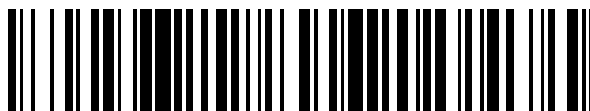


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 769 552**

51 Int. Cl.:

F15B 3/00 (2006.01)
F04B 17/03 (2006.01)
F15B 5/00 (2006.01)
B24C 5/02 (2006.01)
F04B 39/06 (2006.01)
F15B 9/03 (2006.01)
B26F 1/26 (2006.01)
F04B 49/08 (2006.01)
H02K 7/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.09.2011 PCT/AU2011/001171**
87 Fecha y número de publicación internacional: **22.03.2012 WO12034165**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.09.2011 E 11824344 (3)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2019 EP 2616690**

54 Título: **Bomba de ultra alta presión**

30 Prioridad:

13.09.2010 AU 2010904106

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.06.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

REUKERS, DARREN J.

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 769 552 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

Esta invención se refiere a una bomba de ultra alta presión, particularmente para uso en aparatos de corte por chorro de agua.

5 Antecedentes de la invención

El aparato de corte por chorro de agua se ha utilizado durante algunos años para cortar una variedad de materiales tales como acero, aluminio, vidrio, mármol, plásticos, caucho, corcho y madera. La pieza de trabajo se coloca sobre un tanque de agua poco profundo y un cabezal de corte que expulsa un chorro de corte se desplaza con precisión a través de la pieza de trabajo para completar el corte deseado. La acción de corte se lleva a cabo mediante la combinación de un chorro de presión muy alta (hasta 6205,2816 bar (90.000 psi)) de agua arrastrada con partículas finas de material abrasivo, generalmente arena, que causa la acción de corte. El agua y la arena que salen del cabezal de corte se recogen debajo de la pieza de trabajo en el tanque.

En la industria asociada con el corte por chorro de agua, la expresión "chorros de agua de ultra alta presión" (UHP) se usa para definir un proceso donde el agua se presuriza por encima de 3447,3786 bar (50.000 psi) y luego se usa como herramienta de corte. El agua a alta presión es forzada a través de un orificio muy pequeño que generalmente tiene un diámetro de entre 0,1 mm y 0,5 mm en una joya que a menudo es de rubí, zafiro o diamante.

Aunque las presiones superiores a 3447,3786 bar (50.000 psi) se definen como ultra alta presión, se prevé que estas presiones puedan llegar a 6894,7573 bar (100.000 psi).

En nuestra solicitud de patente en trámite WO 2009/117765 divulgamos una bomba de ultra alta presión que se ha diseñado específicamente para su uso con un tipo particular de aparato de corte por chorro de agua. Los problemas de compacidad y eficiencia son críticos para las bombas de esta naturaleza y existe la necesidad de que la bomba funcione de manera fiable a presiones ultra altas. También es necesario que las bombas se diseñen de manera que se puedan instalar fácilmente en muchos tipos de máquinas de corte por chorro de agua existentes. También es necesario que las bombas regulen la presión con precisión con una variación mínima de presión.

El documento US 2010/0047083 A1 divulga una bomba de alta presión que tiene una pluralidad de cilindros en cada uno de los cuales un pistón es móvil. Un motor acciona una placa de manivela que acciona los pistones, de modo que el flujo volumétrico tiene un diferencial de fase durante la operación.

Son estos problemas los que han provocado la presente invención.

Sumario de la invención

Según un primer aspecto de la presente invención, se proporciona una bomba de ultra alta presión que comprende un servomotor acoplado a un pistón que tiene un cabezal dispuesto dentro de un cilindro para definir una cámara de bombeo, por lo que la rotación del servomotor provoca un desplazamiento recíproco del pistón para presurizar el fluido en la cámara de bombeo a presiones superiores a 3447,3786 bar (50.000 psi), teniendo el servomotor un circuito de retroalimentación acoplado a un ordenador, incluyendo el circuito de retroalimentación una señal de retroalimentación de presión para controlar la presión de la bomba en tiempo real.

Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona una bomba de ultra alta presión que comprende un servomotor adaptado para rotar axialmente un árbol de rotor hueco en direcciones alternas, teniendo el servomotor un estator posicionado coaxialmente alrededor del árbol de rotor hueco con el interior del árbol de rotor acoplado coaxialmente a los medios de accionamiento para convertir la rotación axial en desplazamiento recíproco, teniendo los medios de accionamiento extremos opuestos, cada extremo acoplado a un pistón que tiene un cabezal dispuesto dentro de un cilindro para definir una cámara de bombeo entre el cabezal del pistón y el cilindro, por lo que la rotación alterna del árbol del rotor provoca un desplazamiento lineal recíproco de los pistones para presurizar el fluido en las cámaras de bombeo a presiones superiores a 3447,3786 bar (50.000 psi), incluyendo el servomotor un codificador para monitorizar la posición o la velocidad de los medios de accionamiento, medios para controlar la corriente que fluye a través del estator y un sensor de presión acoplado a la salida de las cámaras de bombeo, mediante las cuales las señales del codificador, el sensor de presión y el estator se envían a una unidad de control computarizada para garantizar que la bomba funcione a una presión seleccionada.

Preferentemente, la salida de las cámaras de bombeo está acoplada a un transductor de presión.

Descripción de los dibujos

Una realización de la presente invención se describirá ahora, a modo de ejemplo solamente, con referencia a los siguientes dibujos, en los que:

La figura 1 es una vista en sección transversal de una bomba de ultra alta presión de acuerdo con una realización de la invención,

La figura 2 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de las líneas B-B de la figura 1,

La figura 3 es una vista en perspectiva de un husillo de bolas soportado por raíles y cojinetes lineales,

La figura 4 es una vista en perspectiva del husillo de bolas,

La figura 5 es una vista en perspectiva de un soporte para el husillo de bolas, y

- 5 La figura 6 es un diagrama de flujo que muestra la bomba acoplada a una máquina de corte por chorro de agua e ilustra el control operativo.

Descripción de la realización preferida

10 Como se muestra en la figura 1, una bomba de ultra alta presión 10 comprende una carcasa cilíndrica 11 que tiene incrustada una camisa de enfriamiento de agua 12. La carcasa 11 tiene tapas de extremo 16, 17 que soportan un árbol de rotor hueco 15 alrededor de los devanados 19 de un servomotor. Un extremo 13 del árbol de rotor 15 está soportado por cojinetes anulares 14A, 14B ubicados entre la carcasa 11 y el árbol de rotor 15. El otro extremo 18 del árbol de rotor 15 está soportado con la tapa de extremo 16 por un cojinete 28. El extremo 18 también soporta un codificador 80 alojado por la tapa de extremo 16. El codificador 80 controla la posición o la velocidad del árbol de rotor 15.

15 El árbol de rotor 15 aloja una tuerca de husillo de bolas 30 que a su vez está roscada en un husillo de bolas alargado 31. La tuerca de husillo de bolas 30 está en contacto directo con el interior del árbol de rotor 15 y está limitada contra el movimiento lineal para girar con el árbol de rotor 15. El tornillo 31 tiene un exterior roscado 20 con un extremo 22 cuadrado mecanizado. El extremo cuadrado 22 encaja entre los cojinetes lineales opuestos 23, 24 que se extienden sobre raíles opuestos alargados 25, 26 (figura 3). Los raíles 25, 26 se extienden más allá de la tapa de extremo 17 de la carcasa 11.

20 Como se muestra en las figuras 3 a 5, el extremo cuadrado 22 del husillo de bolas 31 está soportado por cojinetes lineales 23, 24 que se acoplan a superficies opuestas. Cada rodamiento lineal 23, 24 tiene una superficie externa que está ranurada 38, 39 para acomodar un raíl alargado 25, 26 que a su vez está asegurado dentro de una ranura 41 en un soporte de raíl cilíndrico 42 ubicado dentro del árbol de rotor 15. Se proporcionan vías de aceite adecuadas (no mostradas) para proporcionar el paso de aceite a los cojinetes lineales 23, 24 y los raíles 25, 26 y la disposición es tal que los cojinetes lineales 23, 24 al acoplar el extremo cuadrado 22 del husillo de bolas 31 evitan la rotación del husillo de bolas 31, facilitando aún el desplazamiento longitudinal del husillo de bolas. Los raíles lineales 25, 26 están fijados al interior del soporte del raíl 42 y la sección transversal en cola de milano de cada raíl 25 o 26 proporciona un funcionamiento suave pero un ajuste altamente tolerado entre el rodamiento 23 o 24 y el raíl 25 o 26.

30 Como se muestra en la figura 1, los extremos opuestos del husillo de bolas están acoplados a los conjuntos de bombeo de pistón/cilindro 48, 49. Cada conjunto 48, 49 comprende un cuerpo de cilindro 52 con un orificio interno estrecho 53 en el que un pistón 50, 51 que está acoplado al extremo del husillo de bolas está dispuesto para moverse de manera alternativa. El pistón 50, 51 termina en un cabezal que llevaría anillos de sellado apropiados (no mostrados) para definir con el cilindro una cámara de presión 58, 59. Cada cilindro 52 está a su vez soportado por un manguito de retención 60 que se sujeta al extremo de la bomba a través de una brida 61 que está atornillada a un adaptador 62 que a su vez está atornillado a la tapa de extremo 16 o 17 de la carcasa. El extremo de cada manguito de retención de cilindro 60 soporta un conjunto de válvula que incorpora un bloque de extremo 71 dentro del cual fluye una entrada de agua 72 a través de una válvula de retención interna de baja presión 73 a un tubo de salida 74 de diámetro estrecho que a su vez se controla mediante una válvula de retención de alta presión 75.

40 El servomotor hace que el árbol de rotor 15 gire, lo que a su vez gira la tuerca del rodillo 30, que está limitada al movimiento axial, lo que significa que el husillo de bolas 31 se mueve linealmente dentro de la tuerca del rodillo 30. Al invertir la dirección de rotación del árbol de rotor 15, se puede hacer que el tornillo 31 se mueva alternativamente para dar movimiento alternativo a los pistones 50, 51 para presurizar a su vez el agua que se introduce en las cámaras de compresión 58, 59 a través de las entradas de agua 72 para efectuar el suministro de agua a alta presión desde las salidas 74 a presiones superiores a 3447,3786 bar (50.000 psi) y hasta 6894,7573 bar (100.000 psi).

45 Cada conjunto de válvula tiene la entrada de agua a baja presión 72 controlada por la válvula de retención 73 que se comunica con las cámaras de compresión 58, 59 en un ángulo de 45° con respecto al eje del cilindro. La salida de alta presión 74 está posicionada coaxial al extremo del cilindro que tiene una válvula interna de retención de alta presión 75 y transfiere el agua a alta presión a un atenuador (no mostrado).

50 Se colocan juntas de alta presión entre los extremos internos de los cilindros 52 y los pistones 50, 51 para evitar la contrapresión.

55 El servomotor que se usa en la realización preferida es un motor de CC sin escobillas que funciona con una tensión de CC de aproximadamente 600 voltios. Este es un motor que se usa comúnmente en máquinas herramienta y tradicionalmente ha sido muy controlable para proporcionar la precisión que se requiere en tales aplicaciones de máquina herramienta. Los pistones tienen una carrera de entre 100 y 200 mm (preferiblemente 168 mm) y corresponden a aproximadamente 60 a 120 carreras por minuto. El movimiento de un pistón en una dirección dura

aproximadamente 0,8 segundos. La bomba está diseñada para funcionar en el modo más eficiente con el suministro de agua de entre 2 l por minuto y 8 l por minuto.

La figura 6 es un diagrama de flujo que muestra la bomba 10 acoplada a una máquina de corte de agua a alta presión W que tiene un cabezal de corte H y está controlada por un controlador CNC. El controlador CNC solo controla el funcionamiento de la máquina de corte W y no la bomba de alta presión 10.

Como se muestra en las figuras 1 y 6, la bomba de ultra alta presión 10 está acoplada en cualquier extremo a una fuente de agua en las entradas 72. Las salidas de agua a alta presión 74 están acopladas mediante un atenuador (no mostrado) a una alimentación de agua a alta presión (F) que está acoplada al cabezal de corte H de la máquina de corte por chorro de agua W. Un transductor de presión T proporciona una señal proporcional a la salida presión que se retroalimenta a un ordenador C asociado con la bomba 10. La bomba 10 también incluye señales de retroalimentación desde el codificador de posición o velocidad 80 y un monitor de corriente del estator 90. El ordenador C permite que un operador seleccione una presión generalmente entre 3447,3786 bar (50.000 psi) y 6894,7573 bar (100.000 psi) con la bomba funcionando en tiempo real para mantener esa presión.

Como se muestra en la figura 6, el transductor de presión T se coloca en la línea de flotación de alta presión entre las válvulas de retención de alta presión 75 y el cabezal de corte H. Esta información se alimenta directamente al ordenador C del accionamiento para permitir un control preciso de La presión, en tiempo real, sin la necesidad de saber cuándo y cuánta agua se dispersa del cabezal de corte.

Los sistemas conocidos requieren que la retroalimentación de la posición, velocidad y corriente se alimente al controlador CNC donde se realizan ajustes de presión modificando la velocidad para adaptarla a la presión y el flujo dados. Esta forma de circuito cerrado generalmente demora alrededor de 0,1 segundos desde el momento en que se recibe la información, se procesa y se envía de regreso al disco. Esto es demasiado lento para permitir que el sistema intente y responda a un cabezal de corte que se abre o cierra sin previo aviso, y la necesidad de conocer el flujo requerido para aplicar la velocidad correcta. El circuito cerrado en el ordenador C ejecuta un algoritmo de control en tiempo real que recibe y procesa la información en cada 0,0025 s, lo que significa que puede liberarse por completo de la máquina sin ningún conocimiento previo de la apertura o cierre del cabezal de corte, o qué tamaño de orificio hay en el cabezal de corte (que determina el flujo a una presión dada).

Esta característica cuando se combina con la aceleración/desaceleración rápida debido al diseño altamente compacto significa que la bomba se puede conectar a cualquier máquina y suministrar agua a alta presión que tiene una presión constante con una variación mínima de presión. Las variaciones de presión generalmente se deben al tiempo de inversión del émbolo y a la compresión del agua dentro del cilindro (pulso de presión), y al tiempo de retraso en la aceleración después de que se abre el cabezal de corte o se desacelera cuando se cierra el cabezal de corte (pico de cabeza muerta). La bomba descrita en el presente documento tiene una densidad de potencia extremadamente alta que permite la respuesta rápida requerida por los mecánicos para lograr la presión constante requerida para el corte por chorro de agua.

La presión dentro del cilindro varía en función de la compresión y descompresión del agua dentro del cilindro. El agua es aproximadamente 15% compresible a 4136,8544 bar (60.000 psi) a 20°C, y los cilindros se expanden y se sellan comprimiendo a estas presiones extremas. Esto significa que el émbolo debe desplazarse aproximadamente el 20% de su carrera para acumular 4136,8544 bar (60.000 psi) de presión para abrir las válvulas de retención de alta presión 75. En un sistema de posición y velocidad controlada, esta etapa de compresión tomaría más tiempo que con un sistema de retroalimentación de presión descrito anteriormente. Esto se debe a que con el sistema de retroalimentación de presión, a medida que el émbolo se ralentiza y comienza a retroceder, el sistema ve que la presión comienza a caer (porque no hay agua adicional que ingresa al sistema mientras el agua continúa escapando a través del orificio en el cabezal de corte) y comienza a acelerar cada vez más rápido a medida que baja la presión. Esta aceleración continúa durante toda la etapa de compresión hasta que se abren las válvulas de retención y el agua adicional ha presurizado nuevamente el sistema a la presión objetivo, donde luego se desacelera a la velocidad requerida para mantener la presión deseada. El resultado es una reducción significativa en la caída de presión experimentada durante la inversión de los émbolos (conocido como "pulso de presión"). Un pulso de presión reducida (o presión constante) es altamente deseable en aplicaciones de corte por chorro de agua, ya que permite velocidades de corte más rápidas con un acabado de borde de mayor calidad debido a estrías reducidas. El pulso de presión reducido también da como resultado una mayor vida útil de los componentes de alta presión, tal como mangueras, conexiones y atenuadores.

La bomba servo de accionamiento descrita anteriormente es mucho más eficiente que una bomba intensificadora, a la vez que ofrece la capacidad deseada de poder almacenar y mantener la presión sin cortar, por lo tanto, utiliza una potencia mínima. El árbol de rotor está diseñado para funcionar a aproximadamente 1500 rpm y el pistón tiene una longitud de aproximadamente 180 mm y se extiende en un orificio con un diámetro de cabeza de entre 14 mm y 22 mm. Esto hace que todo el conjunto sea pequeño, liviano y considerablemente más silencioso que una bomba intensificadora. El sistema de servoaccionamiento también es muy sensible y las presiones se pueden ajustar en milisegundos con control infinito.

5 El circuito de retroalimentación de presión también permite un diagnóstico rápido de fugas dentro del sistema. Mediante la combinación de corriente, posición/velocidad y presión, se puede determinar una fuga de la válvula de retención de baja presión 73, también conocida como válvula de retención de entrada. Estos son elementos de mantenimiento regular en bombas de ultra alta presión, y regularmente obtienen pequeños fragmentos de los componentes de desgaste entre las superficies de sellado, lo que permite que el agua regrese al suministro de agua de entrada en lugar de aumentar la presión. Esto significaría que un sistema sin el transductor de presión entre la válvula de retención de alta presión 75 y el cabezal de corte no podría determinar si había una válvula de retención de baja presión con fugas o una manguera de alta presión rota o un accesorio de alta presión con fugas, porque en ambos casos la retroalimentación actual del controlador (o cualquier otra medición previa a la válvula de retención de alta presión) leería lo mismo, mientras que la realidad es que se requiere una respuesta completamente diferente para cada escenario. Una válvula de retención de baja presión con fugas necesitaría una mayor velocidad para compensar la fuga, mientras que una manguera de alta presión o un accesorio de alta presión con fugas requiere una parada de emergencia para evitar posibles lesiones. Existen numerosos escenarios en los que el uso de la retroalimentación actual (o cualquier otra medición previa a la válvula de retención de alta presión) para determinar la presión, no podría diagnosticar correctamente un problema, estos incluyen: casquillo de guía colapsante, anillo de respaldo del sello colapsante, agrietado o cilindro defectuoso, rodamientos o tornillos de agarre, y válvulas de retención fallidas.

20 En las reivindicaciones que siguen y en la descripción anterior de la invención, excepto cuando el contexto requiera lo contrario debido al lenguaje expreso o implicación necesaria, la palabra "comprende" o variaciones tales como "comprendiendo" o "que comprende" se usa en un sentido inclusivo, es decir, especificar la presencia de las características indicadas pero no excluir la presencia o adición de características adicionales en diversas realizaciones de la invención.

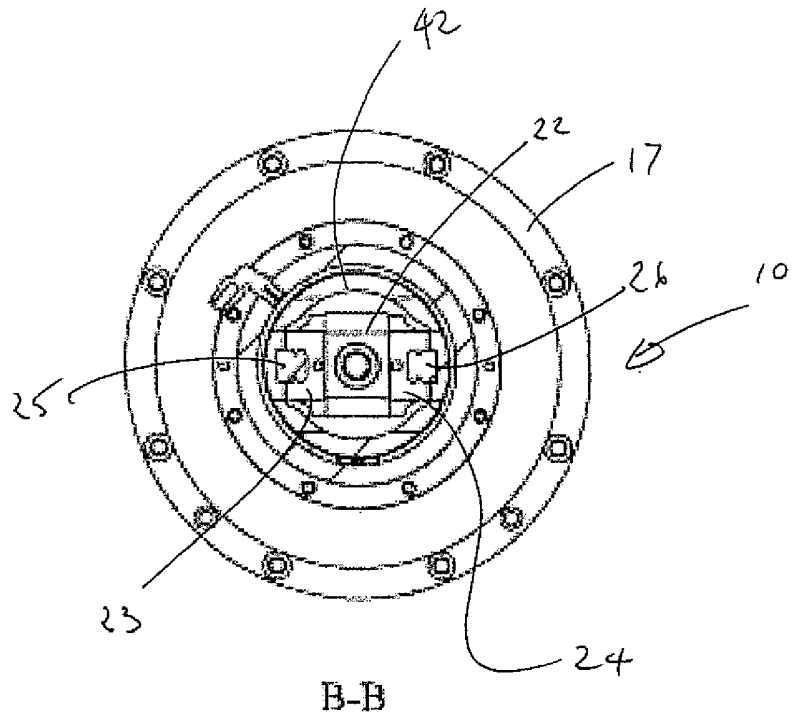
Debe entenderse que, si se hace referencia a alguna publicación de la técnica anterior en el presente documento, dicha referencia no constituye una admisión de que la publicación forma parte del conocimiento general común en la técnica, en Australia o en cualquier otro país.

25

REIVINDICACIONES

1. Una bomba de ultra alta presión (10) acoplada a una máquina de corte por chorro de agua (W); comprendiendo la máquina de corte por chorro de agua un cabezal de corte (H) controlado para abrir y cerrar;
- 5 comprendiendo la bomba de ultra alta presión un servomotor (15,19) acoplado a un pistón (50) que tiene un cabezal dispuesto dentro de un cilindro (53) para definir una cámara de bombeo (59), por lo que la rotación del servomotor provoca un desplazamiento recíproco del pistón para presurizar fluido en la cámara de bombeo a presiones superiores a 3447,3786 bar (50.000 psi);
- teniendo el servomotor un circuito de retroalimentación acoplado a un ordenador;
- incluyendo el circuito de retroalimentación una señal de retroalimentación de presión;
- 10 caracterizada por que el circuito de retroalimentación está configurado para controlar la presión de la bomba en tiempo real para
- almacenar y mantener la presión mientras el cabezal de corte está cerrado y
- de lo contrario, mantener la presión para adaptarse al corte por chorro de agua sin retroalimentación del cabezal de corte.
- 15 2. La bomba de ultra alta presión de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el servomotor incluye un codificador (80) para controlar la posición y/o la velocidad del motor.
3. La bomba de ultra alta presión de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, que incluye medios (90) para controlar la corriente que fluye a través del motor.
- 20 4. La bomba de ultra alta presión de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la salida (F) de la cámara de bombeo está acoplada a un transductor de presión (T) que proporciona la señal de retroalimentación de presión.
5. La bomba de ultra alta presión de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la salida del servomotor es un medio de accionamiento alternativo (31) que tiene extremos opuestos, estando cada extremo acoplado a un cilindro de pistón que define una cámara de bombeo.
- 25 6. Una bomba de ultra alta presión de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el servomotor está adaptado para girar axialmente un árbol de rotor hueco (15) en direcciones alternativas;
- el servomotor tiene un estator (19) colocado coaxialmente alrededor del árbol de rotor hueco; y
- el interior del árbol de rotor está acoplado coaxialmente a uno o a los medios de accionamiento para convertir la rotación axial en desplazamiento recíproco.
- 30 7. La bomba de ultra alta presión de la reivindicación 6 que incluye medios (90) para controlar la corriente que fluye a través del estator y un sensor de presión acoplado a la salida de la cámara de bombeo, por lo que las señales del codificador, el sensor de presión y el estator se envían a una unidad de control computerizada para garantizar que la bomba funcione a una presión seleccionada.
- 35 8. Una máquina de corte por chorro de agua que comprende un cabezal de corte accionado por un controlador controlado por ordenador (CNC), estando el cabezal de corte acoplado a una bomba de ultra alta presión de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, por lo que el control de la presión de la bomba es independiente del control del cabezal de corte.
9. Un procedimiento para operar una máquina de corte por chorro de agua (W) que comprende
- abrir y cerrar un cabezal de corte (H) de la máquina de corte por chorro de agua; y
- 40 suministrar medio de corte a una presión superior a 3447,3786 bar (50.000 psi) desde una bomba (10) accionada por un servomotor (15, 19) con un circuito de retroalimentación, usando un ordenador (C) para controlar la presión de suministro monitorizando la posición o velocidad del servomotor, la corriente suministrada al servomotor y la presión de salida de la bomba;
- caracterizado por controlar la presión de suministro en tiempo real para
- 45 almacenar y mantener la presión mientras el cabezal de corte está cerrado y
- de lo contrario, mantener la presión para adaptarse al corte por chorro de agua sin retroalimentación del cabezal de corte.

FIG 2



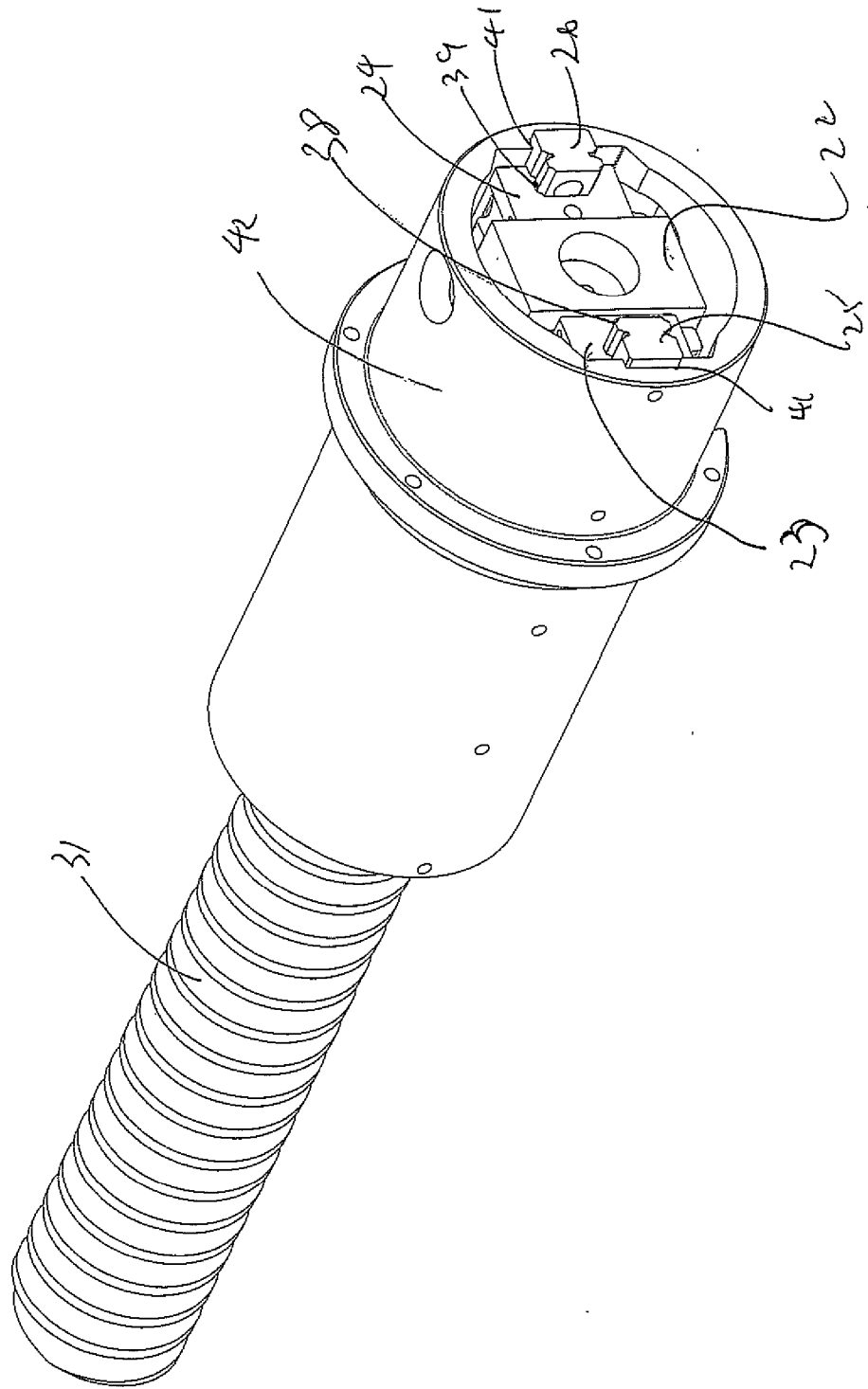


FIG 3

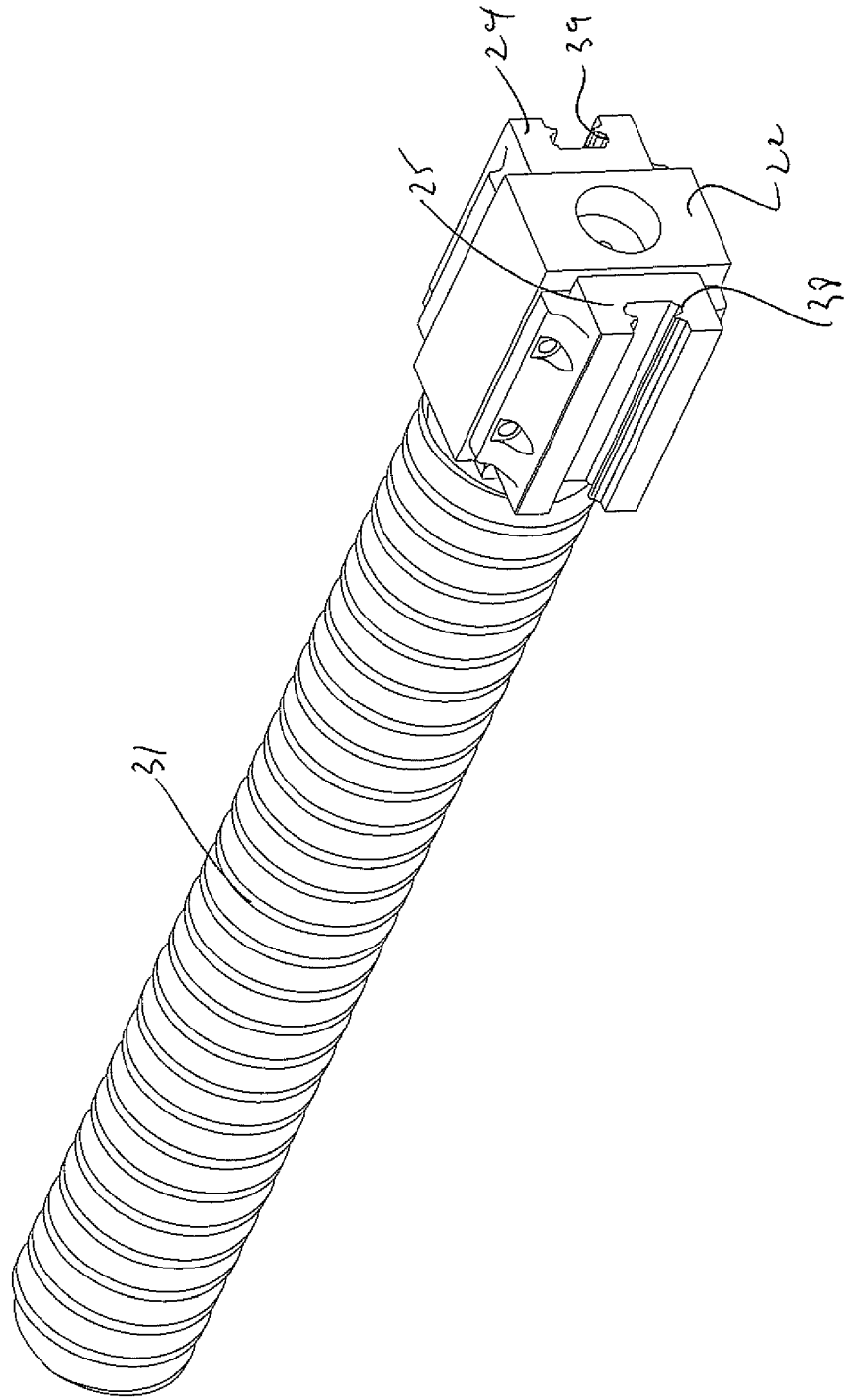


FIG. 4

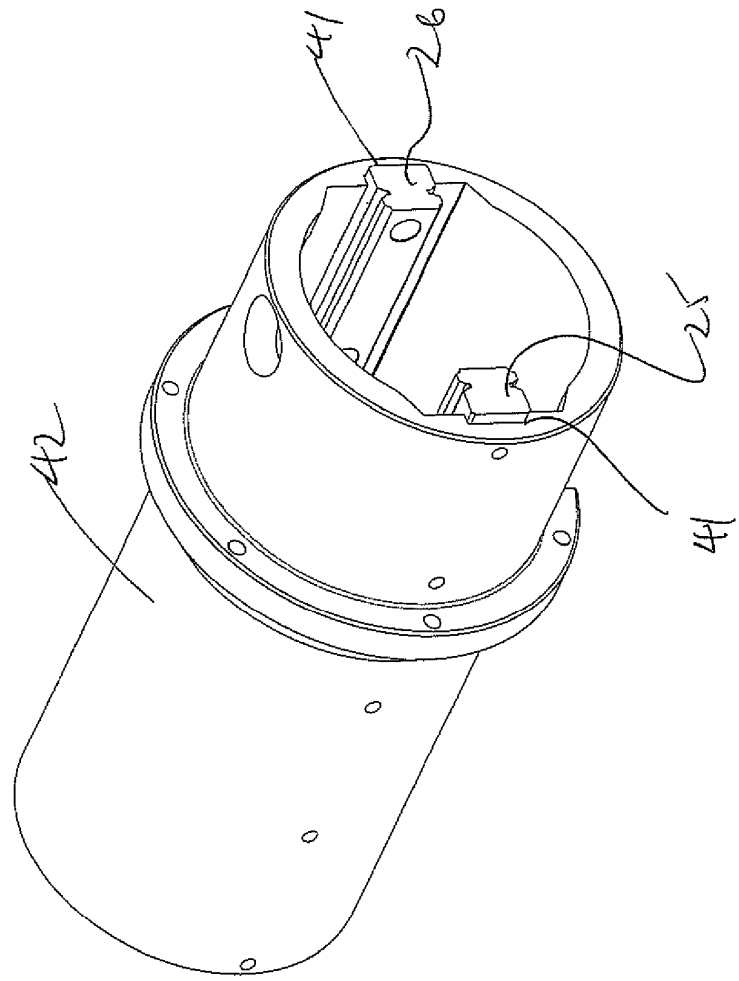


Fig. 8

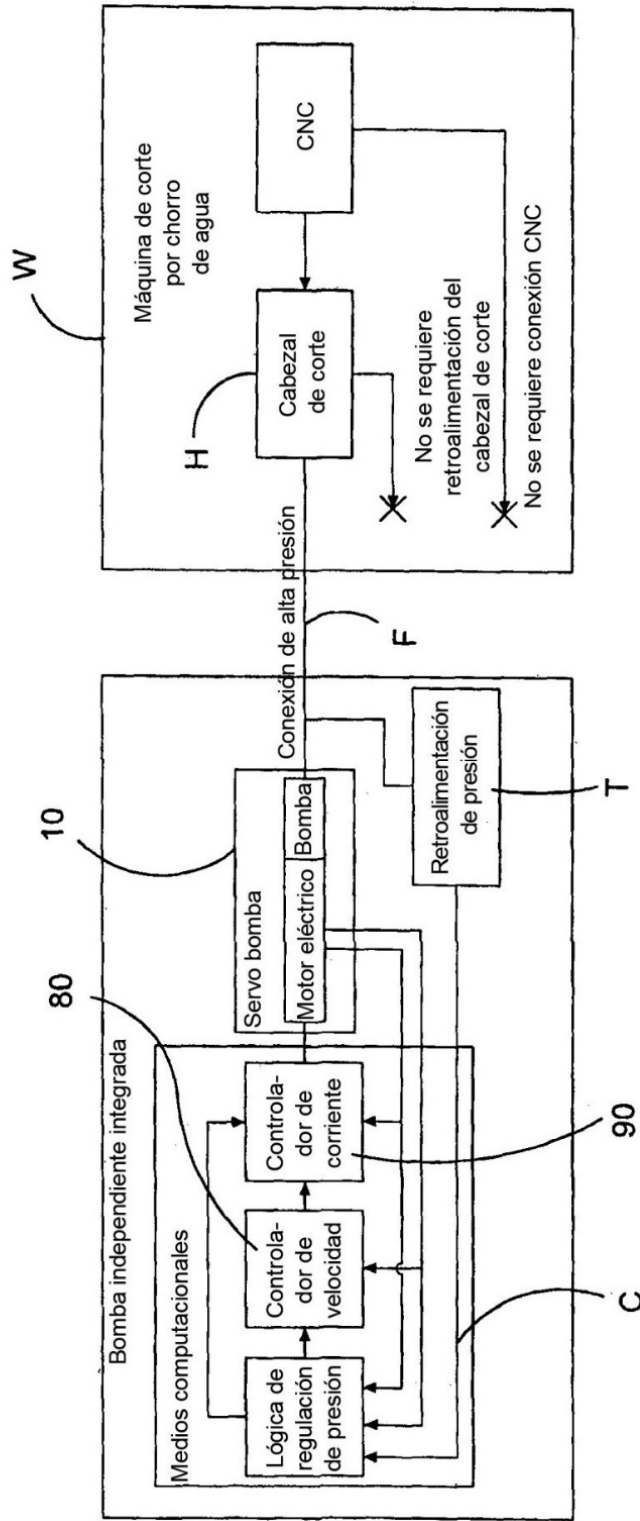


FIGURA 6