



Angel de Andrés Martínez

Doctor Ingeniero Industrial del ICAI e Ingeniero Técnico Industrial del ICAI. Actualmente es Profesor Propio del Dpto. de Ingeniería Mecánica.



Eduardo García Sánchez

Doctor Ingeniero Industrial del ICAI. Actualmente es Profesor Propio del Dpto. de Ingeniería Mecánica.



María Ana Sáenz Nuñez

Licenciada en Ciencias Físicas (Universidad Complutense). Doctorada en el ICAI en el año 2002. Actualmente es Profesora del Dpto. de Ingeniería Mecánica.



Motor de compresión variable y Ciclo Atkinson sin rozamientos ni vibraciones

Palabras clave: Compresor de pistones, ciclo Atkinson, compresión variable, mejora del rendimiento.

Key words: Piston compressor, Atkinson cycle, variable compression, high efficiency.

Resumen:

El presente artículo muestra un modelo de motor de combustión/compresor de pistones en el que se ha conseguido que el desplazamiento de la biela se haga en línea recta. Esto, unido a la posibilidad de compresión variable y a la variación en la carrera efectiva de la admisión y compresión necesaria para realizar un ciclo Atkinson, hacen de esta propuesta un modelo de alto interés en cuanto a consumo, así como por coste de mantenimiento.

Abstract

This article shows a Prototype combustion/compressor piston engine where the connecting-rod moves along a straight line. This fact, along with the variable compression which is possible to offer with the present development and the variable piston displacement in the induction makes an important contribution in the reduction of the fuel consumption as well as maintenance costs.

Introducción

La presente invención se refiere a una maquina térmica de alta eficiencia, que reúne varias características orientadas a reducir el consumo. A estas ventajas se une un equilibrado de primer y segundo orden y una mayor longevidad de los cilindros y pistones.

Debido a sus características técnicas su campo de aplicación es muy amplio.

1. Presenta un máximo interés en el campo de la automoción, debido a su gran rendimiento y su adaptabilidad para funcionar de forma óptima en diferentes condiciones de trabajo.

2. Aplicándolo a máquinas estáticas, el interés se centra en la ausencia de vibraciones, buen rendimiento y poco desgaste del conjunto pistón-segmento-cilindro.

3. Debido a la ausencia de rozamientos entre pistón y cilindro, es de máximo interés para los compresores de refrigeración, pudiendo utilizar gases refrigerantes sin lubricantes. En este campo, la posibilidad de compresión variable puede utilizarse para optimizar y regular dichos ciclos.

Breve descripción del estado del arte

Con el fin de reducir los rozamientos laterales entre pistón y cilindro se han ideado, a lo largo de la historia, gran cantidad de configuraciones que consiguen un movimiento lineal del pistón sin necesidad de ser guiado por los cilindros. Estos esfuerzos comienzan en la época de las máquinas de vapor y para ello se utilizaron cadenas cinemáticas complicadas o deslizaderas.

Una configuración interesante, consiste en un sistema de corona de dientes interiores y planetario que permiten fijar la biela en un punto cuya trayectoria es una línea recta, lo cual convierte el movimiento de la biela en un movimiento de translación. Al evitar que la biela se incline, desaparecen las fuerzas que el cilindro hace sobre el pistón y los rozamientos asociados.

Este concepto, que se conoce desde las primeras maquinas de vapor, se encuentra muy elaborado en una patente de 1914: N° 271755 Klose 46ª Gruppe 30.

La idea se ha intentado patentar muchas otras veces debido al desconocimiento de los trabajos anteriores.

La presente invención utiliza dicha configuración, sustituyendo el pistón, que va unido al planetario, por dos eslabones cinemáticos que constituyen la cabeza del pistón y su pie, y tienen movimiento relativo entre sí: haciendo girar la cabeza del pistón respecto a su pie, debido a una unión roscada, se modifican las medidas del conjunto, consiguiendo una diferencia de altura en el punto muerto superior y modificando de este modo la relación de compresión.

Con el fin de poder conseguir una gran variación en la carrera efectiva de la admisión y compresión, necesaria para realizar un ciclo Atkinson, se recurre a una válvula de admisión rotativa, cuyo cierre se puede desfasar; y que opera en serie con una segunda válvula, de diseño convencional, que se encarga del cierre final y de combatir las altas presiones. Esta solución, de gran simplicidad, es posible debido a que la válvula rotativa retiene una presión diferenciada inferior a un bar, y un cierre imperfecto no penaliza el rendimiento. La Figura 1 muestra el mecanismo al completo.

Objetivos

Los objetivos que se quieren lograr es un mejor rendimiento de los motores o compresores actuales. Con este fin se actúa en varios frentes:

1. Se elimina el rozamiento entre pistón y cilindro característicos de todos los motores constituidos por bielas que se inclinan, lo que origina una fuerza de rozamiento. Dicha fuerza origina grandes pérdidas mecánicas.

2. Se utiliza un sistema de compresión variable que mejora el ciclo termodinámico para cualquier demanda de potencia.

3. Con el fin de combinar, en condiciones habituales de bajo consumo con grandes picos de potencia, se recurre a un control de la carrera de efectiva de la carrera de admisión utilizando una válvula rotativa de desfase variable que trabaja en serie con otra válvula de arquitectura

Figura 1. Vista completa del motor

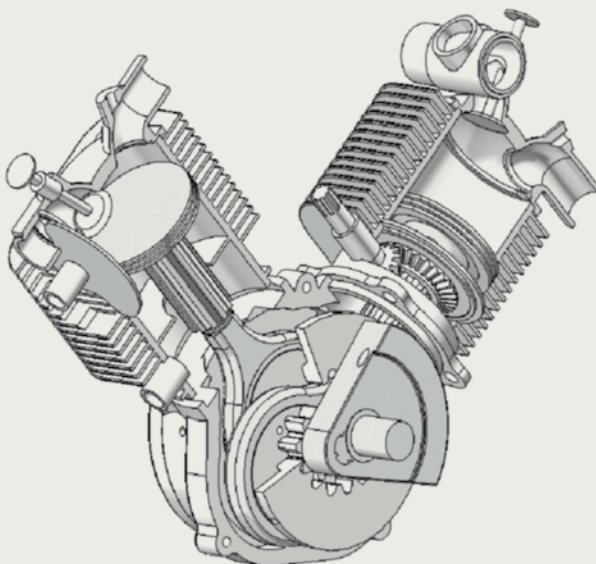
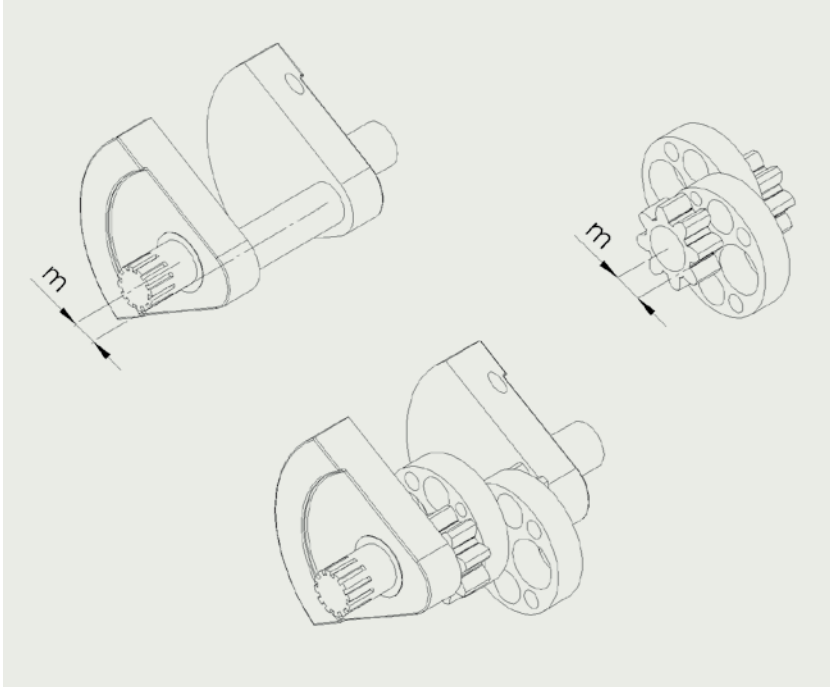


Figura 2. Configuración del cigüeñal



convencional. Esta segunda válvula tiene su cierre retrasado y se encarga de cerrar las altas presiones.

Descripción del mecanismo

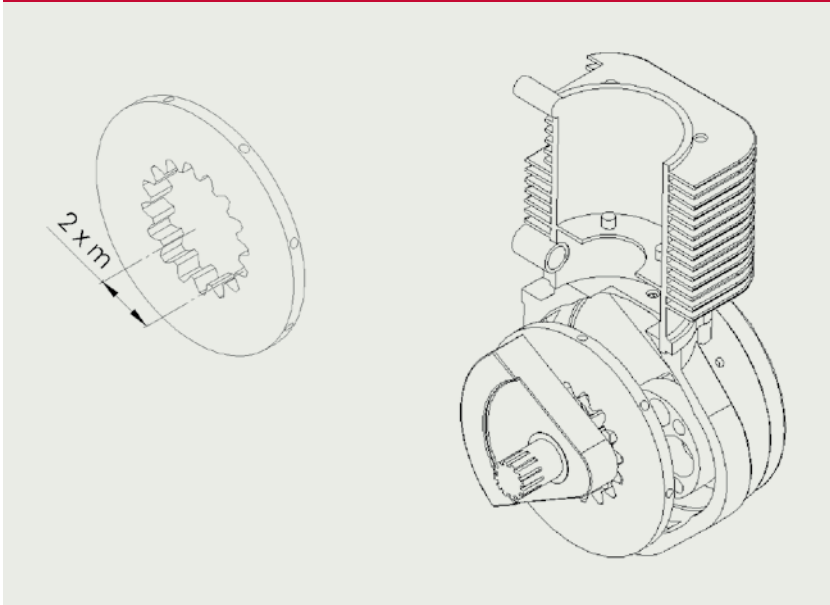
El sistema de la presente patente de invención consta de uno o varios conjuntos constituidos por:

1. Un **cigüeñal** -Figura 2-, cuya manivela (distancia entre su eje de rotación

y el eje de la muñequilla) se designara por **m**.

2. Un eslabón cinemático, que une el cigüeñal con el pistón o pistones -Figura 2-, equivale a la biela en los motores tradicionales, cuya particularidad esencial es que tiene una velocidad angular de mismo módulo que la del cigüeñal y signo contrario. Se designará por **biela rotativa**

Figura 3. Montaje de los cilindros sobre el cigüeñal



-Figura 2-. Consta de uno o dos piñones que tienen como eje de rotación la muñequilla del cigüeñal, cuyo radio primitivo es (**m**). Las articulaciones que unen esta pieza al pistón, o los pistones, están formadas por uno o dos discos descentrados respecto al eje de los piñones un valor igual a **m**.

3. **Una o varias coronas dentadas interiormente** -Figura 3-, de radio primitivo dos veces mayor que la manivela del cigüeñal ($2m$), solidarias a la bancada.

4. **La bancada** -Figura 3-, base sobre la se que articula el cigüeñal y donde va dispuesto el o los cilindros, de forma que sus ejes de simetría sean perpendiculares al eje de rotación del cigüeñal y lo corten.

5. Dos eslabones cinemáticos: la cabeza del pistón -Figura 4-, que consta de un disco con una protuberancia con estrías exteriores y con un taladro roscado, y el pie del pistón, que hace de tornillo y une todo el conjunto a la biela planetaria. El movimiento relativo de la cabeza y el pie del pistón, al enroscarse, modifica la longitud total, variando de este modo la altura máxima alcanzada y modificándose la compresión.

6. Una guía de la protuberancia de la cabeza del pistón -Figura 4-, formada por un piñón cónico y un taladro con estrías que, además de guiar el pistón verticalmente, lo hace girar cuando se pretenda atornillarlo sobre su pie. Engrana con otro piñón que permite moverlo desde fuera de los cilindros. Puede estar apoyada sobre varios rodamientos periféricos.

7. Una válvula rotativa formada por una placa que gira dentro de una ranura -Figura 5-. Otra configuración posible es realizarla mediante un eje giratorio con un taladro transversal que corte el flujo del gas. Otra alternativa es utilizar un tubo y admitir el gas axialmente.

Este diseño consigue que la articulación o articulaciones de la biela rotativa, que se unen a los pies de los pistones, describan una línea recta (en prolongación al eje de simetría

del cilindro), incluso antes de haber montado los pistones.

Esto significa que, al girar el cigüeñal y sin haber montado todavía los pistones, el punto de anclaje del pistón (que es un disco descentrado perteneciente a la biela rotativa) tendrá un movimiento totalmente definido, describiendo su centro un diámetro de la corona fija que coincide con el eje del cilindro.

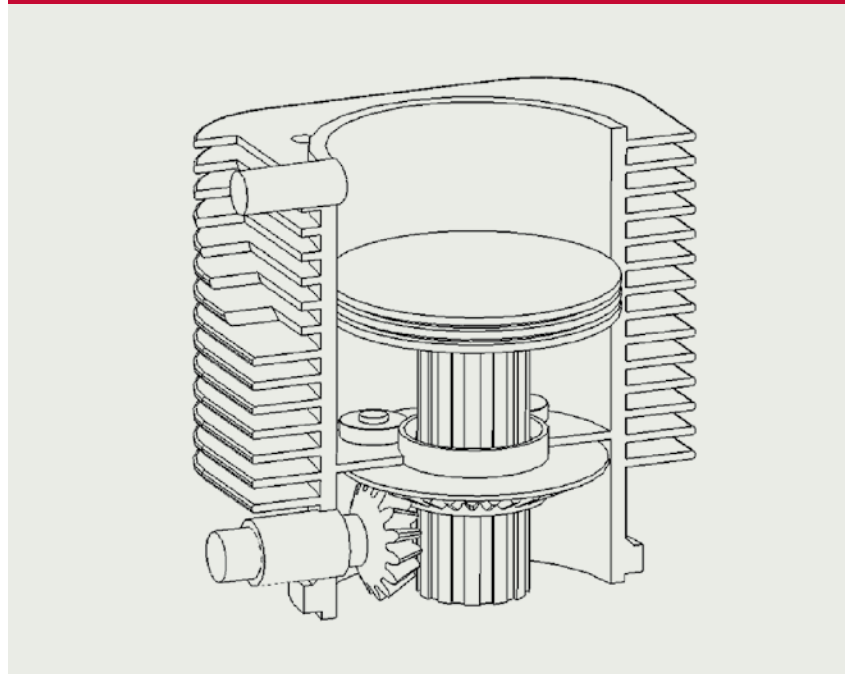
Esto se consigue de la siguiente forma:

El rotor está formado por uno o varios engranajes cuyo eje de giro será la muñequilla del cigüeñal. Estos engranajes son solidarios a uno o varios discos descentrados que están situados en planos distintos; la medida entre el centro de estos discos y el eje de los engranajes es m . Estos discos servirán como articulaciones de los pistones.

Esta pieza conecta cigüeñal y pistón y hace, por lo tanto, el papel de la biela en un motor tradicional.

Con el fin de que esta biela rotativa quede totalmente posicionada para un ángulo prefijado del cigüeñal, incluso antes de haber montado el pistón, es necesario que su posición angular quede determinada. Esto se consigue debido a que sus piñones engranan con las coronas de dientes interiores, que son solidarias a la bancada y concéntricas con el cigüeñal.

Figura 4. Detalle de la cabeza del pistón



Debido a que la relación escogida entre engranaje y corona interior es 1:2, la corona tiene el doble de número de dientes que el engranaje, y la velocidad angular absoluta de éste engranaje es la misma que la del cigüeñal con sentido contrario.

Esto conduce a la situación mostrada en la Figura 5.

Deduciéndose que la posición del pistón respecto a un eje de coordenadas horizontal X pasando por el centro del eje principal del cigüeñal es:

$$P_x = m \cdot \cos(w \cdot t) - m' \cdot \cos(w \cdot t) = (m - m') \cdot \cos(w \cdot t)$$

$$\text{Como } m = m' \Rightarrow P_x = 0$$

Demostrándose que se fuerza al pistón a realizar un movimiento de traslación puro a lo largo del eje Y , que coincide con el eje de simetría del pistón, por lo que no aparecerán fuerzas laterales entre cilindro y pistón.

La posición del pistón en función del tiempo será, respecto a un eje de coordenadas vertical Y :

Figura 5. Detalle de las válvulas

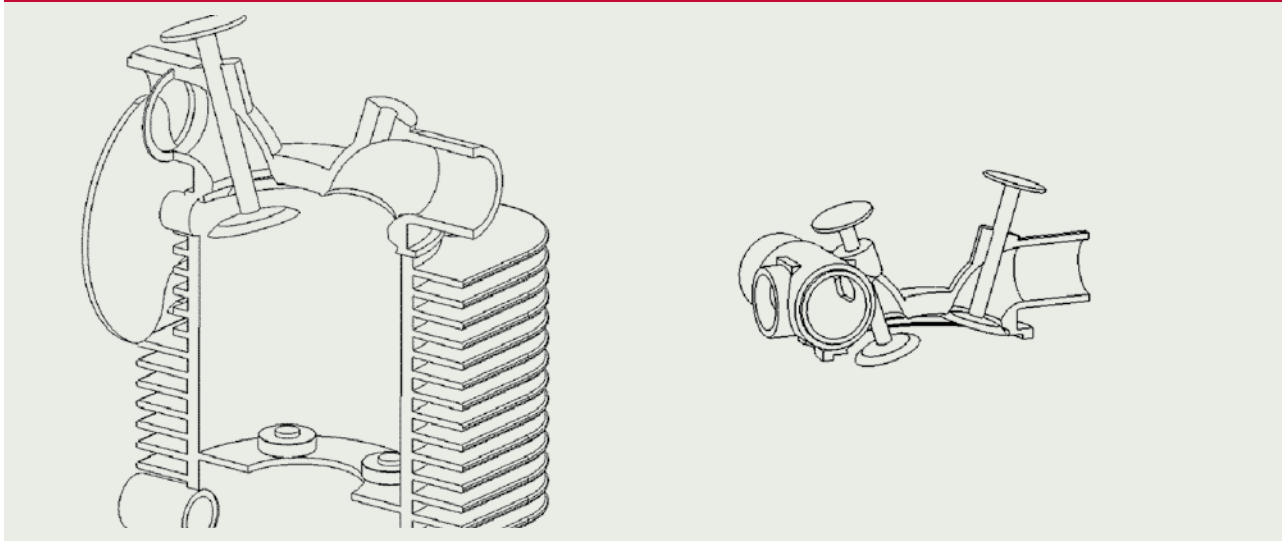
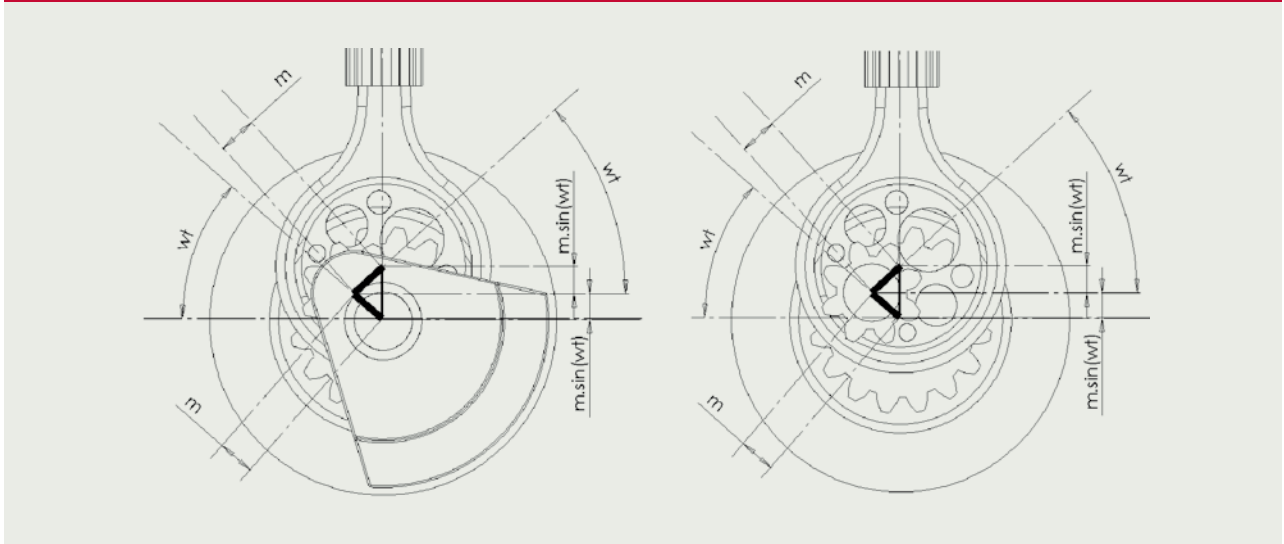


Figura 6. Detalle del pie del pistón



$$P_y = m \cdot \text{sen}(w \cdot t) + m' \cdot \text{sen}(w \cdot t) = (m + m') \cdot \text{sen}(w \cdot t)$$

Como $m = m' \Rightarrow P_y = 2 \cdot m \cdot \text{sen}(w \cdot t)$

Siendo P_y la distancia que recorre el pistón.

El movimiento del pistón, senoidal puro, permite un equilibrado total (frente al equilibrado solamente de primer orden de la mayoría de los motores), y mejora notablemente el ciclo termodinámico (el pistón está más tiempo en la zona correspondiente a la combustión). Con la configuración en V, la energía cinética es constante, limitando la necesidad del volante de inercia para regularizar

las explosiones. A todas estas ventajas se une la gran mejora del rendimiento, al haberse eliminado los rozamientos mecánicos, y una mayor longevidad de los pistones, cilindros y segmentos.

Para evitar interferencias geométricas, la unión entre el pistón y el rotor se hace a través de uno de discos descentrados sobredimensionados para que, a lo largo de un giro completo, se pueda salvar la muñequilla del cigüeñal.

La válvula rotativa formada por una placa que gira dentro de una ranura, corta el flujo del gas en el proceso de la admisión antes de que la

segunda válvula, que tiene el cierre retrasado, este totalmente cerrada. Esta segunda válvula, similar a cualquier válvula habitual se encarga de completar el cierre de la admisión y combate las altas presiones. La placa puede moverse con un giro alternativo mandado por un sistema electromagnético o potencia fluida, pilotado por un microprocesador, o con giros sincronizados con el cigüeñal, pudiendo, en este caso, modificarse el desfase para controlar el llenado. Dependiendo de su forma geométrica, puede girar a la misma velocidad que el cigüeñal, o dos veces más lenta. Se puede utilizar la misma placa para controlar la admisión de un segundo cilindro en paralelo. La válvula rotativa también se puede realizar mediante un eje giratorio con un taladro transversal que corte el flujo del gas. Otra alternativa es utilizar un tubo y admitir el gas axialmente.

Cuando se requiere menos potencia, en los motores multicilindros, se puede desconectar por completo la contribución de algún cilindro, eliminando su trabajo desfasando la primera válvula de admisión de forma que cierre completamente cuando la segunda esta abierta. Se puede completar esta técnica añadiendo otra válvula similar en serie con la de escape, con el fin de reducir pérdidas de carga de bombeo. ■

