Construcción, análisis teórico y experimental de un motor Stirling

Gustavo M. Suarez Gerke¹, Néstor F. Viera Arzamendia¹,
Valeria Cuadra Fensterseifer¹

José Cano Coscia², Waldy A. Riveros Saavedra²

RESUMEN

Introducción: En el escenario energético nacional se debe avanzar en el mejoramiento de la eficiencia, la ampliación del sistema eléctrico mediante generación distribuida y la diversificación de la matriz energética por lo que una alternativa es la utilización de motores de combustión externa tipo Stirling para generar electricidad.

Objetivo: Construir un motor Stirling a partir de materiales accesibles y reciclados

Material y Método: Para determinar la potencia y otros parámetros del motor Stirling, se realizó un minucioso análisis de los ciclos y modelos. Las variables con las que se define el ciclo son la relación de compresión, la presión máxima, las propiedades del gas, el volumen de la cámara, las temperaturas máximas y mínimas y el porcentaje de regeneración. Para una primera aproximación, la potencia que puede desarrollar el motor Stirling viene dado por la fórmula de Beale. Se construyó un motor del tipo gamma, aprovechando un compresor de aire acondicionado vehicular modelo Chrysler RV-2, con dos cilindros en V a 90°, cigüeñal, biela, manivela, bomba de lubricación forzada y con sello mecánico para la estanqueidad. El soporte del motor se construyó con tubos metálicos. El volante de inercia se obtuvo del mecanizado con torno de un disco de hierro. Se fabricó un nuevo pistón para la guía y acople, a través de un vástago, al desplazador. Se mecanizaron la tapa del pistón de potencia y la tapa de la cámara fría. Para la zona caliente se utilizó una brida de acero inoxidable, un cilindro y un disco y recortes de mallas de acero inoxidable como regenerador. La cámara de combustión térmicamente aislada, consta de un pico inyector a través de un tubo Venturi de aluminio, diseñado y mecanizado y de un tubo de escape. Para la medición con celda de carga del consumo de gas, se fabricó un soporte con tubos de hierro galvanizado para sostener el tanque de combustible; para la potencia se construyó un freno magnético y para la velocidad de rotación, presión del gas y temperatura, se instalaron respectivamente, un tacómetro digital, un manómetro analógico y una termocupla en la cámara de combustión. Seguidamente el motor con su soporte, el freno magnético, el sistema de

1. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Asunción, Paraguay.

2. Orientadores.

E-mail: suarezgustavo@gmail.com

DOI: 10.26885/rcei.foro.2017.181

medición del consumo de gas y el tanque.

Resultados: El motor construido, alcanzó una potencia máxima de 45 W a 509 rpm con un rendimiento térmico global de 3,154%. Los valores medidos experimentalmente se compararon con los calculados, considerando el ciclo teórico isotérmico, el modificado con compresiones y expansiones adiabáticas, la aproximación real utilizando el coeficiente empírico de Beale, el ciclo propuesto por Kongtragool – Wongwises que ya contempla el efecto de los espacios muertos y finalmente la teoría de Senft-Schmidt. La potencia medida se acercó a los valores calculados con los modelos de Beale y Kongtragool – Wongwises. En base al tipo de motor, a los cálculos y geometría del Stirling construido, se elaboró una tabla con las especificaciones técnicas del Stirling. Construido el motor, se pudo calcular el volumen muerto total, igual a 144,46 cm³, que equivale al 44,3 % del volumen total. El modelo de Kongtragool y Wongwises permitió hallar una potencia de 59,24 W y una eficiencia térmica de 4.

Utilizando como material del regenerador dos tipos de mallas de acero inoxidable intercalados, se recalculó la potencia, hallándose un valor de 59,51 W con una eficiencia térmica de 4,59%. Con el Modelo de Senft-Schmidt se obtuvo una potencia. Se utilizó como fluido de trabajo aire a presión y como refrigerante agua, como material regenerador se utilizó una malla de acero inoxidable y el combustible fue gas butano-propano. Se realizaron dos mediciones. A medida que aumentaba el torque se observó que la temperatura de la cámara de combustión aumentaba y la temperatura de salida del agua de refrigeración disminuía. Se midió la presión instantánea en el cilindro de potencia que alcanzó un máximo de 11 bares manométrico y un mínimo de 6 bares. La presión se incrementaba con el aumento de la carga al motor, medidas a 500 rpm. La estimación del costo total del equipo fue realizada con precios de materiales en el 2015. El costo total fue cercano a los 73.000.000 Gs incluidos mano de obra. Si se considera solo los materiales, insumos y similares, el costo fue cercano a los 19 millones de guaraníes.

Conclusiones: Se construyó un motor Stirling tipo gamma así como los sistemas auxiliares, a partir de materiales accesibles y reciclados. El equipo pasó a formar parte del laboratorio de Termotecnia y Mecánica de la Facultad de Ingeniería, y permitirá futuras mediciones, pruebas, posibles optimizaciones y análisis para la construcción de nuevos motores de diferente configuración. El motor construido alcanzó la potencia máxima de 45 W que representa el 55,5% de lo que obtendría un motor optimizado y el 156,5% de un motor poco optimizado.

Con la teoría de Kongtragool y Wongwises, la potencia calculada fue de 59 W alcanzando el 75,5% de la misma, la potencia máxima medida. La teoría de Senft-Schmidt, arrojó una potencia de 174 W incluidas las pérdidas. El motor presentó un comportamiento bueno comparando las mediciones con los resultados del modelo de Kongtragool y Wongwises, y con la ecuación de Beale. Se deberán realizar más pruebas para optimizar el regenerador tratando de reducir las pérdidas de presión, encontrar la manera de disminuir el volumen muerto y

disminuir el consumo de combustible del motor.

Palabras clave: construcción, mediciones, modelos, potencia, Stirling.

REFERENCIAS

- Álvarez Flórez, J. A. y Callejón Agramunt, I. (2002). *Máquinas térmicas motoras*. México Edición Alfaomega.
- Enríquez Cisneros, L. C. & Guadalupe Almeida, J. L. (2011). *Diseño y construcción de un Motor Stirling Solar para el laboratorio de Termodinámica* (Tesis de Grado). Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
- Kongtragool, B. & Wongwises, S. (2005). *Investigation on power output of the gamma-configuration low temperature differential Stirling engines*.
- Martini, W. R. (1983). *Stirling Engine Design Manual* (2nd ed.). National Aeronautics and Space Administration.
- Omaña Velázquez, D. (2007). *Estudio teórico del regenerador para un motor Stirling* (Tesis de Grado). Instituto Politécnico Nacional. México.
- Vázquez Cervantes, J. (2007). *Metodología para el rediseño de motores de ciclo Stirling* (Tesis de Grado). Instituto Politécnico Nacional. México.