:

QUANTUM SERVO PUMPING TECHNOLOGIES PTY LTD (100.0%)
47 Barry Road
Campbellfield VIC 3061, AU

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.10.2019

(72) Inventor/es:

REUKERS, DARREN

(74) Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 726 374 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

Bomba de ultra alta presión con mecanismo de accionamiento de rotación alternante y desplazamiento lineal

Introducción

La invención se refiere a una bomba de ultra alta presión, en particular una bomba de chorro de agua de ultra alta presión para uso en aparatos de corte por chorro de agua, de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

Antecedentes de la invención

Aparatos de corte por chorro de agua han sido usados durante algunos años para cortar una diversidad de materiales tales como acero, aluminio, vidrio, mármol, plástico, caucho, corcho y madera. Situada la pieza de trabajo sobre un depósito de agua poco profundo, una cabeza de corte que expela un chorro de corte es desplazada con precisión en la pieza de trabajo para efectuar el corte deseado. La acción de corte es realizada merced a la combinación de un chorro de agua de muy alta presión (hasta 620 Mpa (90000 psi)) que lleva consigo partículas finas de material abrasivo, usualmente arena, causantes de la acción de corte. Debajo de la pieza de trabajo un depósito recoge el agua y la arena que salen de la cabeza de corte.

Chorros de agua de "presión ultra alta" (UHP) es una expresión usada en la industria relacionada con el corte por chorro de agua para definir un proceso por el que agua es presurizada por encima de 345 Mpa (50000 psi) y usada después como herramienta de corte. El agua de alta presión es hecha pasar por un orificio muy pequeño, típicamente de entre 0,1 mm y 0,5 mm de diámetro, de una joya que con frecuencia es rubí, zafiro o diamante.

Para crear el agua de alta presión se usan generalmente dos clases de bombas, a saber:

a) bombas intensificadoras; y

20 b) bombas de manivela de accionamiento directo.

Usualmente las bombas intensificadoras son bombas hidráulicas capaces de presurizar aceite hasta aproximadamente 20 Mpa (3000 psi). El aceite presurizado es hecho penetrar en un cilindro provisto de un pistón grande unido con un pistón cuya superficie es veinte veces menor que la superficie del pistón hidráulico. El pistón secundario está posicionado en un cilindro lleno de agua. Forzado a moverse en vaivén, el pistón hidráulico fuerza al pistón del agua a moverse en vaivén, creando una presión de unas veinte veces la del sistema hidráulico. Estos sistemas son bastante fiables pero son ineficaces por la necesidad de accionar el sistema hidráulico. En general, la eficacia de funcionamiento de estas bombas es de aproximadamente un 55%.

La bomba de manivela de accionamiento directo, en la que un motor está acoplado directamente con un cigüeñal, es más eficaz. Al girar, el cigüeñal acciona varios pistones pequeños, usualmente tres, haciéndolos mover en vaivén en cilindros para presurizar el agua. Cuando el agua presurizada es utilizada estas bombas son bastante eficaces, generalmente por encima del 80%, pero no pueden almacenar ni mantener la presión, lo que significa que cuando el aparato de chorro de agua no está cumpliendo su función de corte el agua presurizada es expelida por una válvula de alivio, esto es, tanto en estado inactivo como durante una operación de corte la cantidad de energía consumida por las bombas es similar. Estas bombas no son tan fiables como las bombas intensificadoras debido a la elevada velocidad de pistón y al número de carreras requerido para conseguir el mismo volumen de agua de ultra alta presión.

Las limitaciones de las bombas descritas han dado lugar a la presente invención.

La patente norteamericana nº 6.139.288 divulga una bomba que incluye un árbol de transmisión roscado, rodeado y accionado por un árbol de rotación. En los extremos del árbol de rotación hay tuercas que cooperan con el árbol de transmisión. La bomba puede entregar 196 Mpa.

40 La patente norteamericana nº 5.704.250 divulga un husillo de bolas con precarga ajustable dinámicamente. El mecanismo comprende un alojamiento situado en torno a un estátor. El alojamiento comprende una camisa refrigerada por agua.

45 La patente norteamericana nº 4.276.003 divulga un sistema de bomba de pistón móvil en vaivén con husillo. La bomba incluye un vástago de pistón. El pistón está provisto de un dispositivo antirrotación. El dispositivo antirrotación presenta un par de rodillos en sus extremos. Los rodillos apoyan contra un par de pistas para impedir la rotación del vástago de pistón.

La patente norteamericana nº 5.993.181 divulga un conjunto de bomba que comprende dos bombas de pistón, siendo la velocidad de un pistón mayor que la velocidad del otro pistón cuando dicho otro pistón invierte su dirección.

La presente invención es definida de acuerdo con las particularidades de la reivindicación 1.

Según la invención, los medios de accionamiento están conectados con pistones en ambos extremos del árbol, estando adaptado cada pistón para efectuar un movimiento de vaivén en cilindros asociados, por lo que hay definidas dos cámaras de bombeo.

5 Se prefiere que el servomotor esté situado dentro de un alojamiento cilíndrico, encerrado a su vez en una camisa de refrigeración por agua. En una realización del invento el servomotor incluye un codificador para determinar la frecuencia de rotación del árbol de rotor, estando conectado el codificador con el control del motor merced a un bucle de realimentación.

10 De acuerdo con la invención, los medios de accionamiento comprenden una tuerca fijada linealmente, aplicada a rosca con el árbol de rotor. La tuerca está aplicada a rosca con un tornillo de manera que la rotación axial del árbol de rotor y de la tuerca de rotor comunique movimiento en vaivén al tornillo.

15 El tornillo de una realización preferida se extiende fuera de cada extremo de la bomba para su acoplamiento con los pistones.

20 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención se proporciona un mecanismo de accionamiento que comprende un controlador acoplado con un servomotor provisto de un estátor montado coaxialmente en torno a un rotor hueco, incluyendo el rotor hueco medios de accionamiento acoplados coaxialmente con un árbol de salida de manera que los medios de accionamiento conviertan movimiento de rotación del rotor en desplazamiento lineal del árbol, y un codificador destinado a medir el movimiento del rotor o del árbol de salida y enviar al controlador una señal de realimentación proporcional al movimiento.

25 De acuerdo con todavía otro aspecto de la presente invención se proporciona un accionador lineal que comprende un servomotor provisto de un estátor montado coaxialmente en torno a un rotor hueco, un miembro de accionamiento sin libertad de movimiento axial aplicado con el interior del rotor y que soporta a rosca un árbol al que comunica desplazamiento lineal, y un codificador que vigila el movimiento del miembro de accionamiento o del árbol y envía una señal de realimentación al servomotor de tal manera que el funcionamiento y control del servomotor dé lugar al desplazamiento lineal controlado del árbol.

25 **Descripción de los dibujos**

Con carácter solo ilustrativo se describirá a continuación una realización de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es una vista en alzado lateral de una bomba de ultra alta presión;

la figura 2 es una vista de extremo de la bomba en alzado;

30 la figura 3 es una vista de la bomba en sección, tomada por la línea A-A de la figura 2;

la figura 4 es una vista de la bomba en sección, tomada por la línea B-B de la figura 1; y

la figura 5 es un diagrama que muestra el bucle de realimentación de un accionador lineal.

35 **Descripción de la realización preferida**

40 Aunque la realización preferida se refiere a una bomba de alta presión especialmente para uso en maquinaria de corte por chorro de agua, ha de entenderse que la invención de la aplicación en cuestión es, en esencia, un mecanismo de accionamiento utilizable en una amplia diversidad de casos en los que se requiera un control estrecho y cuidadoso del accionamiento. Uno de los usos del mecanismo de accionamiento consiste en un accionador lineal capaz de reemplazar cilindros hidráulicos, inherentemente ineficaces, ruidosos, sucios e imprecisos, en una amplia diversidad de aplicaciones de ingeniería, tales como prensas, robótica, manipulación de materiales y otros usos similares. Un servomotor con un bucle de realimentación cerrado proporciona la oportunidad de controlar estrecha y cuidadosamente el accionamiento.

45 Cuando es utilizado en una bomba, el mecanismo de accionamiento comprende un servomotor que acciona dos pistones móviles en vaivén que sobresalen de cada extremo de la bomba para trabajar en cilindros en los que han de presurizar agua por encima de 345 Mpa (50000 psi).

50 Como muestran las figuras 1 a 4, la bomba 10 comprende un alojamiento cilíndrico 11 encerrado en una camisa cilíndrica 12 refrigerada por agua. El alojamiento 11 está provisto de pestañas de extremo 16, 17 que soportan un árbol de rotor hueco 15 en el bobinado 19 de un servomotor. Un extremo 13 del árbol de rotor 15 es soportado por un apoyo anular 14 situado entre el alojamiento 11 y el árbol 15. El otro extremo 18 del árbol de rotor 15 soporta un alojamiento 27 de apoyo que soporta un apoyo 28.

55 El árbol de rotor 15 aloja una tuerca de rodillo 30, a su vez aplicada a rosca con un tornillo alargado 31. Aplicada directamente con el interior del árbol sin libertad de movimiento axial, la tuerca de rodillo 30 gira con el árbol de rotor 15. El tornillo 31 presenta un exterior roscado 20 con un plano 21 mecanizado en un extremo 22. El plano 21 soporta

apoyos lineales 23, 24 que corren en carriles alargados separados 25, 26 (figura 4). Los carriles 25, 26 sobrepasan la pestaña de extremo 17 del alojamiento 11. El extremo del árbol de rotor 15 que soporta el apoyo 28 soporta un codificador 80 posicionado externamente.

5 Los extremos del tornillo 31 están acoplados con pistones 50 y 51 dispuestos para moverse en vaivén en cilindros asociados 54 y 55. Las cabezas 56, 57 de los pistones definen con los cilindros 54, 55 cámaras de compresión 58, 59.

Dentro del alojamiento 11, el árbol de rotor 15 está situado en los apoyos separados 14 y 28 para facilitar la rotación axial del árbol 15 con respecto al alojamiento 11. Las pestañas de extremo 16, 17 están atornilladas y aseguradas en el alojamiento 11 para mantener unido el conjunto, y los pistones sobresalientes 50, 51 están insertados en monturas de acero inoxidable 65, 66 que soportan los cilindros 54, 55.

10 15 El servomotor hace girar el árbol de rotor 15, que a su vez hace girar la tuerca de rodillo 30 carente de libertad de movimiento axial, lo que significa que el tornillo 31 se mueve linealmente en la tuerca de rodillo 30. Al invertir la dirección de rotación del árbol de rotor 15, el tornillo 31 puede ser hecho mover en vaivén para que comunique el movimiento de vaivén a los pistones 50, 51, que a su vez presurizan el agua introducida en las cámaras de compresión 58, 59 a través de entradas 60, para entregar agua de alta presión por las salidas 61 a presiones mayores que 3447,3786 bares (50000 psi).

20 Cada cilindro 54, 55 está provisto de una entrada 73 de agua de baja presión controlada mediante una válvula de retención 74 que comunica con las cámaras de compresión 58, 59 formando un ángulo de 45° con el eje del cilindro. Una salida 75 de alta presión está posicionada coaxialmente con el extremo del cilindro e incluye una válvula de retención 76. Entre los extremos interiores de los cilindros 54, 55 y los pistones 50, 51 hay situados obturadores de alta presión 70, 71 para evitar presión de retorno.

El servomotor es controlado mediante un controlador numérico computarizado (CNC).

25 El servomotor usado en la realización preferida es un servomotor de CC sin escobillas que funciona con una tensión de CC de aproximadamente 600 voltios. Usado comúnmente en máquinas herramienta, este motor tradicionalmente ha sido considerado muy controlable para proporcionar la precisión requerida en tales aplicaciones. Los pistones se mueven en vaivén efectuando aproximadamente 120 carreras de unos 175 mm por minuto. El movimiento de un pistón en una dirección dura aproximadamente 0,8 segundos. La bomba está prevista de manera que funcione del modo más eficaz con una entrega de agua de 2 L por minuto, pero podría entregar hasta 4 L por minuto, aunque esto reduciría su vida útil.

30 35 Como el servomotor activa directamente el movimiento lineal de los pistones resulta posible conseguir diagnósticos extremadamente precisos de la máquina. Merced al uso del codificador 80 que registra graduaciones muy pequeñas (típicamente menores que 0,04 mm en dirección radial, o unos 20.000 recuentos por revolución en la realización preferida), y a la información de corriente y tensión del estátor que realimenta el CNC, resulta posible calcular con precisión la velocidad lineal y el par motor para determinar de modo muy preciso la presión y el caudal de agua. Este grado de precisión es mucho mayor que el de máquinas tradicionales. Esta información hace posible determinar la existencia de un problema en la bomba. Se ha descubierto que escapes de alta presión ignorados, muy rápidamente provocan daños fatales en los costosísimos componentes mecánicos de la bomba. Merced a una vigilancia constante del funcionamiento de la bomba pueden determinarse fallos de obturación muy temprano, evitándose daños serios en los componentes mediante mantenimiento preventivo.

40 45 El efecto pulsátil causado por el movimiento en vaivén de los pistones puede ser origen problemas en equipos de esta clase. Cada vez que el servomotor invierte la dirección existe un retardo cuando el pistón se detiene para invertir su dirección. Este retardo puede provocar una caída de presión de hasta 345 Mpa (5000 psi), lo que tiende a generar una presión de salida de la bomba en forma de impulso. La aplicación del asunto supera este problema merced al posicionamiento en tandem de dos bombas, cada una con dos conjuntos de pistón móvil en vaivén y cilindro, que funcionen ligeramente desfasadas. Al doblar la frecuencia de ciclo de accionamiento de una bomba con respecto a la de la otra durante el movimiento en sentido inverso de dicha otra bomba, dicha una bomba puede acumular presión de retorno para equilibrar la caída de presión que sería causada por la inversión del pistón y garantizar que la presión de salida entregada al cortador por chorro de agua sea constante, sin impulsión. La supresión del efecto de impulsión excluye el principal factor de contribución a la fatiga temprana de los componentes en la máquina de corte por chorro de agua.

50 55 La servobomba de accionamiento descrita es mucho más eficaz que la bomba intensificadora y además ofrece la capacidad deseada de almacenar y mantener presión en estado inactivo, usando solo potencia mínima. El árbol de rotor funciona a 1.500 rpm aproximadamente, y el pistón tiene una longitud de aproximadamente 180 mm y se mueve en un ánima de 14 mm de diámetro de cabeza. El conjunto completo es pequeño, ligero y considerablemente más silencioso que una bomba intensificadora. El servosistema de accionamiento es también muy sensible y las presiones pueden ser ajustadas en milisegundos mediante control infinitamente variable.

El mecanismo de accionamiento descrito, usado en la realización que muestran las figuras 1 a 4 para accionar una bomba de ultra alta presión, puede ser usado también en otros contextos, en particular como accionador lineal. La figura 5 representa un bucle cerrado que muestra el control de un accionador lineal. El controlador numérico

- computarizado 81 acciona un controlador de posición 82 conectado con un controlador de velocidad 83, conectado a su vez con un controlador de corriente 84 para accionar el servomotor, que constituye el accionador lineal. El codificador 80 envía dos señales de realimentación, a saber, una señal de realimentación de velocidad, transmitida al controlador de velocidad, y una señal de realimentación de posición, transmitida al controlador de posición. De esta 5 manera el funcionamiento de control mediante ordenador del servomotor merced a la vigilancia de las señales de realimentación proporciona un control extremadamente positivo y preciso del desplazamiento lineal del árbol de salida, lo que significa que el accionador lineal puede ser usado para reemplazar los cilindros hidráulicos usados convencionalmente en aplicaciones tales como prensas para trabajos pesados, máquinas de moldeo por inyección, 10 mesas y plataformas elevadoras o máquinas de corte o pulido de alta capacidad de carga. El accionador lineal es particularmente compacto y por tanto es especialmente útil cuando el control de velocidad, posición o fuerza ha de ser incrementado y el espacio es limitado.

REIVINDICACIONES

1. Una bomba (10) de ultra alta presión, que comprende
 - un servomotor (15, 19);
 - un árbol de rotor hueco (15);
- 5 medios de accionamiento (30);
 - dos pistones (50, 51);
 - dos cilindros (54, 55); y
 - dos cámaras de bombeo (58, 59);
 estando adaptado el servomotor para hacer rotar axialmente el árbol de rotor hueco en direcciones alternantes;
- 10 estando provisto el servomotor de un estátor (19) posicionado coaxialmente en torno al árbol de rotor hueco;
 - estando el árbol de rotor hueco (15) acoplado coaxialmente con los medios de accionamiento;
 - estando destinados los medios de accionamiento a convertir rotación axial en desplazamiento en vaivén y comprendiendo un tornillo (31) aplicado con una tuerca (30) fijada linealmente de manera que la rotación axial del árbol de rotor hueco (15) comunique movimiento lineal al tornillo (31);
- 15 incluyendo el servomotor un codificador (80) para vigilar el movimiento del árbol de rotor hueco o de los medios de accionamiento;
 - estando conectado el codificador con el servomotor mediante un bucle de realimentación cerrado;
 - estando acoplados los pistones (50, 51) con extremos opuestos del tornillo (31), estando adaptado cada pistón (50, 51) para moverse en vaivén en un cilindro (54, 55) asociado, definiendo así las dos cámaras de bombeo (58, 59);
- 20 20 estando acoplados los medios de accionamiento con los pistones de manera que la rotación alternante del árbol de rotor hueco haga desplazar linealmente en vaivén los pistones para presurizar fluido en las cámaras de bombeo;
 - caracterizada por encontrarse la tuerca (30) de los medios de accionamiento dentro del árbol de rotor hueco (15), acoplada con él.
- 25 2. La bomba de ultra alta presión de la reivindicación 1, en la que la tuerca consiste en una tuerca de rodillo.
- 30 3. La bomba de ultra alta presión según las reivindicaciones 1 o 2, en la que el codificador transmite una señal de realimentación de velocidad y/o una señal de realimentación de posición.
- 35 4. La bomba de ultra alta presión según las reivindicaciones 1, 2 o 3, en la que el estátor está situado dentro del alojamiento cilíndrico (11) y el alojamiento está encerrado en una camisa (12) refrigerada por agua.
- 40 5. La bomba de ultra alta presión según la reivindicación 4, en la que el alojamiento, la camisa de refrigeración, el estátor, el árbol de rotor hueco y los medios de accionamiento son coaxiales.
6. La bomba de ultra alta presión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que el tornillo es soportado por apoyos lineales (23, 24), soportados cada uno en carriles alargados (25, 26), que impiden la rotación del tornillo y al mismo tiempo facilitan el movimiento longitudinal de este.
7. La bomba de ultra alta presión según la reivindicación 6, en la que un extremo del árbol de rotor hueco es soportado por un apoyo anular (14) y los carriles pasan por el apoyo anular.
8. La bomba de ultra alta presión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que un extremo del tornillo presenta planos opuestos (21) que se aplican con los apoyos lineales.
9. La bomba de ultra alta presión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que cada cilindro está provisto de una entrada (73) de agua de baja presión controlada mediante una válvula de retención (74) de baja presión, y una salida (75) de alta presión controlada mediante una válvula de retención (76) de alta presión.
10. La bomba de ultra alta presión según la reivindicación 9, en la que los obturadores (70, 71) de alta presión están posicionados entre los extremos interiores de los pistones y los cilindros.
11. La bomba de ultra alta presión según la reivindicación 10, en la que cada pistón efectúa un recorrido de unos 175 mm en vaivén aproximadamente 120 veces por minuto para entregar entre 2 y 4 litros de fluido por minuto.

12. Un conjunto de bomba para un aparato de corte por chorro de agua que comprende dos bombas según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, acopladas una con otra para producir un chorro de agua de ultra alta presión, estando desfasado el movimiento en vaivén de las bombas para reducir el efecto de impulsión de la presión de agua.
- 5 13. El conjunto de bomba según la reivindicación 12, en el que la velocidad de una bomba es mayor que la velocidad de la otra bomba con el fin de compensar un cambio de dirección de dicha otra bomba.
14. Un aparato de corte por chorro de agua, que incluye una cabeza de corte destinada a expeler un chorro de corte; y, dispuesto para proporcionar fluido a la cabeza de corte, la bomba de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 o el conjunto de bomba de las reivindicaciones 12 o 13.
- 10 15. El aparato de corte por chorro de agua de la reivindicación 14, en el que la cabeza de corte y la bomba o el conjunto de bomba están configurados de manera que la bomba proporcione el fluido a la cabeza de corte a presiones mayores que 345 Mpa (50000 psi).

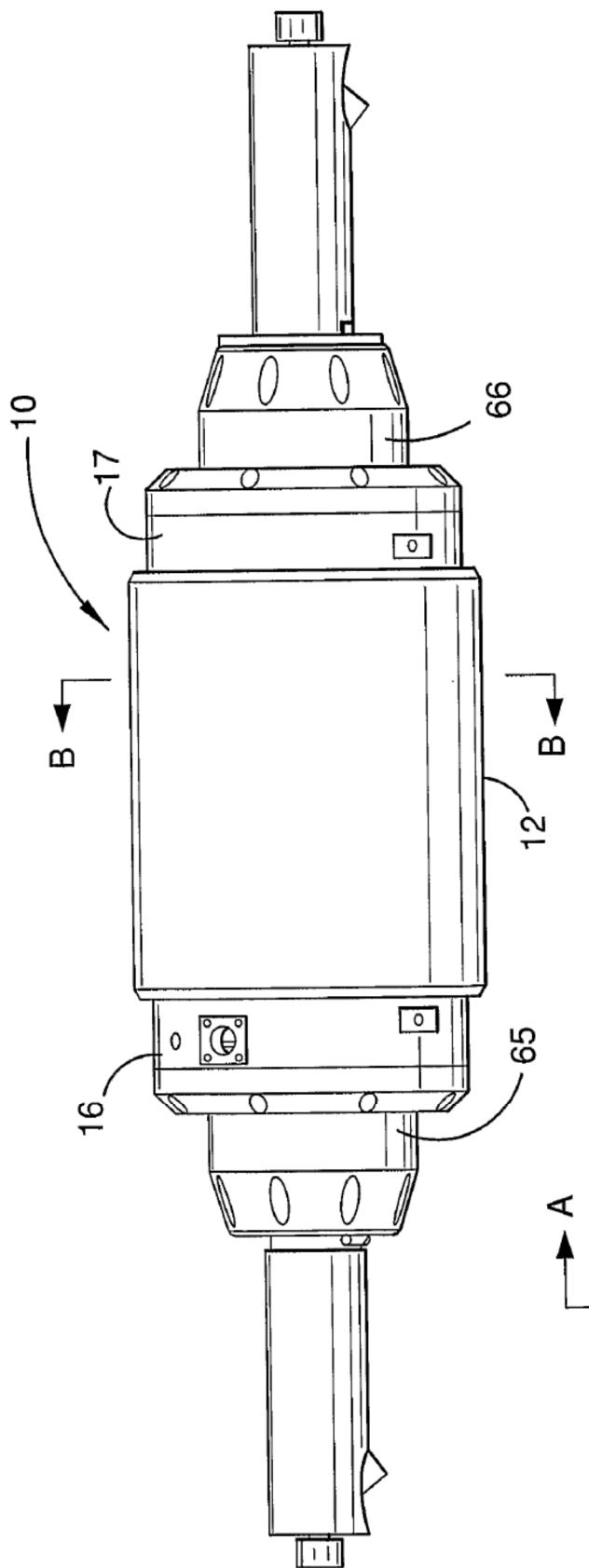


FIG. 1

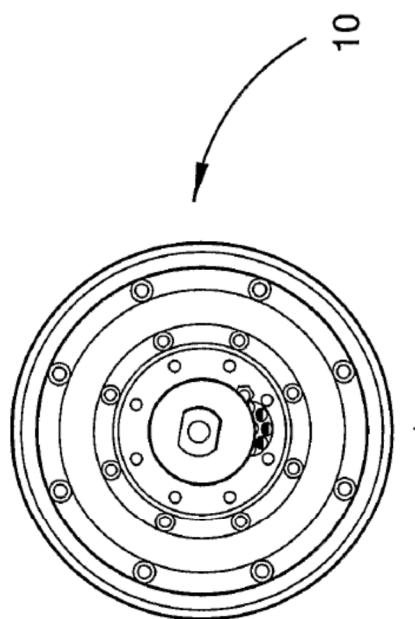


FIG. 2

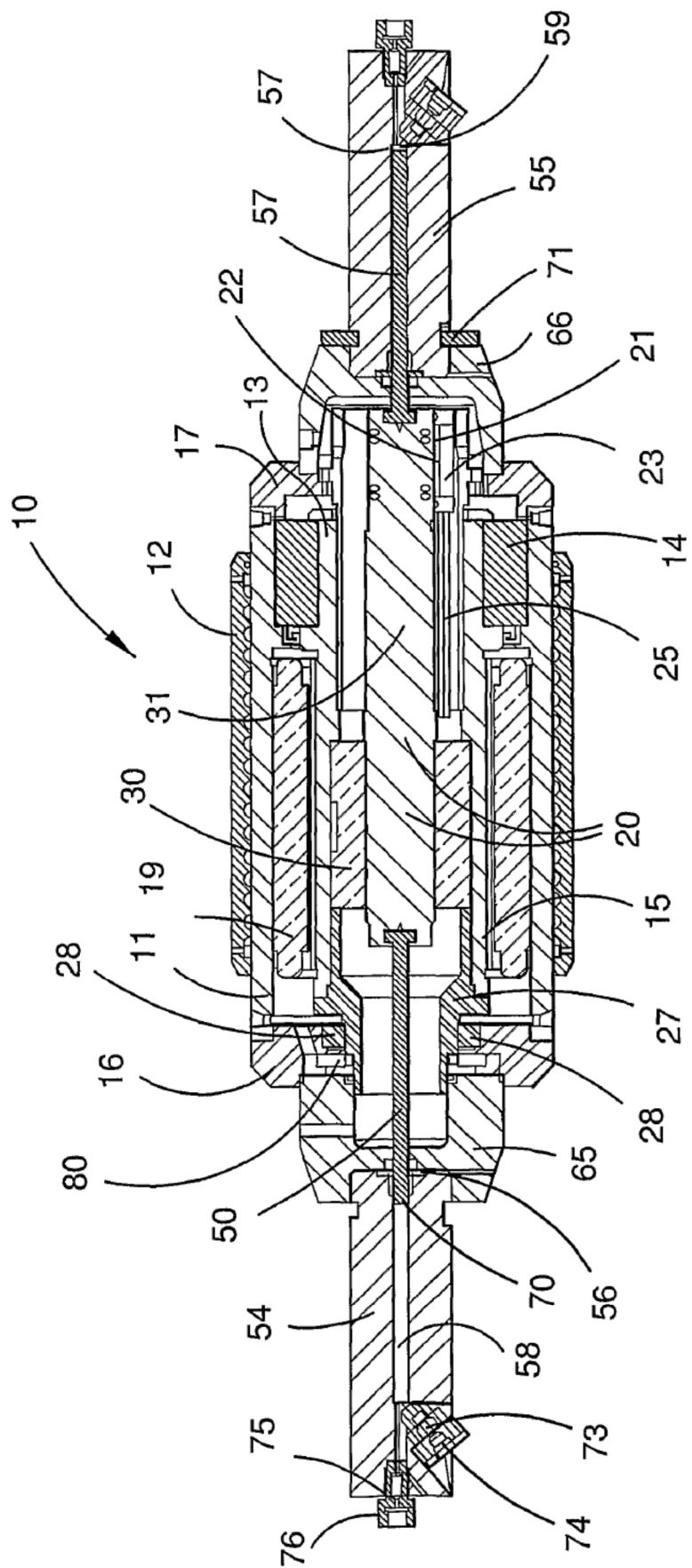


FIG. 3

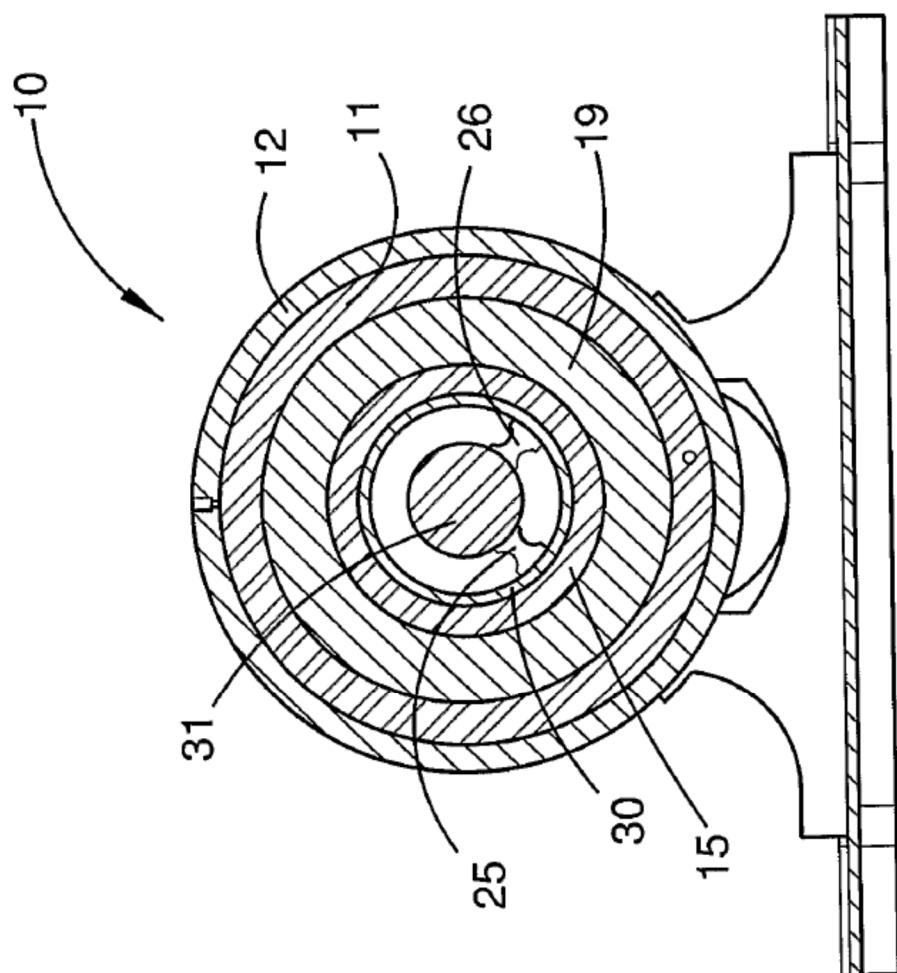


FIG. 4

DIAGRAMA DE BUCLE CERRADO DE
SERVOACCIONADOR LINEAL DIRECTO

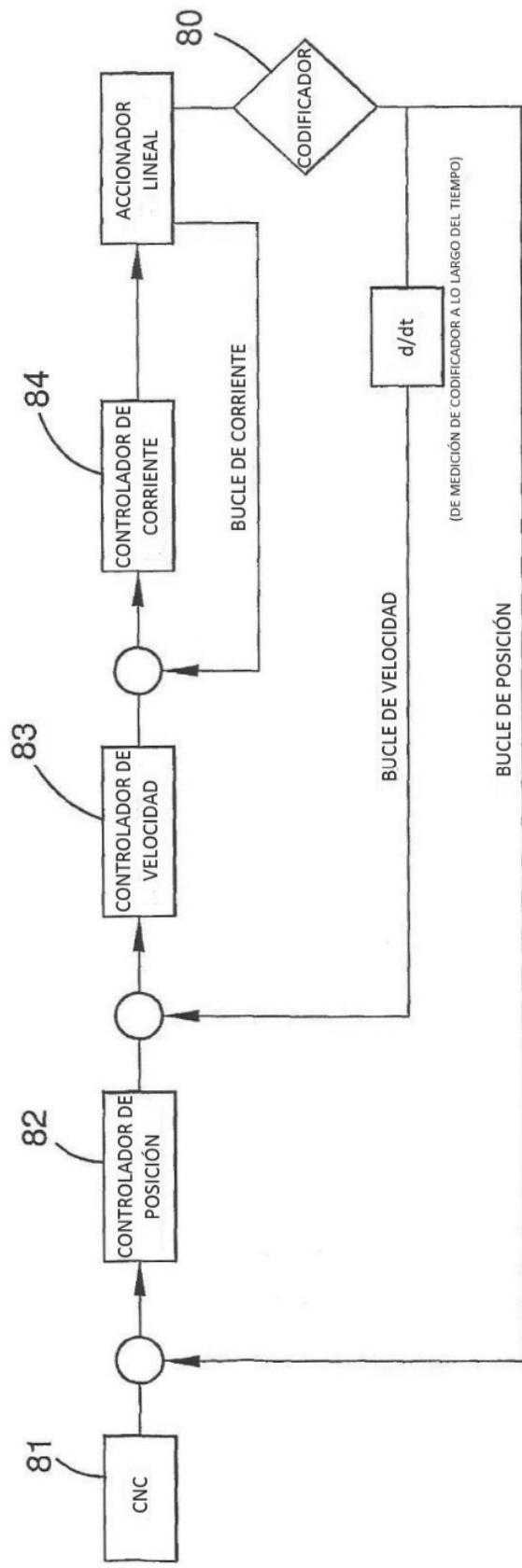


FIG. 5