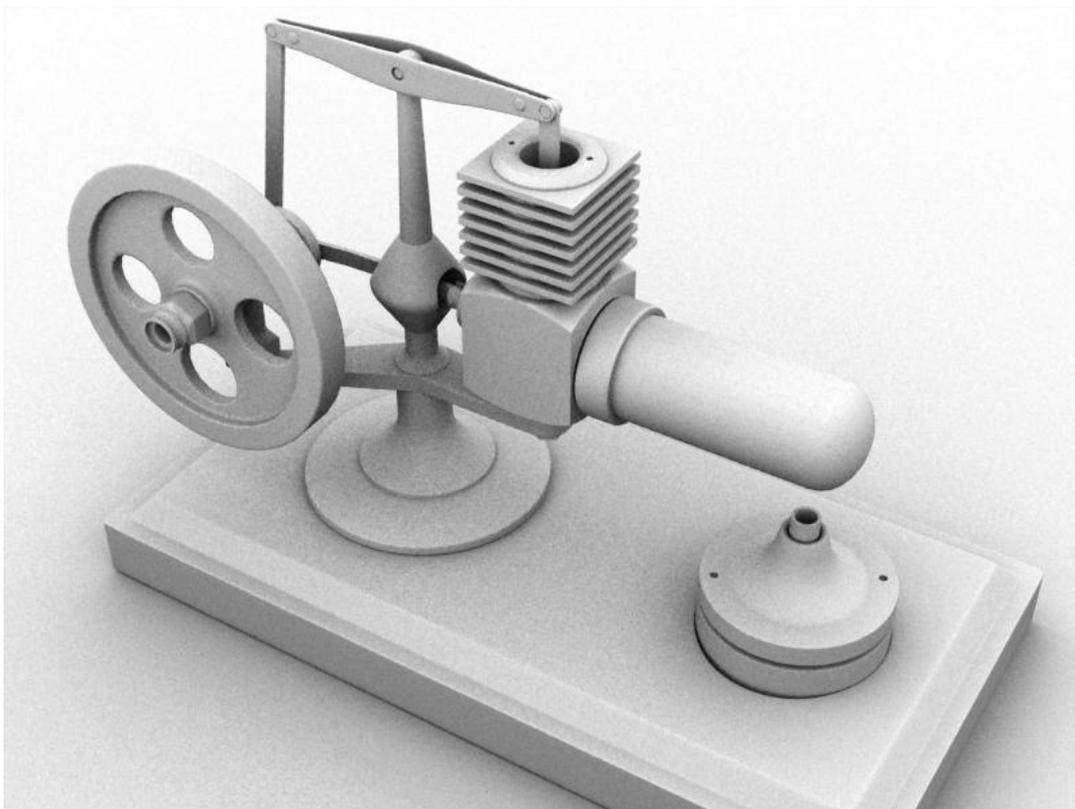




fcfm

Universidad de Chile
Escuela de Verano 2009
Curso de Energía Renovable

Guía Teórica Experiencia Motor Stirling



Escrito por:
Diego Huarapil

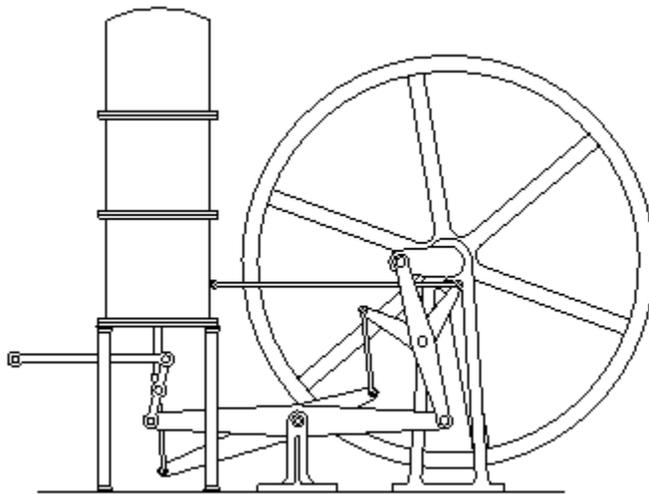
Enero 2009

Introducción

El Motor Stirling es un motor térmico, es decir, que utiliza la energía térmica para generar energía mecánica. Este motor funciona al aplicar calor a un foco el cual transmite calor a un gas que hace el trabajo. Su principio radica en una diferencia de temperatura en diferentes focos que hace expandir y contraer este gas, el cual mueve los pistones del motor.

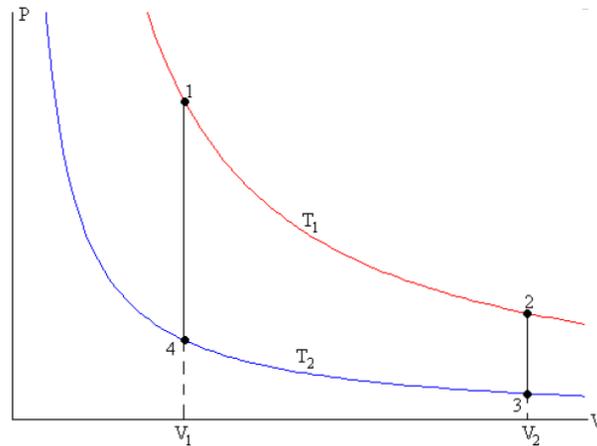
Un poco de historia

El motor nació en 1884, por el escocés Robert Stirling, donde el motivo principal era desplazar el motor a caldera, y tener algo menos peligroso. Se hicieron diversas configuraciones durante los primeros años que permitían diversas aplicaciones. Pero en esos años, no se podía generar tanto calor exteriormente por lo que su uso no se amplió a otras áreas, donde la combustión interna iba dominando en el mundo industrial, ya que era más económico pero no tan eficiente. No fue hasta la década de los 70's que el motor Stirling comenzó a resurgir como posible uso en generación a nivel masivo.



Funcionamiento

El funcionamiento del motor Stirling radica en la diferencia de temperatura que se genera entre los focos del motor, un foco a baja temperatura y uno a alta. Esta diferencia hace que el gas que se utiliza (puede ser hidrogeno, aire, etc.) entre en un ciclo termodinámico, en el cual el gas se desplaza cíclicamente por convección, de esta manera permite mover los pistones en cada ciclo. Veamos un grafico donde se ilustra este ciclo:



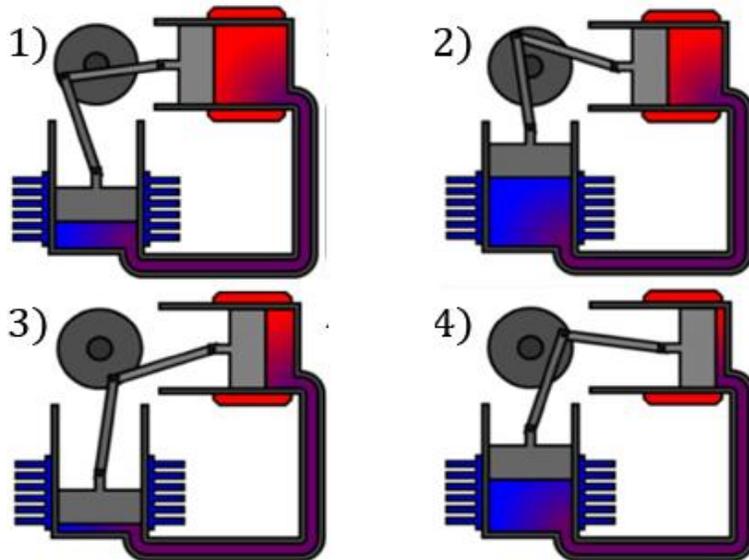
En este grafico podemos ver la relación entre el volumen y la presión, a diferentes temperaturas, donde T_1 es mayor a T_2 . Podemos observar también que estas curvas no se cortan entre sí, y que muestran una relación inversamente proporcional entre volumen y presión. En otras palabras, cumple la relación de los gases ideales:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Donde:

- P = Presión, se mide en la Fuerza dividida por unidades de Área [$\frac{Newton}{mts^2}$]
- V = Volumen, se mide en [mts^3].
- n = Moles de gas que se miden en [mol].
- R = Constante universal de los gases ideales. [$Newton \cdot metro \cdot mol^{-1} \cdot ^\circ K^{-1}$].
- T = Temperatura en Kelvin [$^\circ K$]. Esto es la medición de la temperatura absoluta. La relación entre grados Celcius y Kelvin es: $^\circ K = ^\circ C + 273$.

En las siguientes imágenes se pueden ilustrar dos formas de construcción del motor Stirling y su funcionamiento:



Esto nos permite ver cuál es el proceso que utiliza el motor para moverse. El ciclo se inicia en la posición 1, donde el gas tiene una presión mayor a todos los estados. Esta se mueve a la posición 2 donde el gas se relaja y comienza a aumentar su volumen a una misma temperatura y los pistones pueden moverse. Para devolver a estos a su posición de inicio, se enfría el gas pasando desde la posición 2 a la 3, donde la curva es de menor temperatura T_2 , por lo que este se comienza a contraerse, haciendo que los pistones vuelvan a su posición de inicio, y el ciclo termina en la figura 4 cuando los pistones vuelven a su posición de inicio y el gas al mismo volumen que al inicio pero a presión menor. Luego el gas se vuelve a calentar a una temperatura T_1 y el ciclo comienza nuevamente.

Eficiencia

En términos teóricos, el motor Stirling puede alcanzar una eficiencia del orden del 90% (eficiencia de Carnot). Lamentablemente, los materiales y las formas de fabricación aun no son lo suficientemente buenos para alcanzar tal eficiencia, pero día a día se mejora en cuanto a la construcción de este motor. Se trata de un ciclo reversible, es decir que en vez de proporcionarle una diferencia de temperatura y generar trabajo mecánico, es posible entregarle energía mecánica y producir calor o frío, dependiendo del foco que se use. Se dice que es un ciclo cerrado (el gas nunca abandona el ciclo) y degenerativo (utiliza un "intercambiador" de calor que aumenta la eficiencia).

Ventajas y Desventajas

Ventajas

Las ventajas del motor Stirling consisten en que no necesariamente debemos tener combustión, sino que se utilizan fuentes de calor naturales y que tienen niveles de temperatura comparables a la combustión interna. Por ende, hay menos tipos de emisiones que los provocados por la reacción de los combustibles al quemarse, es decir, el motor es menos contaminante.

Además, el proceso de fabricación del motor es relativamente sencillo, y también tiene la ventaja de que el frío no es un impedimento de partida. Y eso también es una ventaja a la hora de poder aplicarle energía mecánica para utilizar el motor como calefactor en invierno y/o como condensador en verano.

Desventajas

Las principales desventajas del motor Stirling consisten en que lamentablemente aún los motores a combustión interna son mucho más rentables que los motores Stirling, tanto en capacidad de generación como en costos de fabricación. Sin embargo esta deficiencia en capacidad de generación no se debe al rendimiento del motor (pues como se había dicho anteriormente, tiene una eficiencia de cerca del 90%) sino a la capacidad energética de las fuentes que utiliza para su funcionamiento.

Fuentes de Energía

El motor Stirling puede ser usado con fuentes de energía caloríficas como Químicas, Geotérmicas, Solares, etc. Con esto se puede convertir el calor en energía Mecánica, y por ende, también en Energía Eléctrica. Gracias a esto se pueden explorar en los anteriores tipos de fuentes de energía. Son diversos los ejemplos de generación o obtención de calor. En las figuras se muestran concentradores solares que permiten enfocar los rayos solares a uno de los focos del motor.



Energía Geotérmica

Además, se puede aprovechar el calor del interior de la tierra, como ejemplo los volcanes y los géiseres. Se enfrenta el foco caliente del motor Stirling con la fuente de calor geotérmica y luego se deja el foco frío a temperatura ambiente. Estas plantas se denominan plantas geotérmicas, las cuales tienen distintos tipos de generación, desde una caldera que mueve un motor hasta un generador Stirling que mueve otro motor.

Chile es un lugar privilegiado en cuanto a fuentes de Energía Geotérmica, debido a que se encuentra ubicado sobre el “Cinturón de Fuego del Pacífico” caracterizado por una fuerte actividad volcánica. Es por ello que posee un gran número de zonas con actividad geotermal a lo largo de todas sus regiones. Actualmente no cuenta con una planta o una producción continúa de energía vía esta tecnología, pero se están realizando diversos estudios de posibles fuentes para el futuro, así como se está legislando para disminuir costos. Tal es el caso de ENAP quien hace dos meses, anunció que empezaría a explotar este tipo de energía en el norte del país para obtener energía eléctrica, en conjunto con una minera de Antofagasta. Aún más, existe una empresa chilena (Geotermia Ingeniería) que de a poco pretende calefaccionar casas en base a energía geotérmica, con proyectos ya finalizados en casas del sur del país. En Chile las iniciativas en torno a este tema, se han desarrollado principalmente en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, a través de proyectos en el ramo de Seminario de Diseño, tesis de grado de algunos alumnos, y en especial por la cooperación del profesor Roberto Román. Más allá de la investigación y la implementación de modelos menores, no hay antecedentes de un uso del motor Stirling a mayor escala.

