(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 472 725**

(21) Número de solicitud: 201300066

(51) Int. CI.:

F01B 17/04 (2006.01)
F01L 21/04 (2006.01)
F02F 3/00 (2006.01)

(12) PATENTE DE INVENCIÓN B1

(22) Fecha de presentación:

02.01.2013

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

02.07.2014

(88) Fecha de publicación diferida del informe sobre el estado de la técnica:
14.10.2014

Fecha de la concesión:

08.07.2015

(45) Fecha de publicación de la concesión:

15.07.2015

(73) Titular/es:

RIVAS GOROSTIAGA, Román (100.0%)
Pío Baroja 39 1º A
20008 San Sebastián (Gipuzkoa) ES

(72) Inventor/es:

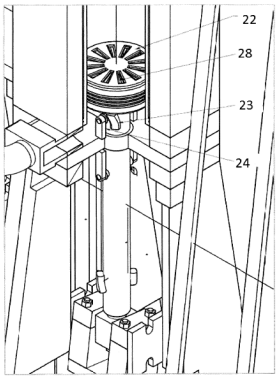
RIVAS GOROSTIAGA, Román

(54) Título: **Máquina de pistón de expansión múltiple unidireccional**

(57) Resumen:

Esta máquina aúna los conceptos de multiexpansión y equicorriente.
Dentro de cada cilindro tiene lugar una secuencia de procesos en una vuelta de cigüeñal.
Durante la carrera de descenso el vapor es admitido por la parte alta una porción de la carrera quedando el resto, cuando cierra la válvula de admisión, para la expansión del vapor. Al llegar el pistón abajo se abre la válvula de sumidero. A la vez que se producía esto en la zona alta del pistón, la cara inferior del pistón empuja hacia la siguiente etapa el vapor que había sido transferido anteriormente.
En la carrera de ascenso, y con el sumidero abierto, el vapor pasa de la zona alta a la baja del pistón a presión y temperatura constante. En la última parte del ascenso, el sumidero cierra y el vapor que queda arriba se precomprime.

Figura 9



ES 2 472 725 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

DESCRIPCIÓN

MÁQUINA DE PISTÓN DE EXPANSIÓN MÚLTIPLE UNIDIRECCIONAL

Sector de la técnica

La presente invención pretende enmarcarse dentro del sector de producción de energía por medio de máquinas de expansión, preferentemente el campo donde el fluido es vapor de agua a presiones y temperaturas moderadas con potencias pequeñas donde las turbinas padecen de rendimientos muy bajos.

Esta máquina permite realizar la expansión de los fluidos compresibles de forma multietapa manteniendo el flujo en una misma dirección durante todo el proceso, características claves para la consecución de un rendimiento isentrópico elevado.

La energía termosolar necesita de máquinas de expansión efectivas para el vapor de agua generado. Actualmente las turbinas de vapor copan el mercado, pero las instalaciones pequeñas no encuentran el motor adecuado.

Estado de la técnica

Las máquinas de vapor de pistón, hace más de cincuenta años que quedaron obsoletas para la propulsión de barcos o locomotoras y para la generación de energía eléctrica. Los motores diesel, en pequeñas y medianas potencias, y las turbinas, para las grandes potencias, superaron en eficiencia a las máquinas de expansión múltiple y a las de equicorriente. La figura 1 muestra la máquina de vapor de triple expansión utilizada en los barcos "Liberty" durante la segunda guerra mundial. Su construcción en masa debido a unas circunstancias muy concretas también marcó su final. En la figura 2 vemos el dibujo principal de la patente de la máquina de equicorriente de Stumpf. El vapor entra por la parte superior del cilindro y lo abandona cuando el pistón descubre las galerías de exhaustación, manteniendo el flujo en una única dirección. Esta máquina era de gran rendimiento siempre que las condiciones de vapor fueran muy moderadas porque sólo permitía una expansión.

Los motores diesel, en sus versiones más sofisticadas, pueden llegar a aprovechar hasta el 50% de la energía disponible en el combustible gracias a las altas temperaturas de combustión y sobre todo a que el proceso se realiza en el seno del fluido operante. Son máquinas volumétricas de pistón, que han demostrado un gran rendimiento isentrópico en los procesos de compresión y expansión. Su desarrollo técnico en sus más de cien años de historia parece estar llegando a su cénit porque su dependencia de los combustibles derivados del petróleo y la generación de contaminantes como el CO_2 y los NO_x están obligando a buscar otro tipo de soluciones.

Por otro lado, las turbinas de vapor siguen usándose de forma masiva para la generación de energía eléctrica. Cuando los combustibles no pueden quemarse dentro del fluido operante o cuando las potencias necesarias son tan grandes que los motores diesel no son adecuados por su complejidad o mantenimiento inasumible, las turbinas de vapor son la opción elegida. Incluso en las plantas que utilizan el gas natural como combustible y las turbinas de gas como motor principal, el ciclo de Rankine sigue siendo el mejor modo de aprovechar el calor residual de las turbinas de gas.

Hoy día, vuelve a abrirse un nicho dentro de la generación de energía que muy bien podría ser ocupado por las máquinas de pistón para la expansión del vapor. La biomasa es un nuevo combustible que debe ser quemado en una caldera. El sol como fuente de energía es una de las opciones con mayor proyección en el futuro inmediato. Estas fuentes de energía pueden calentar el fluido motor a unas temperaturas que casan perfectamente con los ciclos de vapor. La turbina de vapor se presenta, por tanto, como el motor a utilizar. El problema o la oportunidad, según se mire, vienen dados por el bajo rendimiento isentrópico de la turbina de vapor para potencias por debajo de los 5 MW y por rendimientos desastrosos en el campo de 1 MW o menos.

Las enseñanzas que nos dejan la historia de la técnica y el conocimiento de la termodinámica dicen lo siguiente:

→El vapor tiene un grado de expansión muy grande si lo comparamos con el aire. Esto significa que la expansión múltiple es necesaria si queremos aprovechar todo su potencial sin exagerar la longitud de los cilindros.

→Las temperaturas que podemos conseguir en calderas de combustión o solares no son muy elevadas, por lo que debemos procurar que la temperatura a la que se realiza el mayor intercambio de calor sea la del vapor saturado, minimizando el sobrecalentamiento. El sobrecalentamiento no eleva demasiado el rendimiento al ser muy poca la cantidad de calor sensible absorbido por el vapor en comparación con el calor de evaporación a temperatura constante.

→Cuando utilizamos vapor en la zona de saturación, debido a su alta conductividad térmica, éste pierde o gana mucho calor cuando los flujos entrante y saliente comparten las mismas galerías de paso. Una galería fría roba calor al flujo entrante, restándole energía, y recíprocamente, la misma galería caliente entrega calor al flujo saliente, perdiéndose definitivamente esta energía. Por tanto, el flujo debe mantener una dirección única. Los pasos de entrada y salida deben ser diferentes, usados sólo para lo que su nombre indica, y situados lo más alejados que sea posible. Este diseño se llama de flujo equicorriente, unidireccional o uniflujo.

→La máquina de expansión múltiple o compound –figura 1- tiene varios cilindros, cada cilindro un pistón, y cada pistón una o dos caras de trabajo. Hacen falta dos carreras, una hacia fuera y otra hacia dentro de la tapa para completar la expansión parcial en cada cilindro. En la carrera hacia fuera el vapor se admite hasta el cut-off, después se expande parcialmente hasta el final de la carrera. Cuando el pistón regresa el vapor es empujado a presión constante hacia la siguiente etapa y en la última parte de la carrera se precomprime el vapor para igualar la presión de admisión. En las máquinas compound, típicamente, las galerías de admisión y expulsión son las mismas o están muy próximas, produciéndose grandes pérdidas por intercambios de calor

indeseables. En definitiva, la máquina de expansión múltiple cumple con una de las condiciones necesarias para aprovechar la energía del vapor a presiones de hasta 30 bar, cual es la expansión repartida en dos, tres y hasta cuatro cilindros, pero al ser el flujo de dirección cambiante se perdía mucha energía.

→La máquina compound tiene varios cilindros para conseguir un grado de expansión de alrededor de 3 en cada cilindro o 27 en total. El vapor todavía se podría expandir más como en las turbinas de vapor, pero a costa de un volumen de máquina demasiado grande para el posible aprovechamiento. Históricamente se ha optado por una solución intermedia: al terminar la carrera de expansión de la última etapa, el vapor, en lugar de ser expulsado por el empuje del pistón, es literalmente succionado por el vacío del condensador, evitando el trabajo de expulsión y mejorando un poco el rendimiento gracias a esta "táctica".

→La máquina de equicorriente o uniflujo –figura 2- ideada por Stumpf tiene el diseño necesario para conseguir que el flujo del vapor mantenga una dirección invariable y que las galerías de admisión y expulsión sean distintas y alejadas en el sentido longitudinal. Cuando el grado de expansión necesario no es muy grande esta máquina tiene un gran rendimiento. Su problema radica en que al acabar la carrera hacia fuera y descubrirse las galerías de exhaustación, el vapor expandido no abandona el cilindro por la acción de un pistón sino que es succionado por el vacío del condensador. La carrera hacia dentro se utiliza sólo para precomprimir el vapor e igualar presiones antes de la siguiente admisión. El que el vapor salga del cilindro por la acción succionadora del condensador inhabilita este vapor para una ulterior expansión, La máquina de Stumpf es por tanto de equicorriente y de una sola expansión. Al poder realizarse con esta máquina una sola expansión, queda limitada por la longitud del cilindro.

Aunando todas estas premisas, una máquina de pistón, de expansión múltiple y de equicorriente tendría las siguientes tres cualidades que harían de ella una máquina muy eficiente:

1.- Máquina de pistón.- Las máquinas volumétricas son las de mayor rendimiento isentrópico.

2.- Multietapa.- La expansión en varios cilindros permite obtener un grado de expansión elevado con una máquina de dimensiones moderadas.

3.- Equicorriente.- Si toda la expansión se consigue hacer en una sola dirección la eficiencia se mantiene en valores óptimos.

Descripción detallada de los componentes de la invención

La invención consiste en el conjunto de los dispositivos que permiten realizar una expansión multietapa y de equicorriente. Por supuesto, los conceptos de multiexpansión y equicorriente son de sobra conocidos. Esta invención se basa fundamentalmente en la válvula de transferencia montada sobre el pistón y los mecanismos que fuerzan su apertura y cierre.

Perspectiva de conjunto de máquina de triple expansión (Figura 3)

La figura 3 muestra una perspectiva exterior de conjunto.

La denominación de los componentes señalados en la figura 3 es la siguiente:

1.- Entrada de vapor de alta presión.

2.- Salida de vapor hacia el condensador.
3.- Cilindro de Alta Presión.
4.- Cilindro de Media Presión
5.- Cilindro de Baja Presión.
6.- Eje de levas.
7.- Balancín de válvula de admisión de alta presión.
8.- Resorte cierre de válvula de admisión de baja presión.
9.- Tubos de comunicación entre expulsión de Alta Presión y admisión de Media Presión.
10.- Tubos de comunicación entre expulsión de Meida Presión y admisión de Baja Presión..
11.- Tren alternativo.
12.- Bancada.
13.- Cigüeñal.
14.- Volante inercia.
15.- Correa transmisión.

Perspectiva de conjunto de máquina de triple expansión seccionada (Figura 4)

En esta perspectiva seccionada se puede apreciar las diferencias en diámetros típicas de las máquinas de multiexpansión. En las culatas vemos las válvulas de admisión que abren hacia arriba gracias al sistema de balancín-leva.
Los pistones presentan la característica esencial de esta invención: están ranurados y una válvula de sumidero deja al descubierto estas ranuras desde el punto muerto bajo hasta casi llegar al punto muerto alto para permitir la transferencia del vapor de la región alta hacia la baja provocando que el flujo de vapor continúe siempre hacia abajo.

4.- Cilindro de media presión.
5.- Cilindro de baja presión.
7.- Balancín de válvula de admisión de alta presión.
16.- Balancín de válvula de admisión de media presión.
17.- Balancín de válvula de admisión de baja presión.
18.- Leva de válvula de admisión de alta presión.
19.- Resorte de cierre de válvula de alta presión.
20.- Válvula de admisión de alta presión.
21.- Pistón de alta presión.
22.- Válvula de sumidero sobre pistón.
23.- Camón de apertura de válvula de sumidero.
24.- Rodetes de apertura de válvula de sumidero.
25.- Prensa de vástago de alta presión..

Alzado y planta de Pistón Ranurado con su vástago y Válvula de Sumidero con su vástago hueco y camones de giro (Figura 5 y Figura 6)

El pistón es un conjunto de dos piezas principales. Por un lado está el pistón de vástago con cabeza ranurada, y, por otro, tenemos la válvula de sumidero que está montada sobre el pistón. Este conjunto permite un empuje sobre el vástago y, a través de la biela, al eje motor durante la carrera descendente. En la carrera ascendente el sumidero queda abierto y el vapor es transferido desde la parte

superior del pistón hacía la parte inferior sin sufrir ningún proceso termodinámico,

Figura 5:
21.- Pistón ranurado.
22.- Válvula de sumidero ranurada.
23.- Camones de apertura de válvula de sumidero. Estos camones tienen el perfil necesario para atacar los rodetes de forma tangencial y hacer que la válvula gire los 15º necesarios. Están en la región baja del cilindro
26.- Vástago de pistón.
27.- Rosca de fijación a cruceta.
28.- Ranuras de paso de vapor.
29.- Ranuras para tejas de unión entre válvula de sumidero y el vástago hueco con los camones de giro.
.
30.- Camones de cierre de válvula de sumidero. Estos camones tienen el perfil necesario para atacar los rodetes de forma tangencial y hacer que la válvula gire los 15º necesarios. Están en el carter de la máquina.
31.- Tejas de unión entre válvula de sumidero y vástago hueco.
32.- Ranuras de paso de vapor.

Figura 6:
Sección de conjunto de pistón y válvula de sumidero.
33.- Válvula de sumidero con su vástago hueco.
34.- Pistón y vástago macizo.

Perspectiva seccionada del pistón ranurado y de la válvula de sumidero mostrando el montaje (Figura 7)

La válvula de sumidero (7) está montada sobre la cabeza del pistón (21). Tiene un grado de libertad de 15º y es movida por 3 piezas en forma de teja (31) que atraviesan tres ranuras (35) en la cabeza del pistón con forma de teja también pero con el doble de longitud de arco para permitir el movimiento de la válvula de sumidero. Las tres tejas enlazan con un cilindro hueco (33) que recubre el vástago (34) del pistón.

Perspectiva de conjunto pistón y válvula de sumidero mostrando los camones de apertura y cierre (Figura 8)

El cilindro hueco (33) esta ajustado sin apriete sobre el vástago del pistón. Los camones (23) superiores se encargan de girar la válvula de sumidero 15º para que las ranuras de la cabeza del pistón queden abiertas. Los camones inferiores (30) hacen la labor contraria: cuando el pistón alcanza casi el punto muerto alto hacen que la válvula de sumidero tape las ranuras del pistón.

Perspectiva de cilindro de alta presión alcanzando el punto muerto bajo (Figura 9)

Cuando el pistón llega hasta el punto muerto bajo los camones de apertura (23) tocan a los rodetes (24) que hacen que la válvula de sumidero (22) gire 15º

descubriendo las ranuras 28).
Los rodetes de apertura (24) se encuentran montados sobre la tapa inferior del cilindro

Perspectiva de cilindro de alta presión alcanzando el punto muerto alto (Figura 10)

Antes de que el pistón llegue hasta el punto muerto alto, los camones de cierre (30) tocan a los rodetes (36) que hacen que la válvula de sumidero (22) gire 15º cerrando las ranuras (28) del pistón.
Los rodetes de cierre (36) están montados bajo la tapa inferior del cilindro, dentro del volumen de carter.

Descripción del funcionamiento de la máquina de expansión múltiple y equicorriente

La máquina expansiona el vapor u otro fluido comprensible en dos o más cilindros. Dentro de cada cilindro tiene lugar un proceso de expansión del vapor con la cualidad principal de que el vapor siempre sigue el mismo sentido. La expansión se realiza en dos o más etapas, pasando el vapor de un cilindro a otro hasta completar el grado de expansión necesario para un buen rendimiento.

Los procesos que tienen lugar dentro de cada cilindro se completan en una vuelta de cigüeñal que comprende una carrera de descenso y otra de ascenso del pistón.

Carrera de descenso:
Región alta: Durante un 25% o 35% de la carrera de descenso se admite vapor a plena presión con la válvula de admisión abierta. Tras el cut-off o cierre de la válvula de admisión el resto de la carrera es de expansión. Al llegar el pistón abajo se abre la válvula de sumidero.
Región baja: El vapor de la parte baja está a la presión de fin de expansión de la etapa que corresponde al cilindro. Al bajar el pistón con la válvula de sumidero cerrada, el vapor es empujado a presión constante hacia el siguiente cilindro para continuar con la siguiente expansión.

Carrera de ascenso:
Casi toda la carrera de ascenso se realiza con la válvula de sumidero abierta. Así, al subir el pistón, el vapor se va transfiriendo de la región alta a la baja sin cambio significativo de presión. Puede haber una pequeña caída de presión a causa de la laminación al atravesar las ranuras de pistón.
La transferencia acaba poco antes de llegar al punto muerto alto, entonces la válvula de sumidero cierra y en la última parte de la carrera de ascenso se produce una compresión hasta igualar la presión de admisión.

Descripción de todo la secuencia empezando en el punto muerto alto:

PMA + 0º de manivela.- Figura 11

La manivela (37) está en posición de PMA (punto muerto alto). La válvula de admisión (20) está abierta por el balancín. El pistón (21) está en su punto más alto con el sumidero cerrado. El vapor (38) a plena presión (PA) entra en el cilindro empujando el pistón.
En la región baja (41) del cilindro está el vapor que ha sido transferido a la parte inferior del pistón durante la carrera de ascenso, listo para salir por el tubo de expulsión (39) a presión baja (PB)

PMA + 30º de manivela.- Figura 12
La manivela (37) está en posición de PMA + 30º. La válvula de admisión (20) sigue abierta por el balancín. El pistón (21) está bajando con el sumidero cerrado. El vapor (38) a plena presión (PA) entra en el cilindro empujando el pistón.
En la región baja (41) el vapor que ha sido transferido a la parte inferior del pistón durante la carrera de ascenso, está siendo expulsado por el tubo PB (39).

PMA + 60º de manivela.- Figura 13
La manivela (37) está en posición de PMA + 60º. La válvula de admisión (20) cierra (cut-off). El vapor (38) a plena presión (PA) deja de pasar al cilindro, esperando a la siguiente admisión. El vapor en la región alta (40) del cilindro comienza su expansión empujando el pistón (21).
En la región baja (41) el vapor sigue en expulsión por el tubo PB (39).

PMA + 90º de manivela.- Figura 14
La manivela (37) está en posición de PMA + 90º. La válvula de admisión (20) está cerrada. El vapor (38) a plena presión (PA), esperando a la siguiente admisión. El vapor en la región alta (40) en proceso de expansión empujando el pistón (21).
En la región baja (41) el vapor sigue en expulsión por el tubo PB (39).

PMA + 120º de manivela.- Figura 15
No cambia nada con respecto a la anterior posición.
La manivela (37) está en posición de PMA + 120º. La válvula de admisión (20) está cerrada. El vapor (38) a plena presión (PA), esperando a la siguiente admisión. El vapor en la región alta (40) en proceso de expansión empujando el pistón (21).
En la región baja (41) el vapor sigue en expulsión por el tubo PB (39).

PMA + 150º de manivela.- Figura 16 y Figura 17
La manivela (37) está en posición de PMA + 150º. La válvula de admisión (20) está cerrada. El vapor (38) a plena presión (PA), esperando a la siguiente admisión. El camón de apertura (23) es accionado por el rodete de apertura (24), provocando el giro de la válvula de sumidero (22).y dejando al descubierto las ranuras del pistón (28). El proceso de expansión en la región alta (40) termina después de alcanzar la presión de la siguiente etapa, que debe ser la misma que hay en la región baja del cilindro.
En la región baja la expulsión termina porque han quedado comunicadas las dos regiones del cilindro. La presión en la región baja es PB, presión de la siguiente etapa (39). Esto cambiaría en caso de ser la última expansión, pues en este caso el tubo PB (39) comunica con el vacío del condensador.

PMA + 180º de manivela.- Figura 18
La manivela (37) está en posición de PMA + 180º, que es el PMB, punto muerto bajo. La válvula de admisión (20) está cerrada. El vapor (38) a plena presión (PA), esperando a la siguiente admisión. La válvula de sumidero (22) está abierta y comienza la transferencia de vapor de la región alta a la baja a presión contante PB.

PMA + 210º de manivela.- Figura 19
La manivela (37) está en posición de PMA + 210º. La válvula de admisión (20) está cerrada. El vapor (38) a plena presión (PA), esperando a la siguiente admisión. La válvula de sumidero (22) está abierta durante casi toda la carrera ascendente y el vapor se transfiere a la zona baja a presión constante PB.

PMA + 240º de manivela.- Figura 20
La manivela (37) está en posición de PMA + 240º. La válvula de admisión (20) está cerrada. El vapor (38) a plena presión (PA), esperando a la siguiente admisión. La válvula de sumidero (22) está abierta durante casi toda la carrera ascendente y el vapor se transfiere a la zona baja a presión constante PB.

PMA + 270º de manivela.- Figura 21
La manivela (37) está en posición de PMA + 270º. La válvula de admisión (20) está cerrada. El vapor (38) a plena presión (PA), esperando a la siguiente admisión. La válvula de sumidero (22) está abierta y el vapor se transfiere a la zona baja a presión constante PB.

PMA + 300º de manivela.- Figura 22
La manivela (37) está en posición de PMA + 300º. La válvula de admisión (2) está cerrada. El vapor (4) a plena presión (PA), esperando a la siguiente admisión. La válvula de sumidero (22) está a punto de cerrar. Casi todo el vapor ha sido transferido de la región alta (40) a la región baja (41). El camón de cierre (30) está a punto de alcanzar los rodetes de cierre.

PMA + 330º de manivela.- Figura 23 y Figura 24
La manivela (Fig. 23, pos. 37) está en posición de PMA + 330º. La válvula de admisión (Fig. 23, pos.20) está cerrada. El vapor (Fig. 23, pos. 38) a plena presión (PA), esperando a la siguiente admisión. La válvula de sumidero (Fig. 23, pos. 22) se ha cerrado por la acción de los camones de cierre (Fig. 24, pos. 30) y los rodetes de cierre (Fig. 24, pos. 36). Casi todo el vapor ha sido transferido de la región alta (Fig. 23, pos 40) a la región baja (Fig. 23, pos. 41). En la región alta (Fig. 23, pos.40) se comprime el resto del vapor para igualar la presión de admisión PA.

Cuando llegue de nuevo al PMA se habrá completado la secuencia completa. El resumen es como sigue:

Posición Manivela	Región Alta	Región Baja	Sumidero
PMA	Admisión	Comienzo expulsión	Cerrado
PMA+30º	Admisión	Expulsión	Cerrado
PMA+60º	Fin Admisión	Expulsión	Cerrado
PMA+90º	Expansión	Expulsión	Cerrado

PMA+120º	Expansión	Expulsión	Cerrado
PMA+150º	Fin Expansión	Fin Expulsión	Abre
Posición Manivela	Región Alta	Región Baja	Sumidero
PMA+180º	Comienza transferencia		Abierta
PMA+210º	Transferencia de región alta a baja		Abierta
PMA+240º	Transferencia de región alta a baja		Abierta
PMA+270º	Transferencia de región alta a baja		Abierta
PMA+300º	Fin transferencia de región alta a baja		Cerrando
PMA+330º	Comprimiendo	Listo para expulsión	Cerrado

La máquina puede tener dos o más cilindros. Todos los cilindros cumplen la misma secuencia, pasando el vapor expandido en una etapa sin cambios de presión hacia la siguiente etapa. Esto es diferente cuando acaba la expansión de la última etapa. Como el tubo de salida de vapor no va a la siguiente etapa, sino que comunica con el vacio del condensador, el vapor es absorbido y no es necesaria la transferencia de la zona alta a la baja durante la carrera de ascenso. Por esto en el último cilindro la válvula de sumidero puede abrir y cerrar cerca del punto muerto bajo porque el vapor sale de forma muy rápida en cuanto se abre la comunicación de la galería de exhaustación.

Ejemplo de aplicación: Máquina de triple expansión con parámetros típicos del ciclo de Rankine, representada en la figura 3.

La máxima presión a la que han trabajado las máquinas de expansión múltiple es de alrededor de 35 bar. En la tabla siguiente muestro unos valores teóricos de cómo se desarrollaría la expansión múltiple desde la presión de 35 bar hasta la presión del condensador.

La última expansión tiene la particularidad de que no acaba como las anteriores, con expulsión controlada por la cara baja del pistón, sino que al acabar la expansión se abren las galerías que comunican con el condensador. La presión del condensador es más baja que la alcanzada al terminar la última expansión, por lo que el vapor es aspirado en un proceso repentino a volumen constante.

Posición Figura 3	P absoluta (bar)	T (ºC)	v (m^3/kg)	u (kJ/kg)	i (kJ/kg	s (J/kg/K)	x (1/1)
Salida condensador vacio, (NO CONTEMPLADO EN LAS FIGURAS)	0.147	53.6	0.001	224	224	750	0
Salida bomba (NO CONTEMPLADO EN LAS FIGURAS)	35.3	53.6	0.001	224	227	750	0
Salida generador vapor (NO CONTEMPLADO	35.3	243	0.0565	2599	2798	6121	1

EN LAS FIGURAS)							
Salida sobrecalentador vapor (NO CONTEMPLADO EN LAS FIGURAS)	35.3	300	0,06764	2739	2975	6439.24	Sobrec.
Posición Figura 3	P absoluta (bar)	T (ºC)	v (m^3/kg)	u (kJ/kg)	i (kJ/kg	s (J/kg/K)	x (1/1)
Tubo alta presión Pos 1	35.3	300	**0,06764**	2739	2975	6439.24	Sobrec.
Tubo media presión Pos 9	11.3	185	0.17	2542	2734	6439.24	0.976
Tubo baja presión Pos 10	3.94	143	0.43	2377	2546	6439.24	0.91
Final carrera cilindro baja presión antes de abrir el sumidero	1.35	108	**1.1**	2227	2376	6439.24	0.86
Exhaustación a volumen cte Pos 2	0.147	53.6	1.1	465	481	1534	0.108

En este típico ciclo de vapor para máquina de pistón el vapor es ligeramente sobrecalentado y al ser expandido en tres etapas aparece agua que no afecta demasiado a las máquinas de pistón y sirve para minimizar los rozamientos de la válvula de sumidero. El grado de expansión total es 16, siendo las expansiones parciales en cada cilindro de 2.52.

$$Rendimiento\ Teórico = \frac{Qc-Qf}{Qc} = \frac{(2975-227)-(2227-465)-(481-224)}{(2975-227)} = 26.5\%$$

El rendimiento teórico es bueno teniendo en cuenta las bajas temperaturas a las que se trabaja en las instalaciones termosolares o de biomasa. Lo que pretende la invención aquí presentada es obtener el máximo rendimiento de expansión, ya que el rendimiento de ciclo depende en gran medida de las temperaturas de foco caliente y frío.

REIVINDICACIONES

1.- Máquina de pistón de expansión múltiple unidireccional para vapor del tipo de cilindro cerrado, arriba por culata con válvula de admisión de vapor y abajo por tapa inferior con orificio de salida de vapor y atravesada centralmente por un vástago doble concéntrico que enlaza el pistón con el pie de biela por medio de cruceta típica de motores de vapor de doble efecto (figura 4), caracterizado esencialmente porque el pistón es un conjunto de pistón ranurado (21) y una válvula superpuesta (22) en forma de plato ranurado, nombrada válvula de sumidero, junto con los accionamientos que hacen girar un ángulo determinado la válvula de sumidero en un sentido y en el contrario. La posición angular relativa entre pistón y válvula de sumidero hace que las ranuras de pistón y válvula se solapen o coincidan.

-La válvula de sumidero (22) está sujeta a un vástago hueco (33) concéntrico al vástago que sujeta el pistón. El vástago hueco de la válvula de sumidero dispone de una doble leva montada en su exterior en una posición elevada (23) de tal manera que cuando el pistón se aproxima al punto muerto bajo, esta doble leva entra en contacto con un rodete (24) situado sobre la tapa inferior del cilindro haciendo que la válvula de sumidero gire descubriendo las ranuras del pistón.
-El vástago hueco de la válvula de sumidero dispone de otra doble leva montada en su exterior en una posición baja (30) de tal manera que cuando el pistón se aproxima al punto muerto alto, esta doble leva entra en contacto con un rodete (36) situado bajo la tapa inferior del cilindro haciendo que la válvula de sumidero gire cubriendo las ranuras del pistón.

2.- Máquina de pistón de expansión múltiple unidireccional, según la reivindicación 1, caracterizado por la disposición de entrada de vapor por la parte superior del cilindro y salida de vapor por la parte baja del cilindro.

-La entrada de vapor viene controlada por una válvula de admisión (20) en culata que abre durante una porción de la carrera de descenso. Esta válvula abre hacia arriba cuando el movimiento del cigüeñal, transmitido con una relación de 1:1 a un eje de levas y a un balancín, la empuja.
-La salida de vapor en la parte inferior del cilindro está abierta siempre y conectada a la exhaustación o a la admisión de otro cilindro.

3.- Máquina de pistón de expansión múltiple unidireccional, según las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado por la disposición de dos o más cilindros con la salida inferior de cada cilindro conectada a la entrada superior del siguiente.

-Esta disposición se caracteriza porque todos los cilindros tienen la misma carrera pero distinto diámetro. Creciendo el diámetro en la dirección aguas abajo del flujo de vapor en expansión.
-El primer cilindro tiene la entrada de vapor conectada al generador de vapor.
-El último cilindro tiene su salida conectada a la exhaustación o a un condensador.

Figura 1

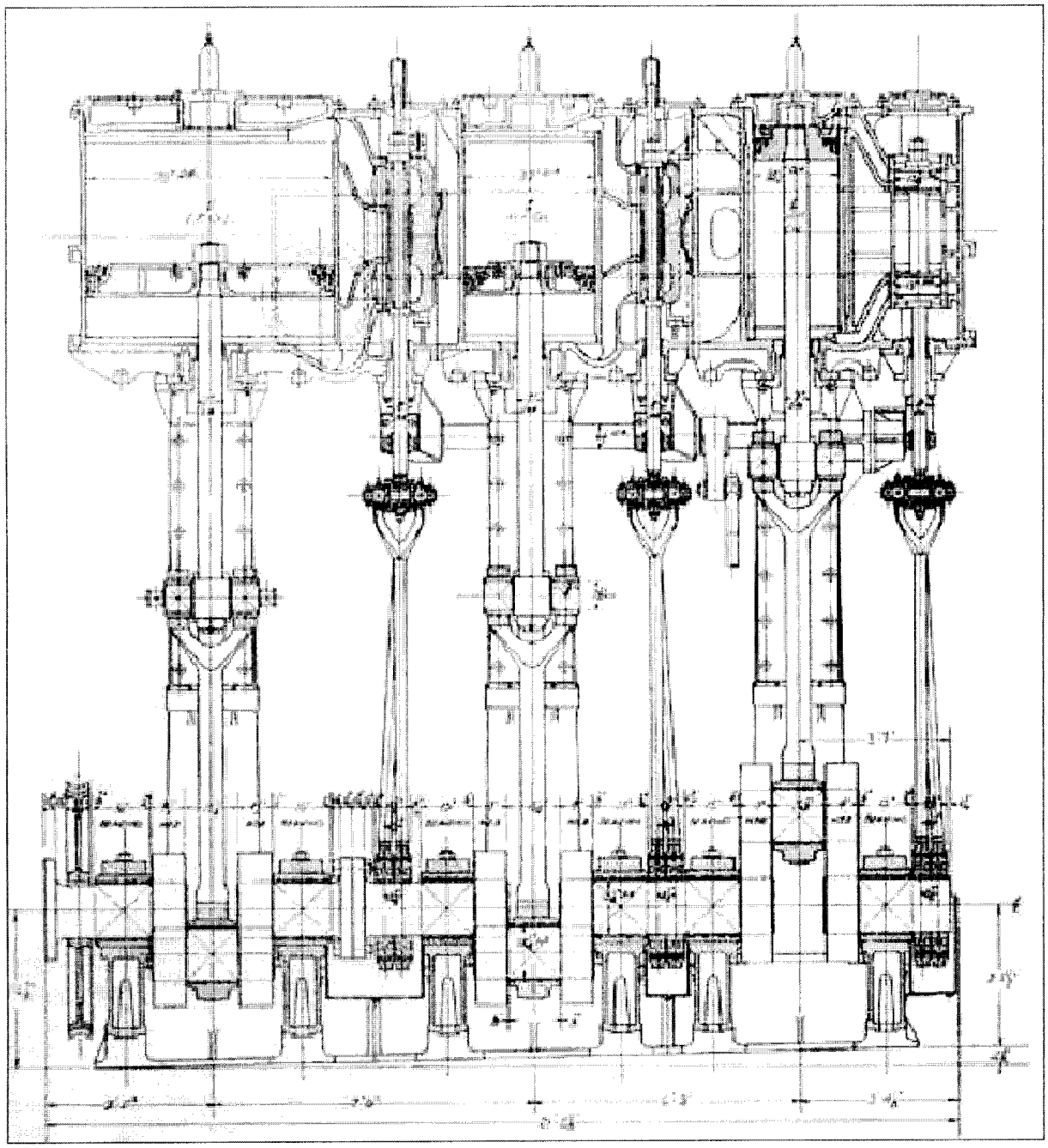


Figura 2

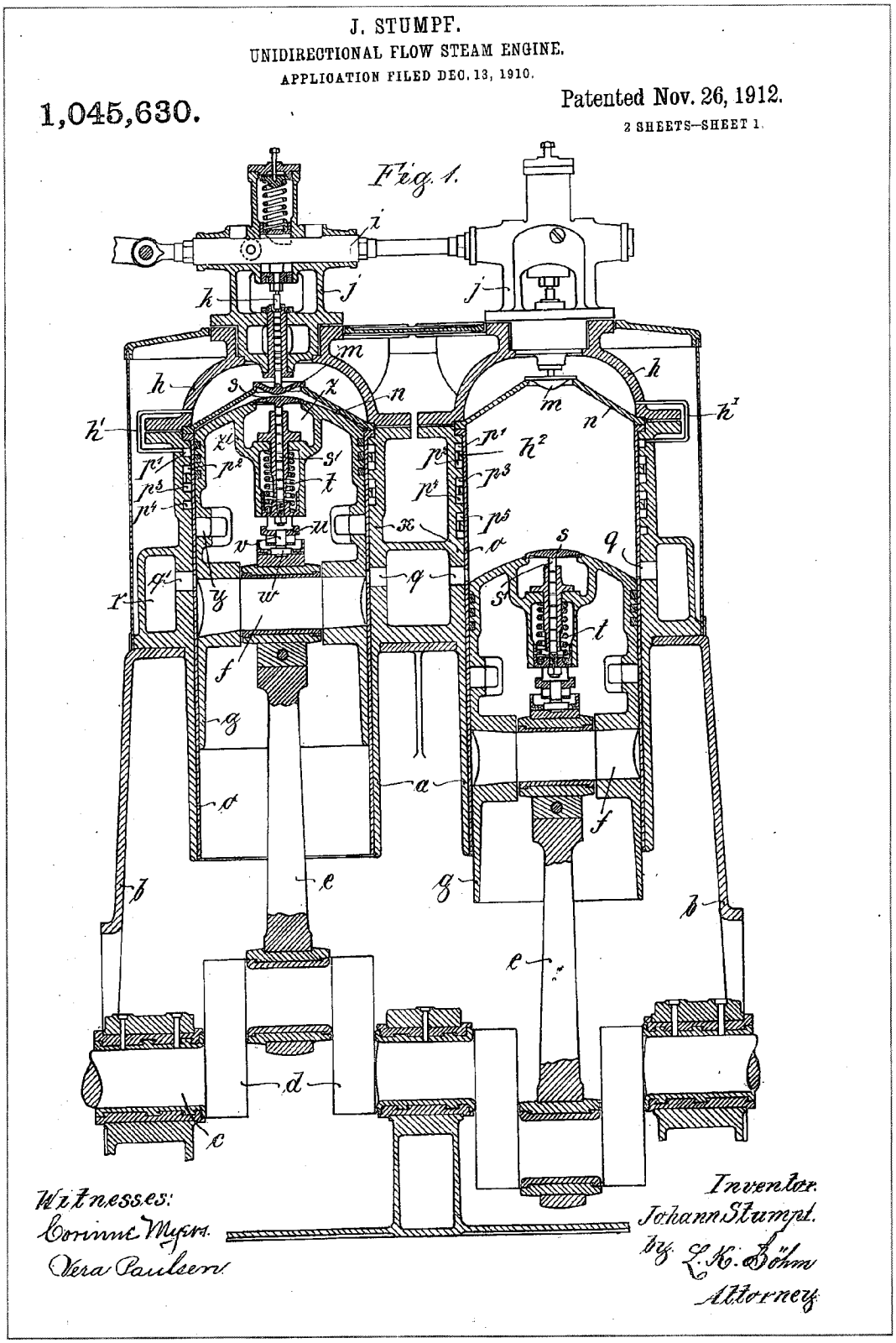

J. STUMPF.
UNIDIRECTIONAL FLOW STEAM ENGINE.
APPLICATION FILED DEC. 13, 1910.
1,045,630.
Patented Nov. 26, 1912.
2 SHEETS—SHEET 1.
Witnesses:
Corinne Myers.
Vera Paulsen.
Inventor.
Johann Stumpf.
by L. K. Böhm
Attorney.

Figura 3

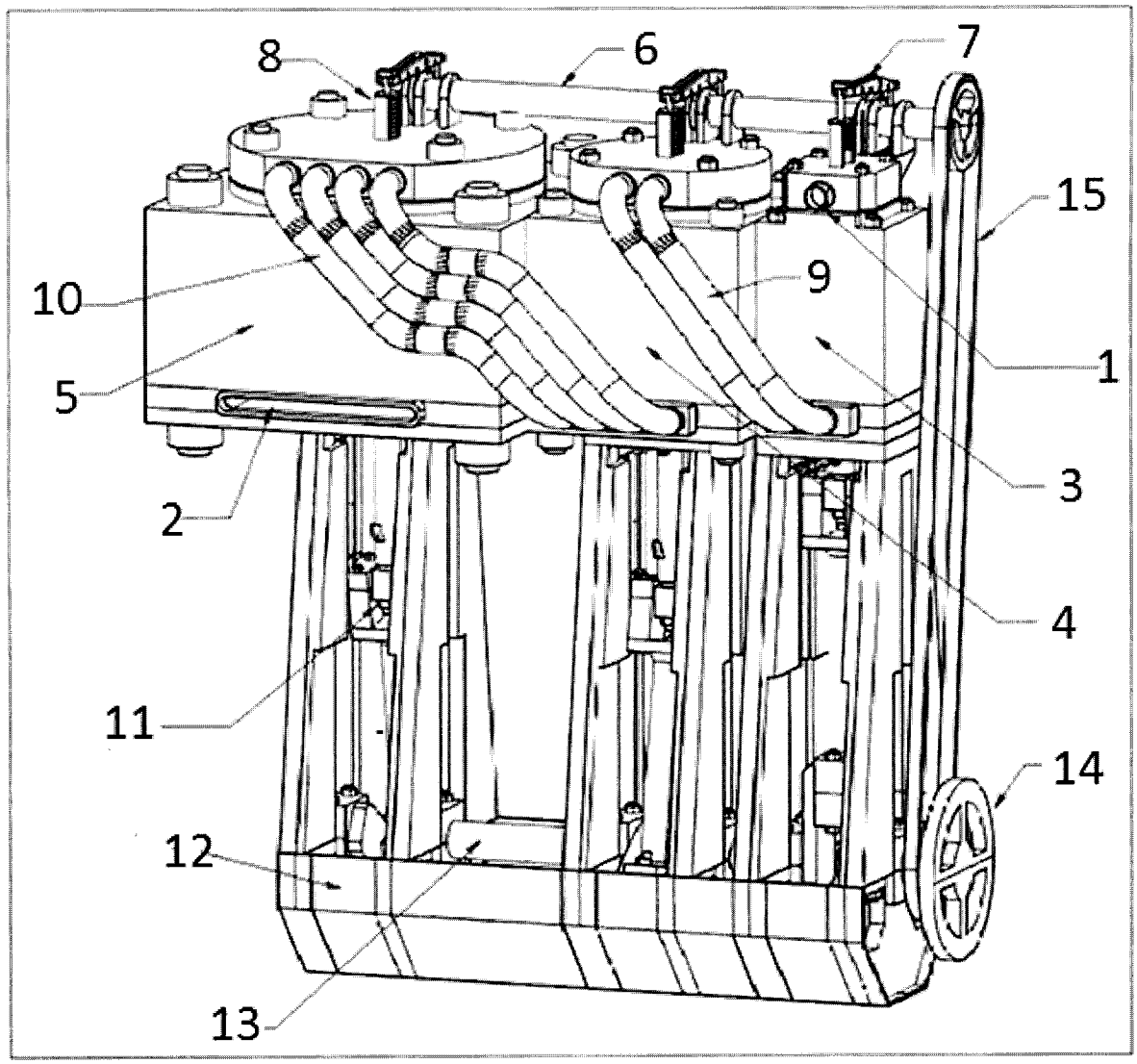


Figura 4

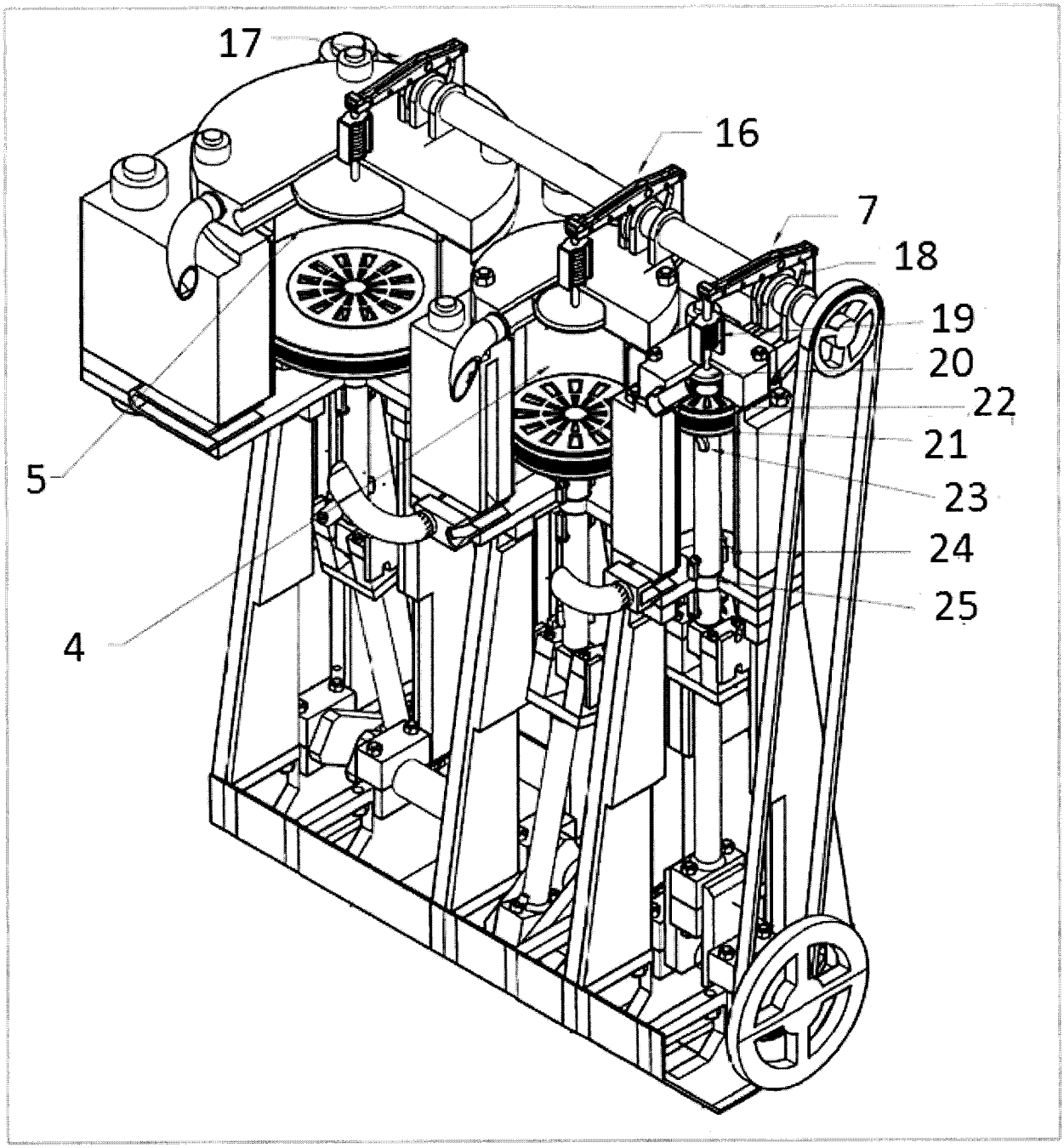


Figura 5

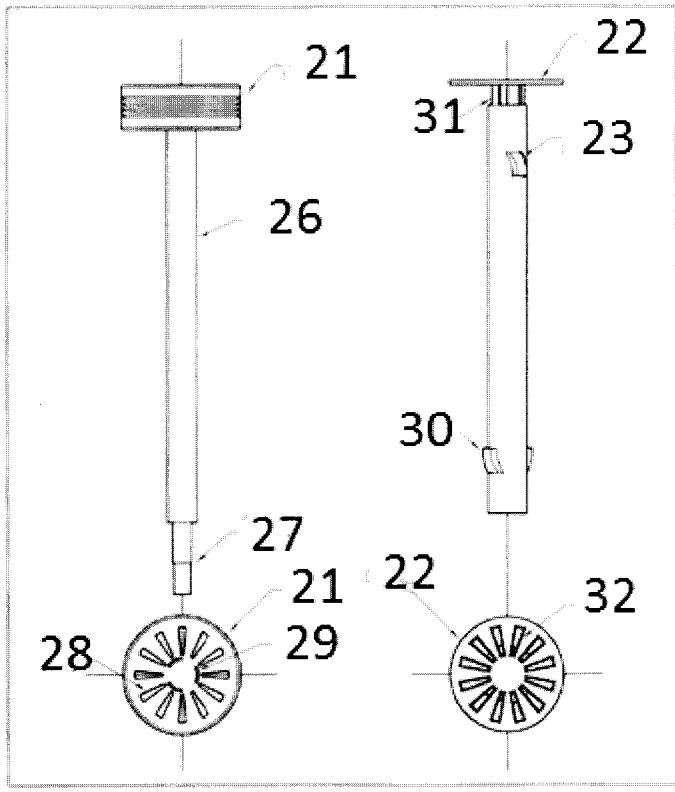


Figura 6

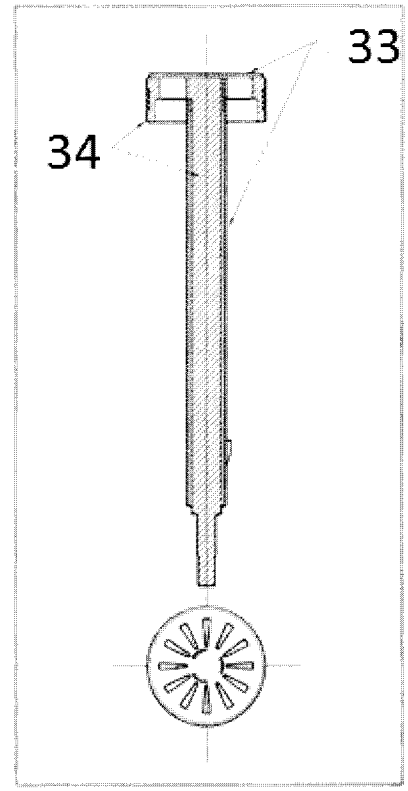


Figura 7

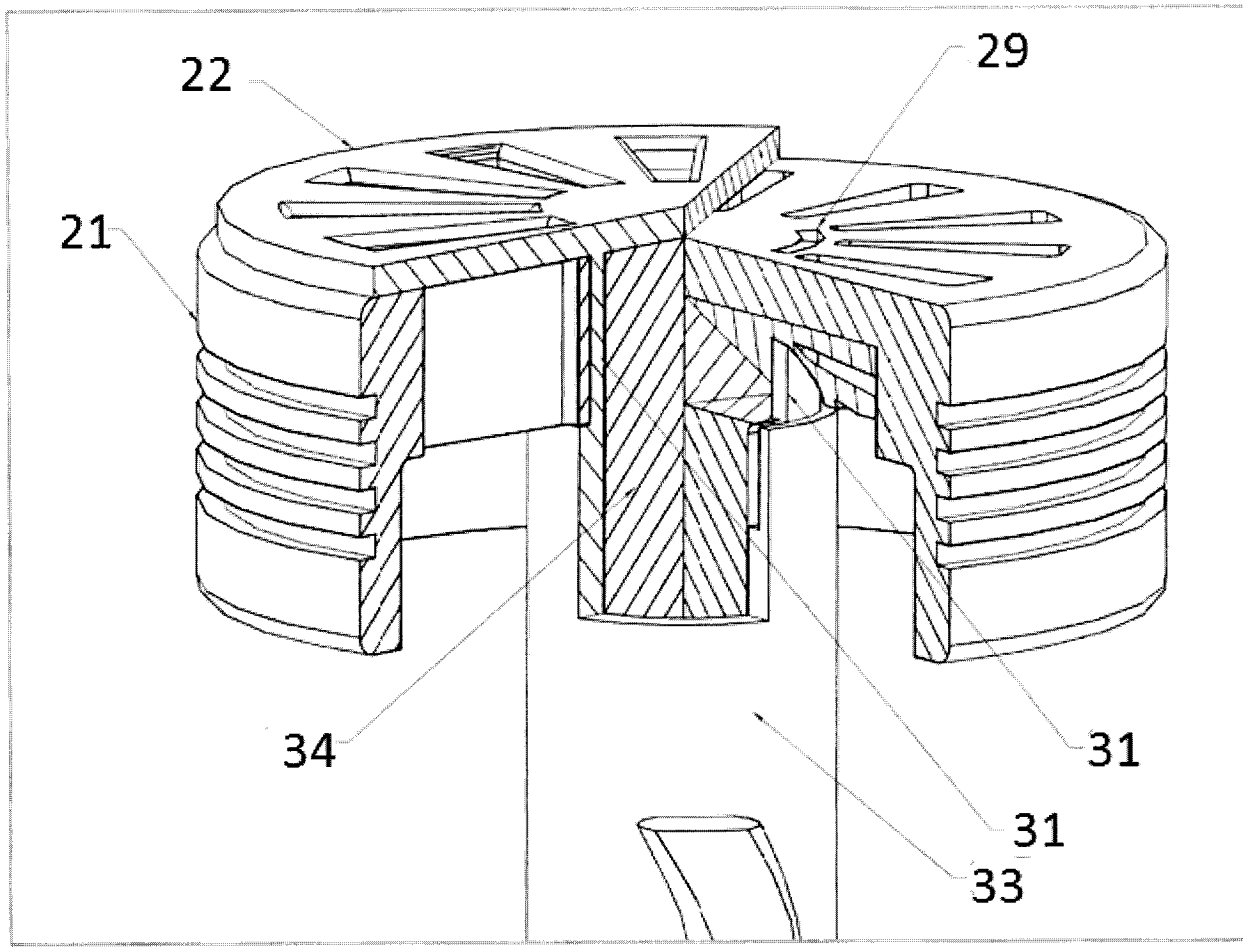


Figura 8

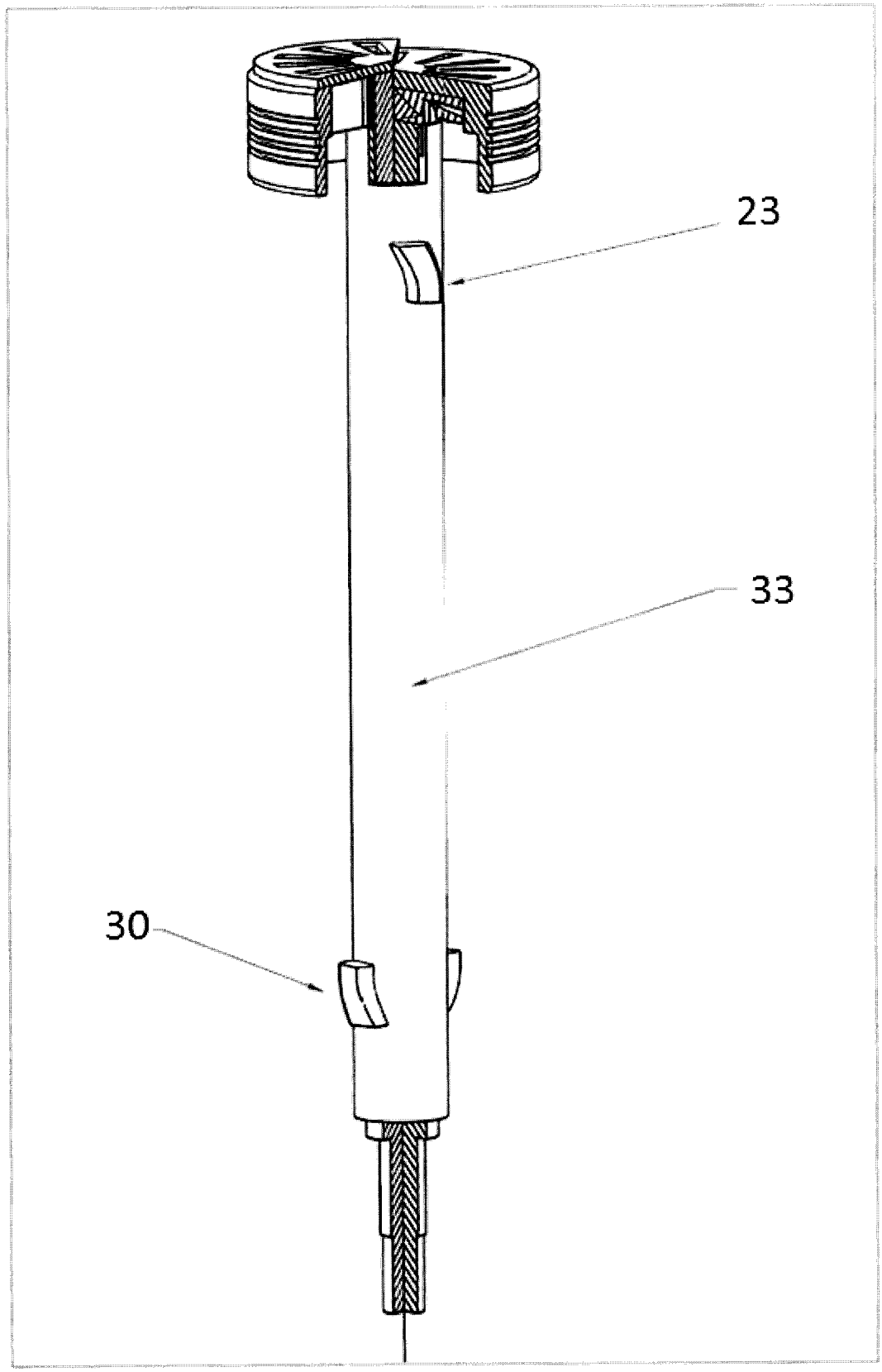


Figura 9

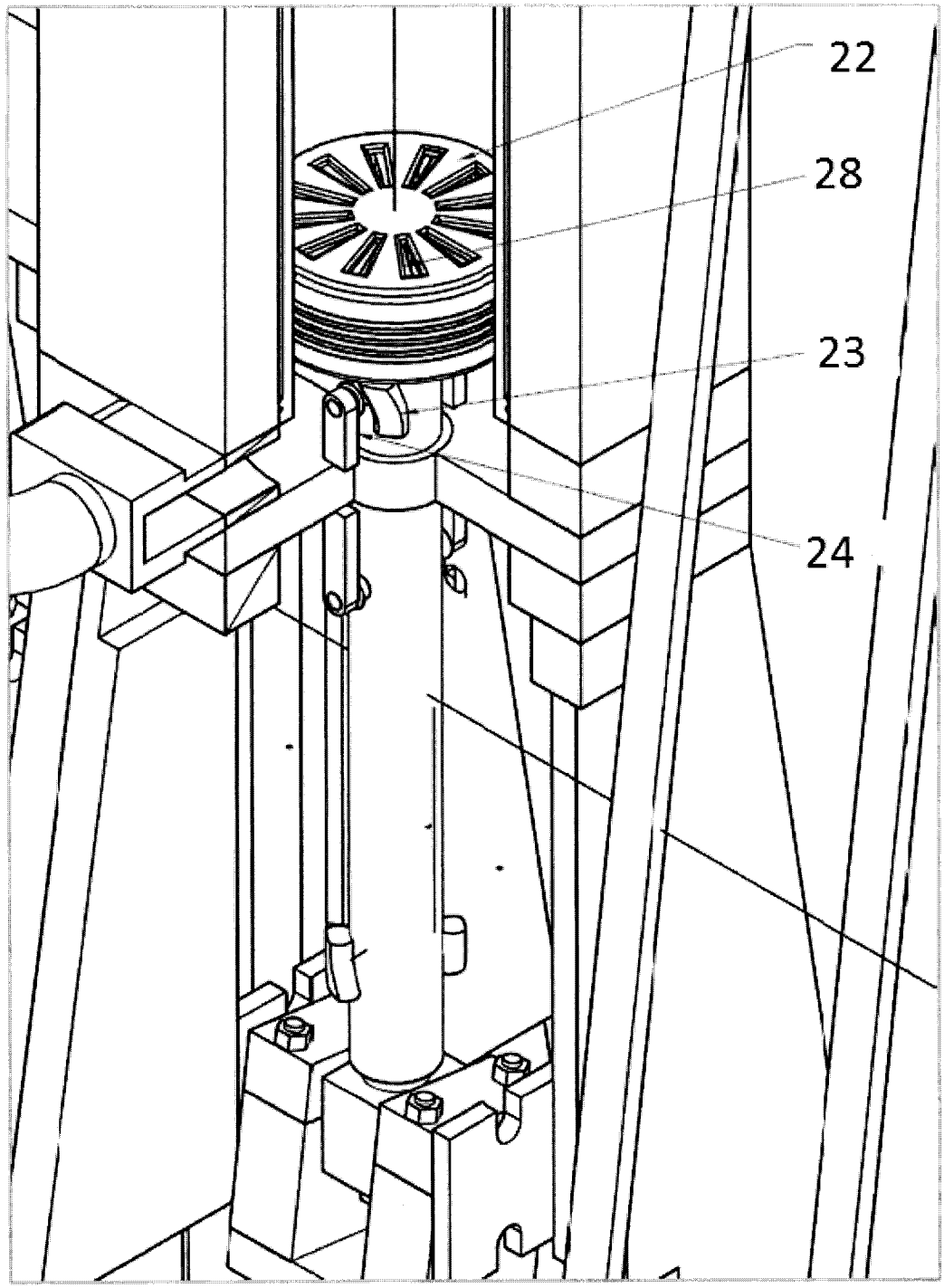


Figura 10

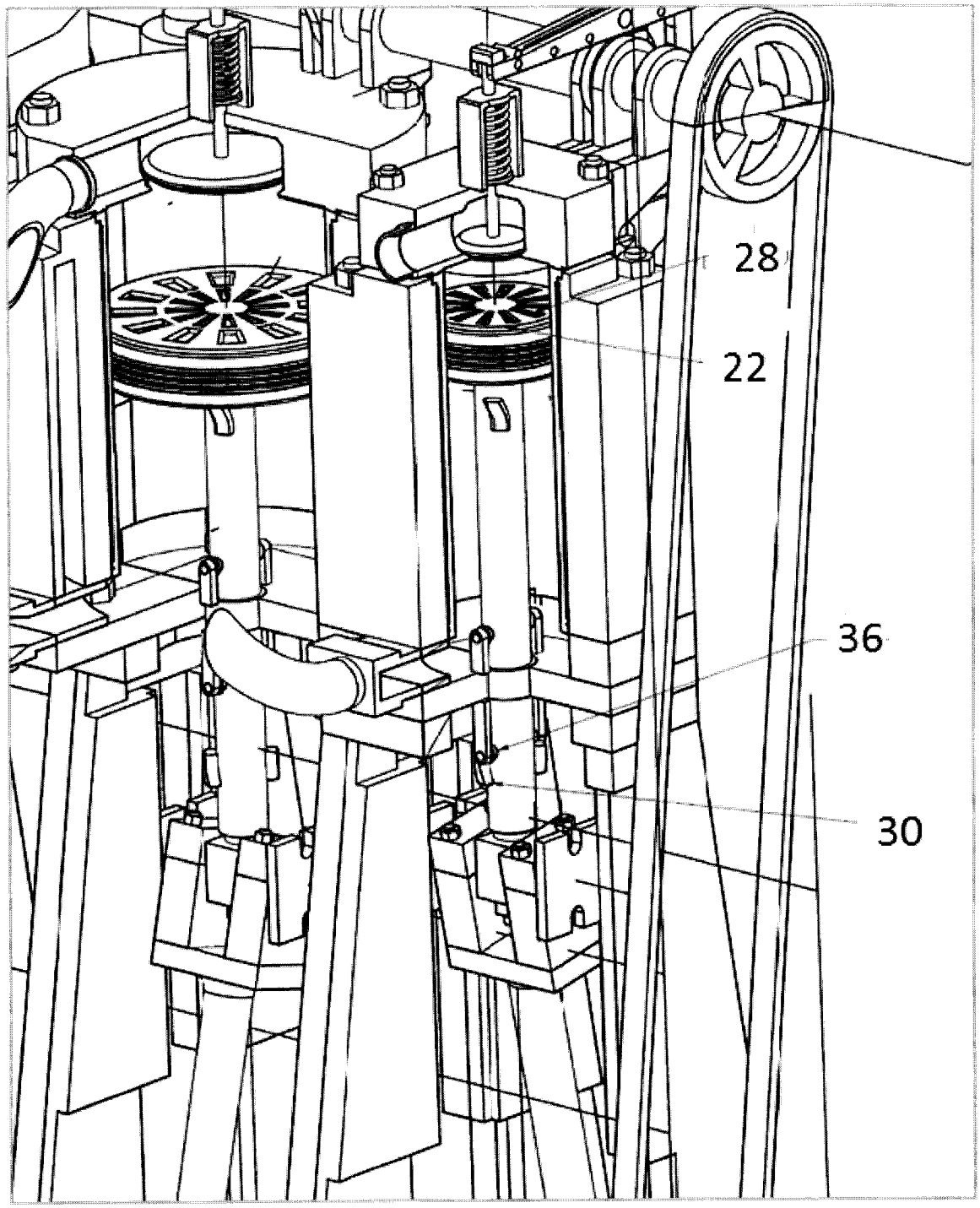


Figura 11

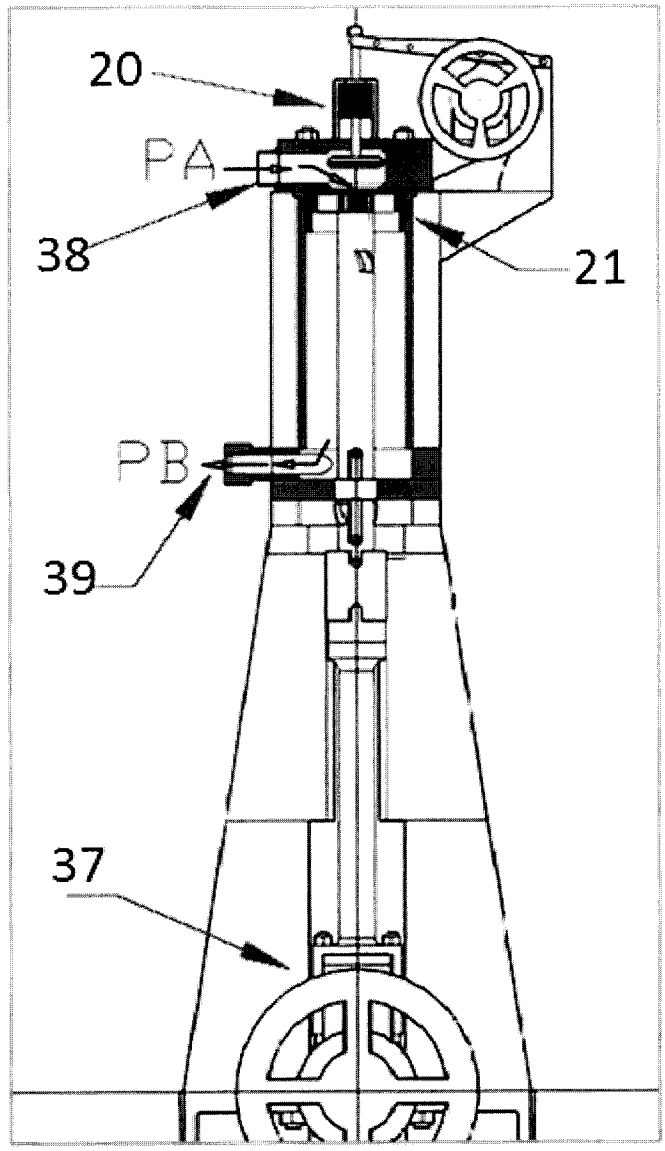


Figura 12

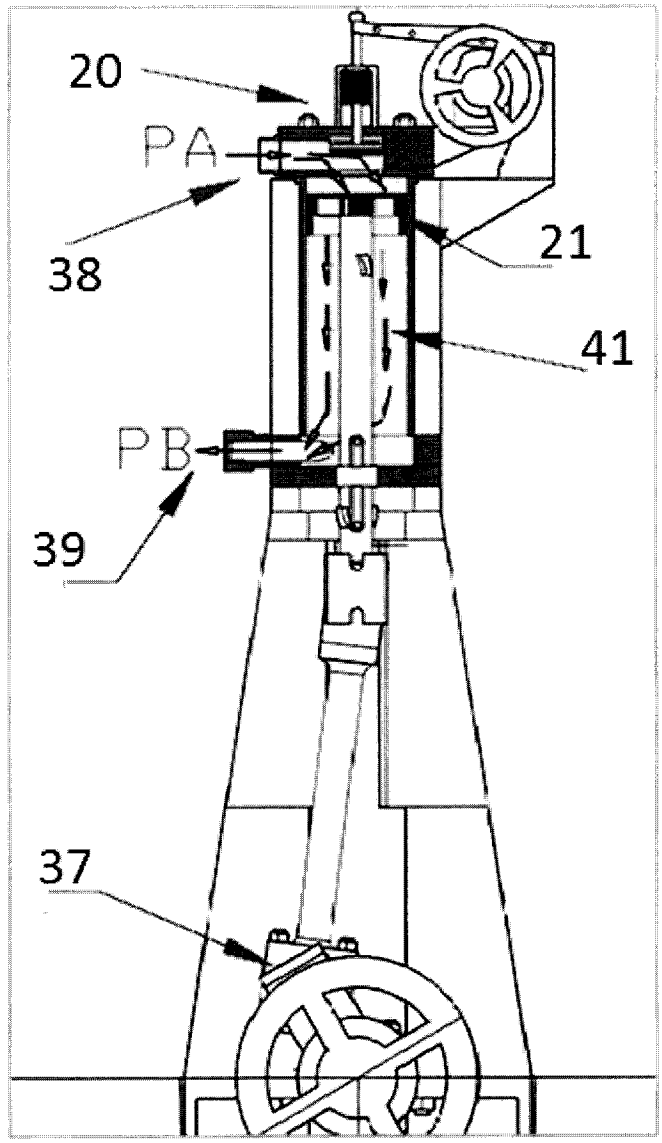


Figura 13

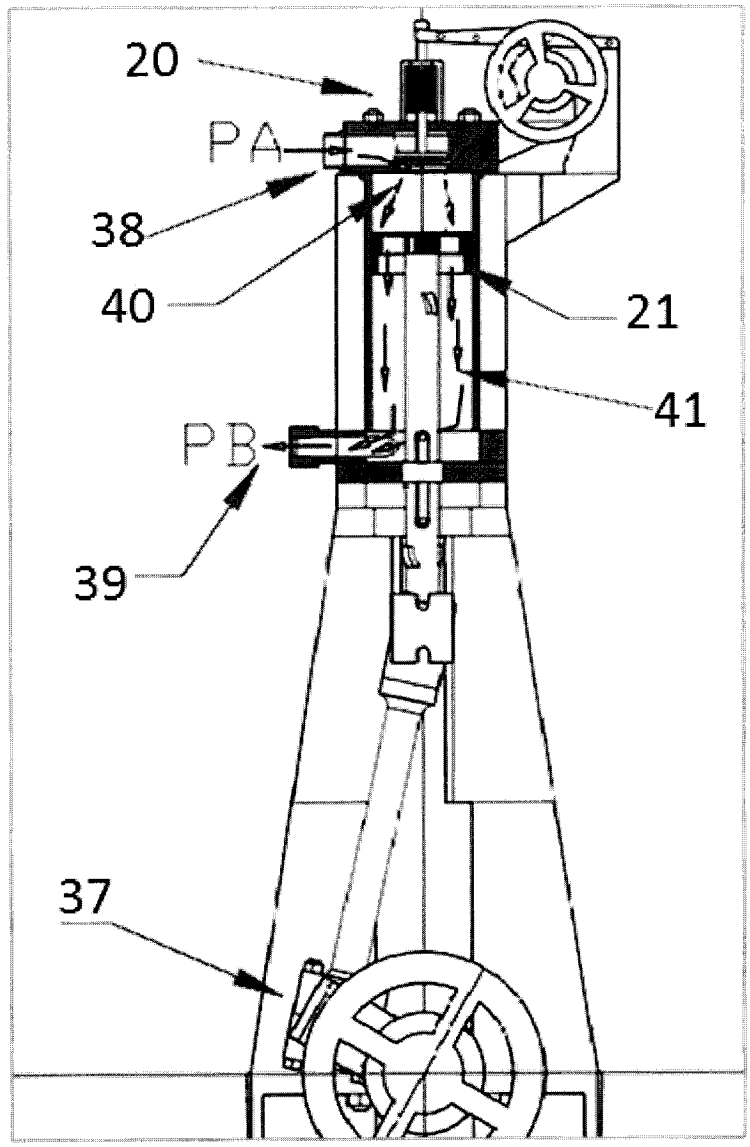


Figura 14

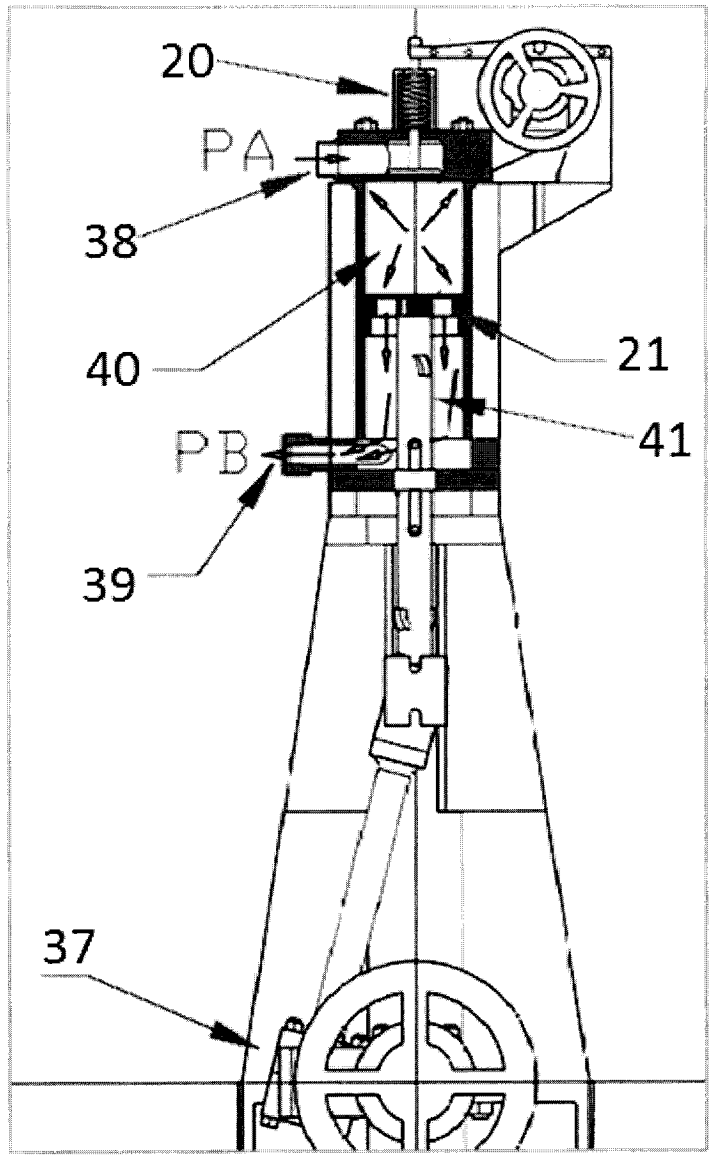


Figura 15

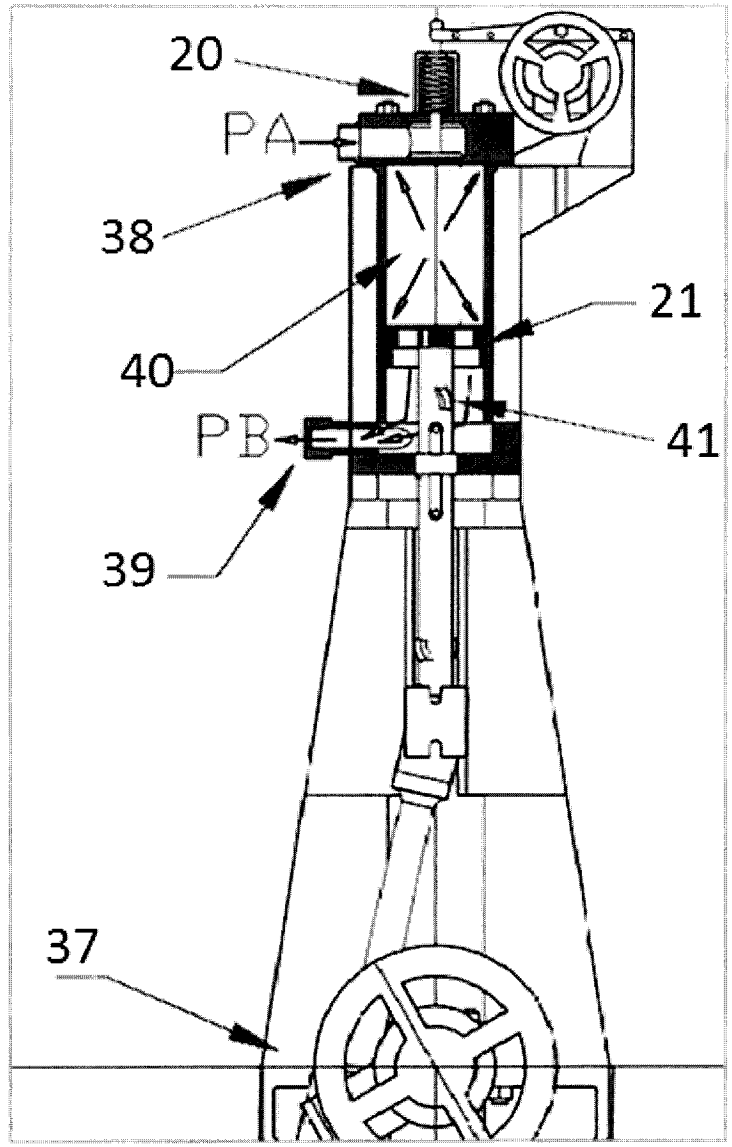


Figura 16

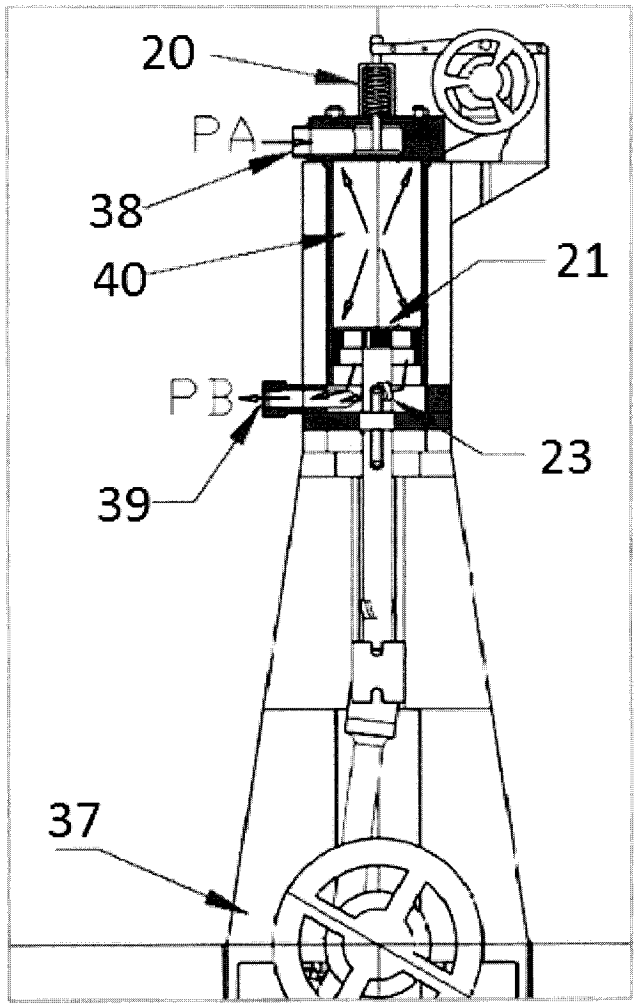


Figura 17

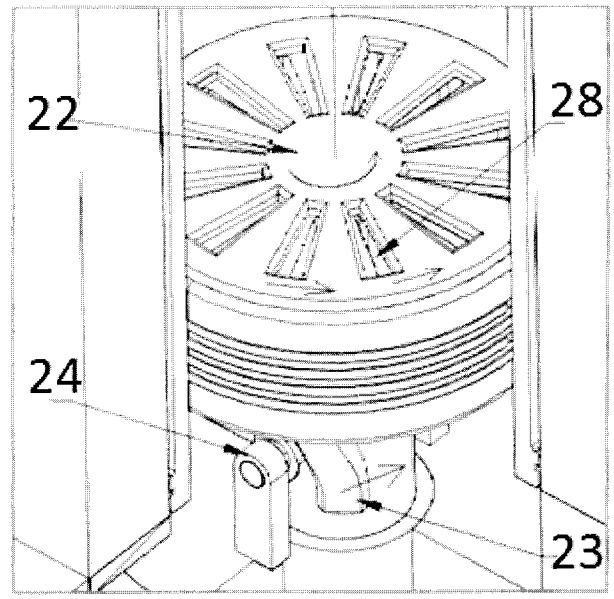


Figura 18

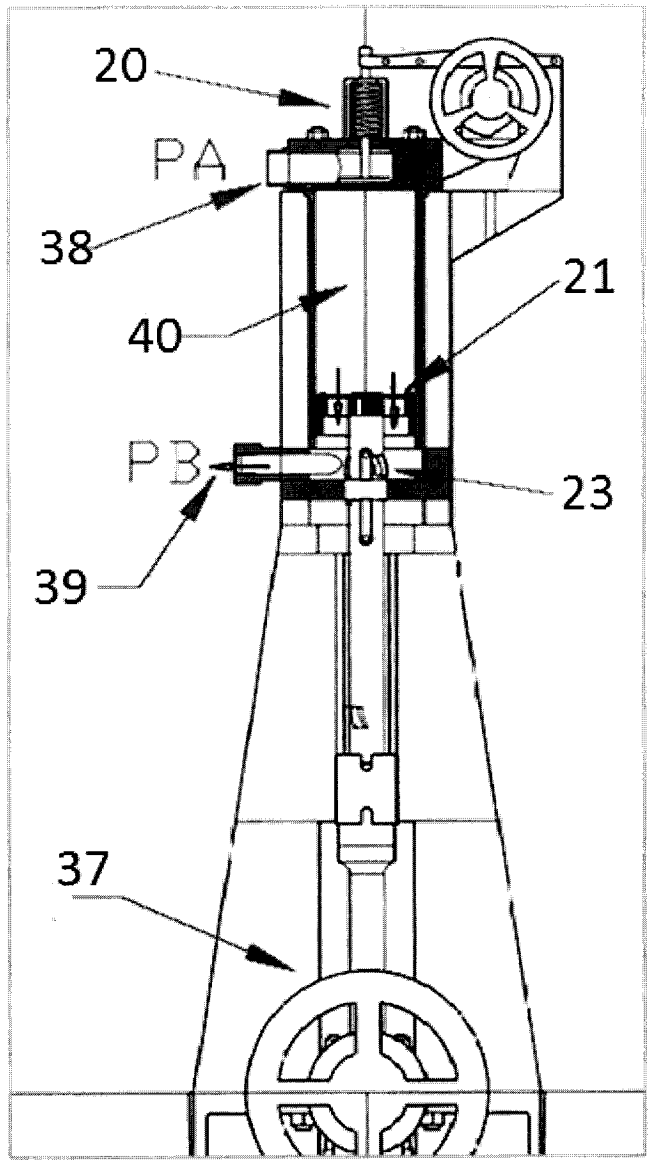


Figura 19

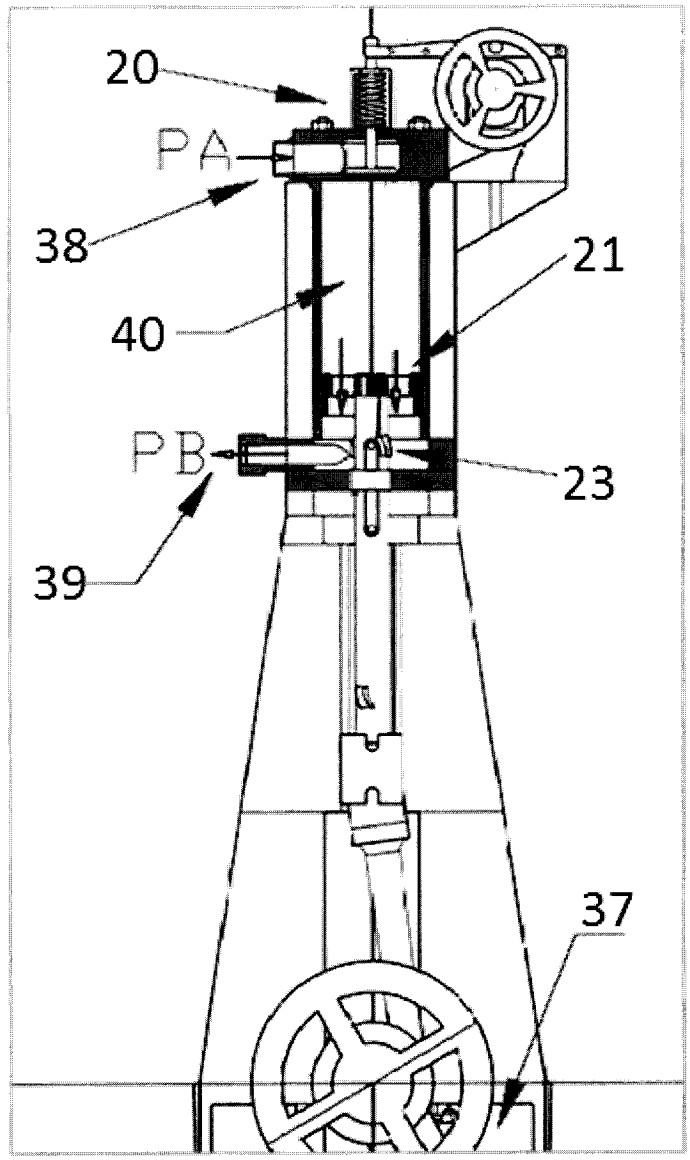


Figura 20

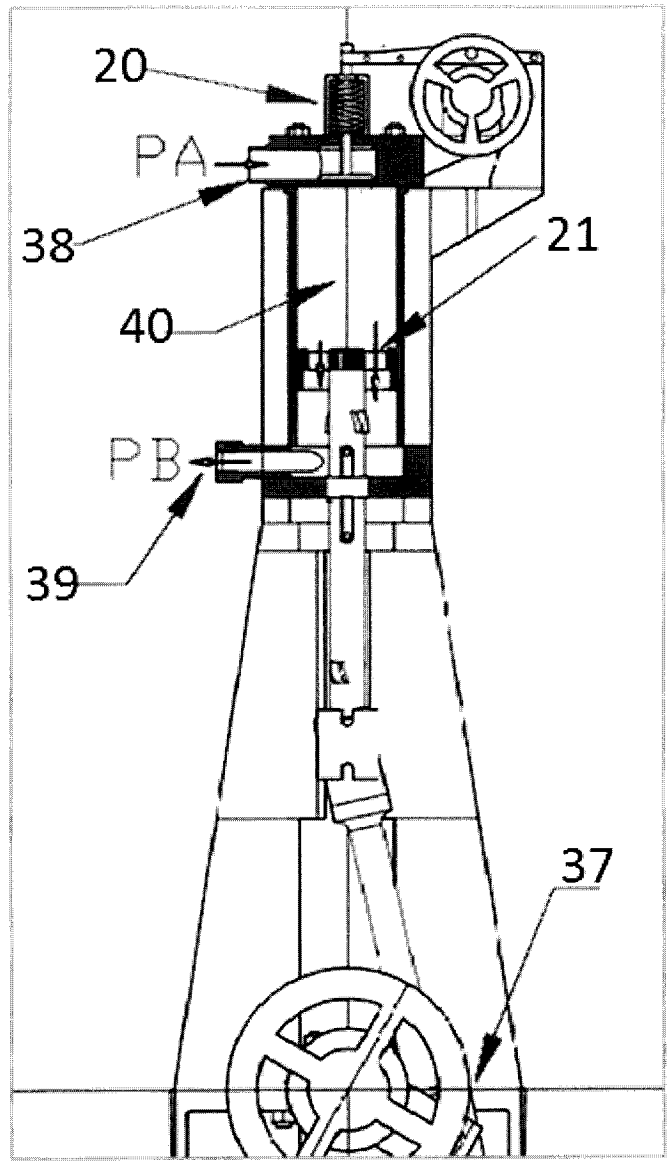


Figura 21

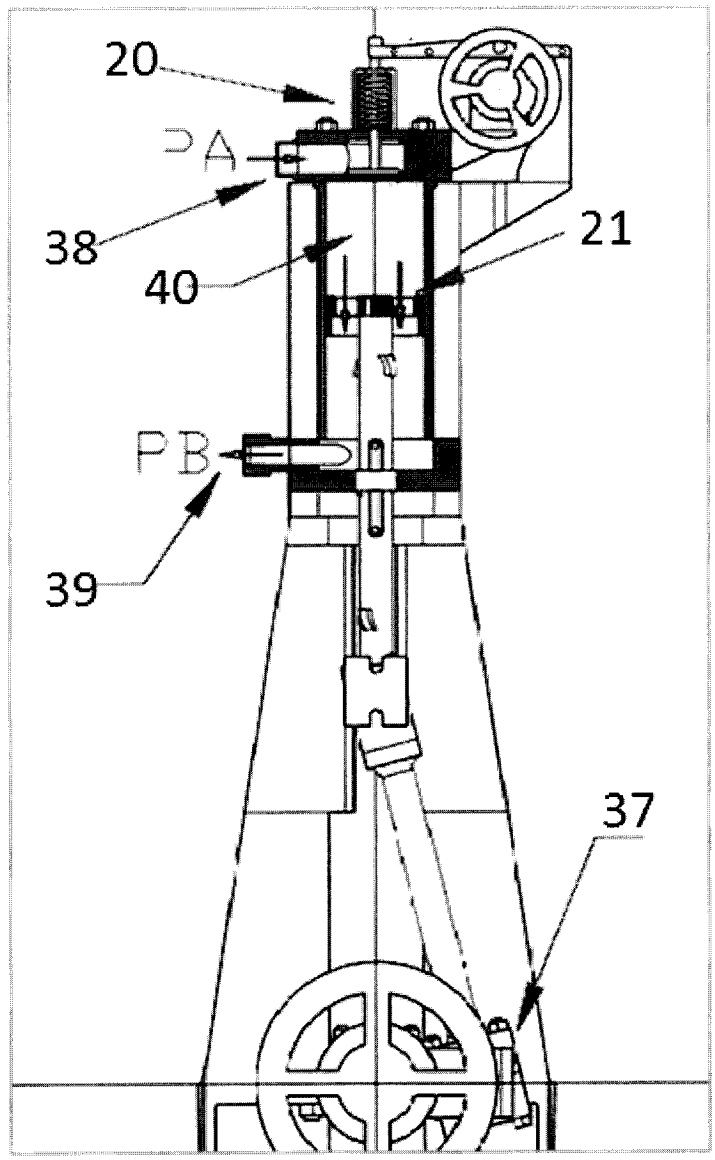


Figura 22

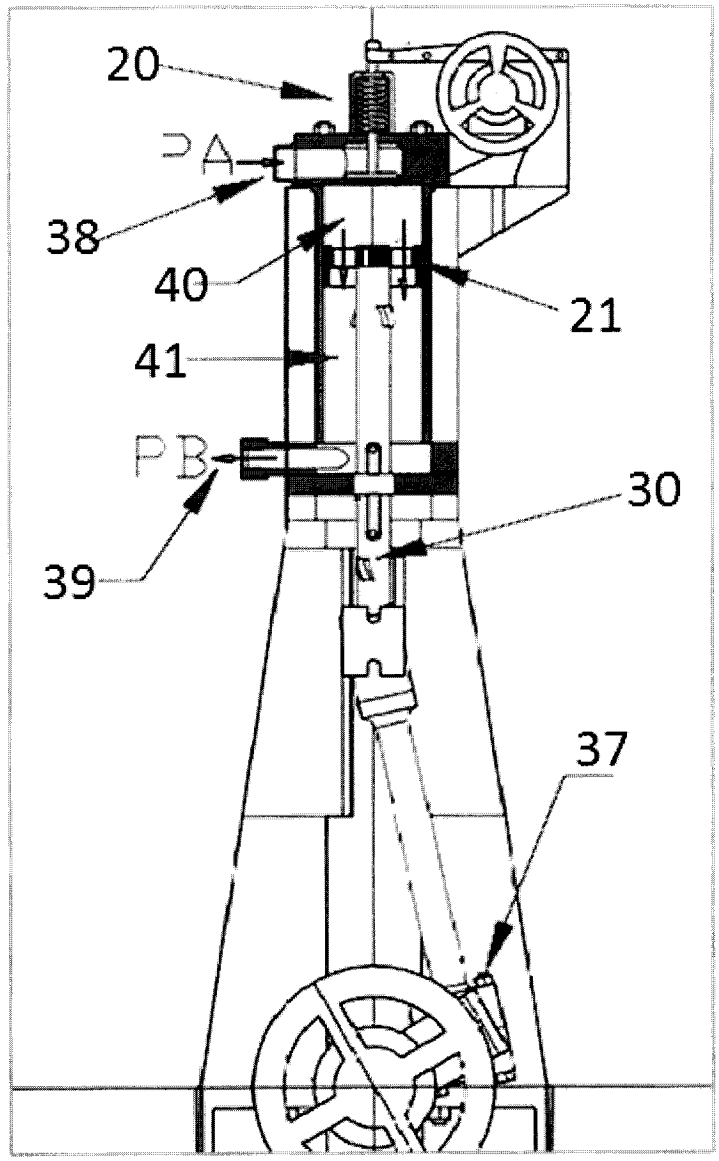


Figura 23

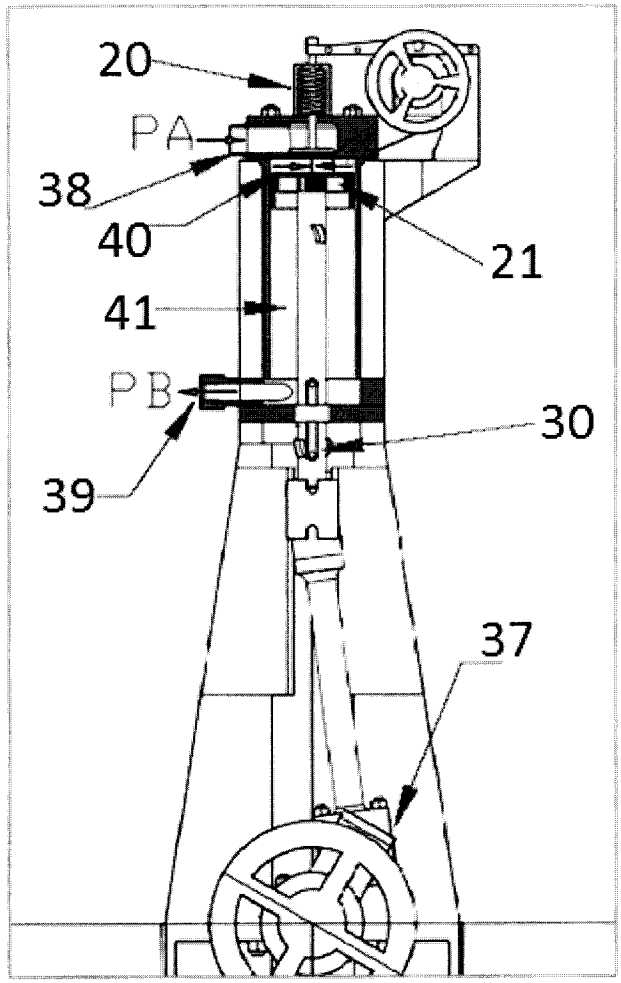
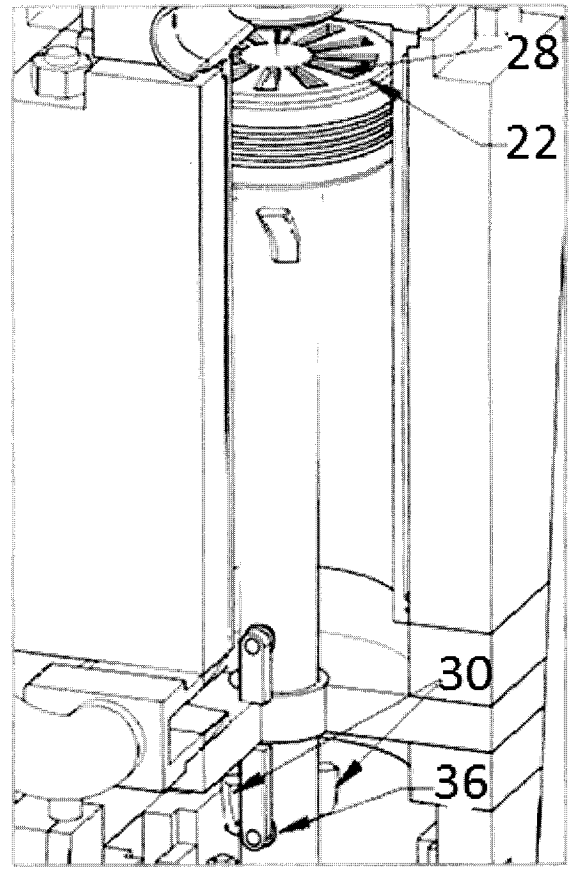


Figura 24



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(21) N.º solicitud: 201300066

(22) Fecha de presentación de la solicitud: 02.01.2013

(32) Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

(51) **Int. Cl. :** Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	(56) **Documentos citados**	**Reivindicaciones afectadas**
A	US 1236472 A (NYQUIST GUSTAF W) 14.08.1917, todo el documento.	1
A	US 1213315 A (WELL HUGO C) 23.01.1917, todo el documento.	1
A	US 2198552 A (WILLI RIEGER) 23.04.1940, columna 1, líneas 1-42; figuras.	3
A	US 1431589 A (KLUEFER GUY L) 10.10.1922, todo el documento.	1
A	DE 3421779 A1 (DOLZER WALTER) 28.02.1985, resumen; figuras.	1
A	DE 842722 C (KLEIN EDMUND) 30.06.1952, todo el documento.	1
A	GB 190804129 A (ROND LOUIS JULES JEAN BAPTISTE) 24.03.1909, todo el documento.	1
A	US 1642596 A (ALESSANDRO TEBALDI) 13.09.1927, todo el documento.	1
A	US 1093659 A (THORNLEY FREDERIC S) 21.04.1914, todo el documento.	1

Categoría de los documentos citados
X: de particular relevancia
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
A: refleja el estado de la técnica
O: referido a divulgación no escrita
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones ☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe	**Examinador**	**Página**
06.10.2014	J. Galán Mas	1/4

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

F01B17/04 (2006.01)
F01L21/04 (2006.01)
F02F3/00 (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

F01B, F01L, F02F, F0B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 06.10.2014

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	1-3	**SI**
	Reivindicaciones		**NO**
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	1-3	**SI**
	Reivindicaciones		**NO**

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 1236472 A (NYQUIST GUSTAF W)	14.08.1917
D02	US 1213315 A (WELL HUGO C)	23.01.1917
D03	US 2198552 A (WILLI RIEGER)	23.04.1940
D04	US 1431589 A (KLUEFER GUY L)	10.10.1922
D05	DE 3421779 A1 (DOLZER WALTER)	28.02.1985
D06	DE 842722 C (KLEIN EDMUND)	30.06.1952
D07	GB 190804129 A (ROND LOUIS JULES JEAN BAPTISTE)	24.03.1909
D08	US 1642596 A (ALESSANDRO TEBALDI)	13.09.1927
D09	US 1093659 A (THORNLEY FREDERIC S)	21.04.1914

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

El documento D01 describe una máquina de pistón, del tipo de cilindro cerrado, donde el pistón es un conjunto de pistón ranurado (18) y una válvula superpuesta (30) en forma de plato ranurado, sujeta a un vástago concéntrico al eje del pistón (18) y a un plato inferior (32) con elementos salientes (47) accionados por una biela (20) en distintos momentos del ciclo, de forma que hace girar la válvula superpuesta (30) descubriendo las ranuras (29) del pistón ranurado (18). Sin embargo, aunque el dispositivo de válvula mostrado en dicho documento D01 presenta similitudes con la válvula de sumidero definida en la reivindicación 1, se considera que existen diferencias sustanciales entre dicho dispositivo de válvula y el objeto de la reivindicación 1, no solo en detalles concretos de realización de la válvula, como el vástago hueco con doble leva, sino también en su aplicación y efecto técnico. Así, en la reivindicación 1 se define la aplicación en máquinas de vapor y se busca la apertura de la válvula durante la carrera de ascenso del pistón para no realizar un trabajo de compresión significativo, mientras que en la invención descrita en el documento D01 se aplica en un motor de combustión y tiene la función de válvula de admisión y escape.

Igualmente, en otros documentos citados se muestran dispositivos parecidos, de motores con pistones que comprenden válvulas, pero se considera que ninguno de ellos muestra información que llevara al experto en la materia, tomándolos solos o en combinación, a la invención objeto de la reivindicación 1. Por tanto, dicha reivindicación 1 implicaría actividad inventiva de acuerdo al artículo 8 de la Ley 11/1986.

En consecuencia, las reivindicaciones dependientes 2 y 3 también cumplirían con el requisito de actividad inventiva de acuerdo a dicho artículo 8 de la Ley 11/1986.