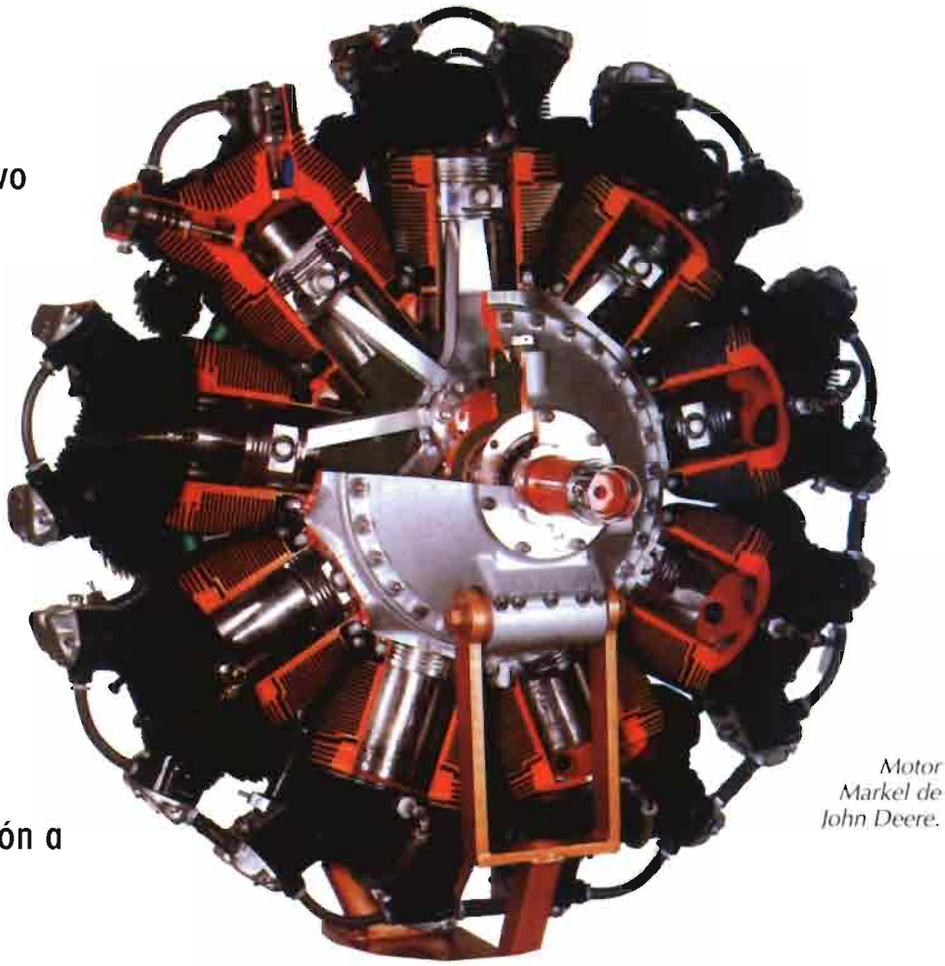


Prof. Ettore Gasparetto
Universidad de Milán

EL MOTOR ROTATIVO RADIAL 'MARKEL'

La aparición de cualquier nuevo tipo de motor endotérmico, llama invariablemente la atención de los apasionados. Se analiza con curiosidad, buscando las posibilidades que ofrece para superar al clásico motor de tipo alternativo, tanto de ciclo Otto como de ciclo Diesel, que está afrontando, sin grandes problemas, su tercer siglo de vida, desde su creación a finales del siglo XIX.



Motor Markel de John Deere.

LOS MOTORES NO CONVENCIONALES

Una rama específica de motores endotérmicos la constituyen los motores radiales, que han sido siempre, a su vez, objeto de curiosidad, al menos por sus diferencias con respecto a los motores normales: con los cilindros en línea, 'en V' u opuestos.

Son soluciones que ya se pueden considerar como clásicas los motores con cilindros en estrella y los conocidos como Wankel.

El motor en estrella

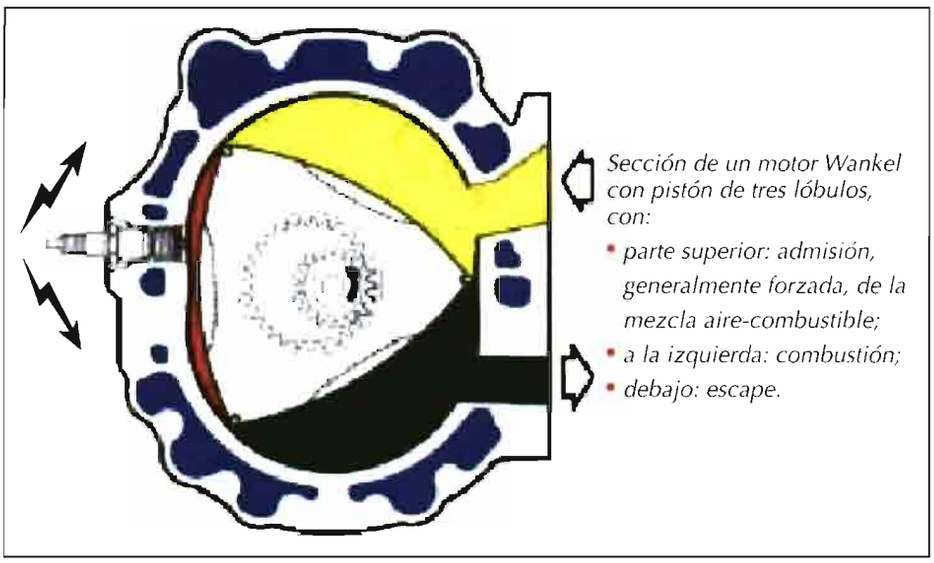
Los motores en estrella son, o mejor quizás, fueron de empleo generalizado en la aviación. Son motores alternativos de pistones; los cilindros, con un desarrollo radial de tipo estrella, quedan fijos en su posición. Con un número de cilindros impar, mínimo tres, el encendido se produce sucesivamente cada dos cilindros, así que en dos vueltas se completa el ciclo de la combustión.



Clásica configuración de un motor en estrella para aviación, con 9 cilindros.

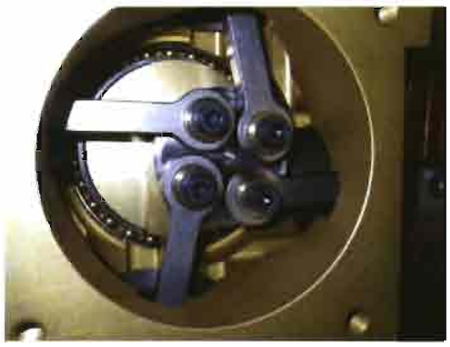
El motor tiene que ser de cuatro tiempos y normalmente funciona con ciclo Otto (encendido por chispa). La configuración y el tipo de encendido permiten tener una componente de empuje, por parte de las bielas, en cualquier posición del cigüeñal, lo que garantiza la uniformidad de su funcionamiento.

En las versiones 'boxer', con dos grupos de cilindros unidos longitudinalmente, el número de cilindros es par; en consecuencia, son dos motores en estrella acoplados.



Sección de un motor Wankel con pistón de tres lóbulos, con:

- *parte superior: admisión, generalmente forzada, de la mezcla aire-combustible;*
- *a la izquierda: combustión;*
- *debajo: escape.*



Interior del cuerpo central del motor Markel, con las cuatro bielas montadas sobre el cigüeñal. Se puede observar que las bielas tienen una avance angular con respecto de la dirección horaria de la rotación.

El motor Wankel

Fue desarrollado en los tiempos de la II Guerra Mundial por el ingeniero alemán Félix Heindrich Wankel, que consiguió la primera patente en el 1936.

Se trata de motores con pistón rotativo; normalmente el pistón tiene 3 lóbulos, pero también han sido producidos motores con pistón de 5 lóbulos. En este tipo de motores la parte externa está fija, mientras el eje interior, movido por el pistón de forma triangular, se encuentra en rotación.

Las aplicaciones más importantes fueron de la alemana NSU (Wankel Spyder y RO80), y de la japonesa Mazda. Hace unos años se difundió la noticia de que John Deere se había interesado en él; la circunstancia de poder utilizar diferentes combustibles y la posibilidad de montaje en las proximidades de los ejes motores lo hacía atractivo para determinadas aplicaciones industriales, pero no se tienen noticias que haya seguido esta línea de investigación.

OTRA ALTERNATIVA NO CONVENCIONAL

El motor 'Markel', al que se refiere este artículo, ha sido desarrollado en los últimos 30 años por el español Vicente Gamón, y se caracteriza no sólo por ser un motor de tipo radial, sino también por su rotación.

Este motor se encuentra todavía al estado de prototipo, y no existe, por consiguiente, una fase de industrialización. Los datos que aquí se relacionan, especialmente los que se refieren a los resultados de los ensayos, proceden de la información proporcionada por el diseñador y fabricante.

> ***El motor 'Markel' se caracteriza, no sólo por ser de tipo radial, sino también por su rotación***

El principio de funcionamiento

El motor Markel, de cuatro cilindros, se caracteriza por un bloque rotativo externo, montado sobre un soporte; los prototipos actualmente disponibles tienen una cilindrada total de 400 cm^3. Comprende un cuerpo central, dónde se encuentra el cigüeñal con las cuatro bielas unidas a los pistones.

Esta cámara interna del cuerpo central está cerrada lateralmente por dos tapas. El cigüeñal está montado con la manivela paralela al eje de los cilindros y centrado con respecto a la salida. Una caja de engranajes externa une las dos partes, sincronizándolas con la misma velocidad y sentido de rotación.

Cada pareja de pistones va montada en sentido opuesto y los pistones están unidos al cigüeñal con bielas simples, de modo que permanecen sobre el mismo plano, con una avance con respecto de la dirección rotación.



Conjunto del volante, cigüeñal y pistones del motor Markel.

El funcionamiento se consigue montando el cigüeñal de manera excéntrica con respecto del centro del bloque de los cilindros. Con la rotación se produce una variación del volumen de la cámara comprendida entre la cabeza del cilindro y la cabeza del pistón.

La gran ventaja de esta solución consiste en el hecho que los cuatro pistones giran a velocidad constante,

naturalmente cuando el motor está en fase de funcionamiento a régimen fijo.

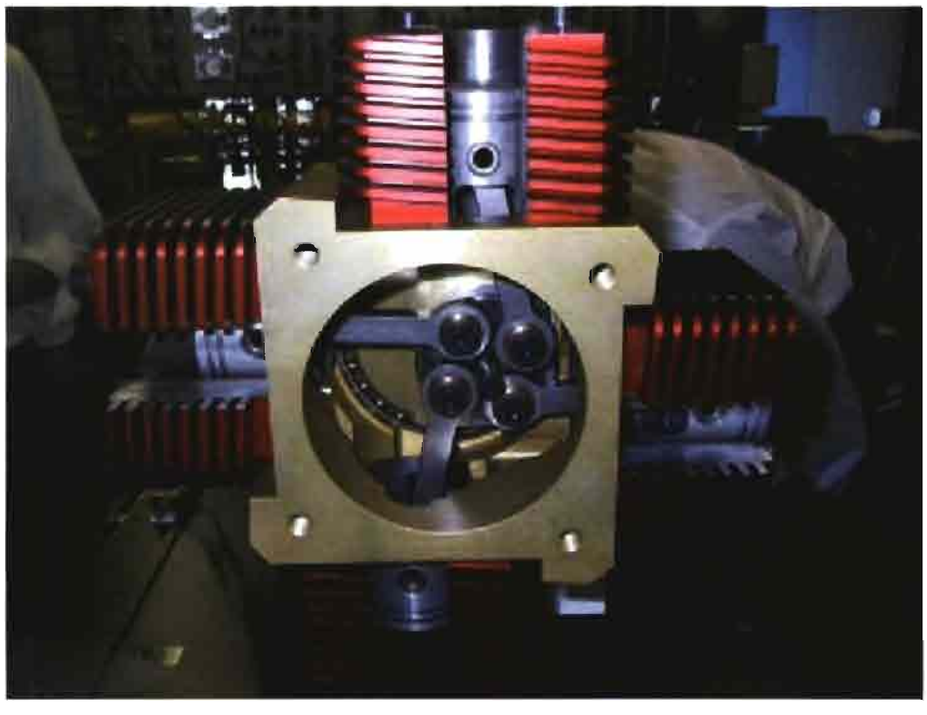
El grupo de los pistones no se caracteriza por el movimiento alternativo, por lo que la ausencia de aceleraciones durante la rotación elimina casi completamente las vibraciones; las que aparecen son debidas exclusivamente a las variaciones de presión consecuencia de la combustión.

El motor Markel es un motor a dos tiempos, aunque de tipo especial. Para la lubricación interior del pistón hace falta una mezcla de aceite / gasolina, o de otro combustible, del 1%. Se está estudiando la aplicación de pistones de grafito que podrán reducir (el diseñador cree que eliminar) el porcentaje de aceite en la mezcla.

La mezcla aire-gasolina con el aceite, la introduce un compresor volumétrico por las lumbreras de admisión y/o válvulas, desde el cárter motor. Hay una sola válvula de escape sobre la culata; permite el control de la mezcla virgen y de los gases de combustión, sin que se produzca el intercambio entre los dos fluidos, como sucede en los motores convencionales de dos tiempos. Eso se consigue gracias a la fuerza centrífuga de inercia, que facilita la descarga radial de los gases de escape.

La distancia entre los grupos pistón-cilindro, separados 90° a lo largo de la circunferencia, permite una refrigeración con aire, uniforme y eficaz, estando cada cilindro aislado y circundado por el aire fresco de refrigeración. Resulta posible la refrigeración por aire, mucho más simple y sin componentes como el radiador, las conducciones, la bomba, etc., aparte de las camisas que ponen en contacto el líquido con el cilindro. El aire es introducido, mediante una turbina de refrigeración, en la envoltura entre el grupo rotativo de los cilindros y el cárter externo de protección.

> ***Es un motor que se encuentra todavía en fase de prototipo, por lo que no se ha comenzado su industrialización***



El bloque de los cilindros gira a la misma velocidad que el cigüeñal. El montaje excéntrico de las muñequillas del cigüeñal y del conjunto de los pistones permite la variación del volumen del cilindro entre cabeza y pistón.

Las ventajas que ofrece

El fabricante declara que el consumo específico del motor Markel es más bajo y, por lo tanto, el rendimiento más alto, con respecto de los de otros motores alternativos normales, aunque no informa sobre valores concretos de consumo horario y específico. Según el fabricante, se puede conseguir que el rendimiento alcance el 60% , pero no se precisa las condiciones en las que se realiza esta prueba.

Los consumos específicos deberían ser en todo caso inferiores a los de un motor alternativo normal, como consecuencia de:

- la falta de movimiento alternativo;
- la explotación de un elevado brazo de palanca al comienzo de la etapa de combustión;
- a la ausencia de volante y la necesidad de acelerar y frenar este mecanismo.

Hay que subrayar la ausencia de vibraciones de origen mecánico. En efecto los pistones se caracterizan por su movimiento continuo rotativo y no están sometidos a movimiento alternativo, sólo a esfuerzos alternados en el curso del ciclo. En consecuencia, los pistones no se mueven linealmente; se limitan a describir una circunferencia girando alrededor del eje central del motor.

Hay que considerar la presencia de vibraciones como consecuencia de la presión de combustión en el interior de los cilindros. El encendido se produce para 100° de rotación, con una chispa múltiple, con frente de llama alargado; la ausencia de sobrepresiones reduce al mínimo estas vibraciones.

El montaje de las bielas sobre el cigüeñal es tal que, en el momento en el que inicia la combustión, –su ángulo con la manivela es igual a 70°–, por lo que se puede aprovechar de modo completo la fuerza del pistón por el brazo, con un momento motor instantáneo alto, consecuencia de la presión de combustión. El brazo de palanca existente inicialmente permite de evitar y eliminar los puntos muertos, que son normales en el pistón de los motores alternativos cuando comienza la combustión.

> ***El fabricante estima que el consumo específico del motor Markel es más bajo y, por tanto, el rendimiento es más alto respecto de otros alternativos normales***

El régimen mínimo de funcionamiento del motor Markel resulta muy bajo, igual a 200-400 rev/min, en función de la cilindrada del motor, a causa de la ausencia del volante, debido al equilibrado natural del motor. Resulta posible trabajar a regímenes de rotación muy bajos, disponiendo de una capacidad de aceleración / deceleración del motor con mínimo despilfarro de energía, por la ausencia del pesado volante de inercia y demás masas equilibradoras.

Con respecto de los otros motores alternativos de igual cilindrada, el fabricante asegura que la potencia se consigue a un número de vueltas extremadamente bajo. Se indica que se pueden alcanzar los 100 CV (73.5 kW/) por litro de cilindrada. Además, siempre a causa del bajo régimen de funcionamiento, el combustible se quema mejor y el motor consume menos.

Del punto de vista constructivo, hace falta poner en relieve que:

- El número de elementos constituyentes el motor Markel resulta limitado; es aproximadamente igual a la mitad de los de un motor alternativo normal, con indudables ventajas en la fabricación y la logística.
- El número de elementos con rozamientos entre si es bajo, con la consiguiente simplificación del proceso de fabricación; el cigüeñal no necesita complejos procesos de fabricación y tratamientos térmicos complicados, lo que conlleva menor coste, menos piezas, menos tecnología, ausencia de temple u otros tratamientos térmicos complejos.
- El motor tiene solo cuatro cojines y no existe el árbol de levas. Las bielas sólo varían 7° en su inclinación con respecto del pistón, ya que la rotación se produce en el mismo sentido y a la misma velocidad.
- No existe necesidad de aumentar las dimensiones de las bielas y del cigüeñal, dado el movimiento relativo limitado; se utilizan cojines permanentes de larga duración;
- Los esfuerzos laterales sobre el pistón y sobre la camisa del cilindro son casi insignificantes, al igual que las fuerzas resultantes sobre el cigüeñal, con los consiguientes menores rozamientos y desgastes.

El motor Markel, a causa de su sencillez y el limitado número de componentes, se puede desmontar y montar en poco tiempo. Por último, el motor Markel puede funcionar en cualquiera posición: inclinada, volteada, etc.





El bloque rotativo de los cilindros está revestido con un cárter cónico-cilíndrico de forma irregular.

Según el constructor, el motor Markel posee las ventajas de los motores de dos y de cuatro tiempos, ofreciendo un mejor control de las emisiones, con respecto de los dos tiempos normales. Hace falta, por otro parte, destacar que, al igual que con los demás datos que suministra el diseñador, sería necesario presentar un informe con la verificación de las emisiones, de manera que se cumplan la Directiva de la Unión Europea, sin las cuales el motor no podrá ser vendido ni utilizado.

Estos resultados han sido obtenidos con los escasos medios de una pequeña empresa, falta de los recursos y de la posibilidad de investigación característicos de las grandes multinacionales.

Según informa el diseñador, se han realizado muchos contactos con fabricantes americanos y europeos. El motor Markel ya ha sido presentado a diferentes ferias y manifestaciones, entre ellos los Congresos SAE 2000 y 2001 en los Estados Unidos, y a la Feria de Zaragoza (FIMA) en el 2001. ¿Lo veremos pronto en el mercado?■