

Caracterización de la válvula de admisión de un motor CFR

CFR engine admission valve characterization

S. Fygueroa*, J. Araque. y M. Martín
Universidad de los Andes.
Escuela de Ingeniería Mecánica. GRUMOTE.
Facultad de Ingeniería. Av. Tulio Febres Cordero.
Mérida. Venezuela.
*fygueroa@ula.ve

Resumen

El objetivo del trabajo es determinar el coeficiente de descarga de la válvula de admisión de un motor CFR de encendido por chispa con la finalidad de caracterizar la bondad del proceso de intercambio de gases. En un banco de flujo estacionario, empleando el método AVL, se determinó el gasto real de aire del motor para diversos levantamientos de la válvula y presiones aguas arriba de ella. Se encontró que el valor máximo del coeficiente de descarga se presenta para un levantamiento de 0.5 mm independientemente de la presión estática existente antes de la válvula. Basado en los resultados del estudio se concluye que el caudal que circula por la válvula de admisión es solo función de su levantamiento.

Palabras claves: Coeficiente de descarga, banco de flujo, intercambio de gases en motores

Abstract

The goal of the work is to characterize the engine gas exchange process by calculating the discharge coefficient across the admission valve of a CFR spark ignition engine. The mass flow rate for different valve lifts and upstream pressures was measured in a flow bench using the AVL method. As a result it was found a maximum discharge coefficient for a 0.5 mm lift no matter which value takes the static pressure upstream. One important conclusion of the research is that mass flow across the intake valve has a strong dependence on valve lift.

Key words: Discharge coefficient, flow bench, engine gas exchange

1 Introducción

Como consecuencia de la crisis energética y de las cada vez más exigentes normativas anticontaminación, el objetivo fundamental de los trabajos de investigación en el área de los motores térmicos alternativos es la mejora de la eficiencia y la reducción de los contaminantes emitidos a la atmósfera, pasando a un segundo plano otras líneas que focalizaron la atención de los investigadores en el pasado.

El interés por el logro de estos objetivos, a pesar del tiempo que llevan desarrollándose los motores alternativos de combustión interna, es totalmente reciente y era hasta hace muy pocos años una faceta que solo se tomaba en cuenta tangencialmente. Por esta razón se puede afirmar que se está en el inicio del desarrollo de los estudios de los motores en esta dirección. Otro fenómeno que se detecta en la

actualidad es la generalización del empleo de inyección en los motores de encendido por chispa (MECH) que ha suplantado al conocido sistema de alimentación de mezcla mediante carburador.

A causa de esta situación son especialmente interesantes los estudios que tiene como finalidad el aumento de la eficiencia de los MECH. Una forma de lograr este objetivo lo constituye la optimización de los procesos de intercambio de gases: admisión y escape.

En los motores de inyección externa monopunto y multipunto, o de inyección directa el período de formación de la mezcla es especialmente crítico debido al poco tiempo disponible para conseguir la homogeneidad necesaria para un buen proceso de combustión que mantenga reducido el consumo específico de combustible del motor.

Otro requisito de los motores de combustión interna

alternativos lo constituye la capacidad de acumular y renovar la mayor cantidad de gases dentro del cilindro. Para cumplir esta exigencia es necesario disponer de conductos de admisión y escape que posean la mínima resistencia al flujo, lo cual se logra con geometrías que guíen al fluido reduciendo al mínimo los choques y desprendimientos de las venas fluidas y con secciones de paso de máxima amplitud.

2 Objetivo

El objetivo del presente trabajo es caracterizar el comportamiento fluidodinámico de la válvula de admisión para cumplir mejor los requisitos mencionados. El motor objeto de estudio es un CFR monocilíndrico encendido por chispa, de cuatro tiempos y cilindrada unitaria 0.612 l.

3 Antecedentes

El método más directo para estudiar las características del flujo en el cilindro, es realizando medidas instantáneas en el interior del motor en funcionamiento. Asociadas a este método están las posibilidades de daño de los dispositivos de medida originados por las altas temperaturas y presiones que se alcanzan dentro del cilindro, además de la poca accesibilidad para colocarlos dentro del cilindro del motor en funcionamiento (Hutchinson et al, 1978).

Por estas razones según Blanco (1982), si se desea caracterizar experimentalmente el movimiento del aire en el cilindro se debe recurrir a ensayos en un banco de flujo estacionario, que no es más que un sistema generador del flujo de aire y una serie de conductos a los que se acoplan los elementos del motor objeto de la investigación y los dispositivos de medida. De esta manera además de evitarse los inconvenientes de las medidas sobre el motor, se consigue que sean más repetitivas y se amplía con facilidad el campo de condiciones de estudio.

Los primeros métodos empleados para visualizar el movimiento del aire en un motor son el de simulación hidráulica (Thien, 1965) y el de testigos móviles (Tindal, 1974). Para caracterizar el movimiento global del aire en bancos de flujo la firma Ricardo Consulting (1975), Timpelman (1977) y AVL (Desantes, 1987) realizaron valiosos aportes en el campo de la medición de las velocidades del aire dentro del cilindro y definieron procedimientos que son ampliamente conocidos hoy en día. La diferencia entre estos métodos radica, además de los elementos de medida, en las hipótesis que se hacen sobre el comportamiento del fluido y las condiciones en que se realizan los ensayos.

El método AVL para caracterizar la válvula de admisión empleado en este trabajo consiste en determinar a partir de un ensayo en flujo estacionario, el coeficiente de descarga para distintos valores de levantamiento de la válvula. Las hipótesis del método son las siguientes:

- El flujo es adiabático incompresible.
- El proceso de admisión se lleva a cabo entre el punto

muerto superior y el punto muerto inferior.

- El aire que ingresa al cilindro en cada instante llena completamente el volumen desplazado por el pistón.
- El caudal medido en el banco para cada levantamiento de la válvula es igual al admitido por el motor en el instante correspondiente al levantamiento.
- El número de Reynolds tiene una influencia despreciable sobre las características del flujo en el motor y en el banco.

4 Coeficiente de descarga

El coeficiente de descarga C_D es el parámetro que se usa para caracterizar el flujo que pasa por la válvula de admisión. Se define como la relación existente entre el gasto real G_{REAL} , que circula por el área descubierta y el que circularía G_{IDEAL} , en las mismas condiciones sin pérdidas de presión ni desprendimiento de la vena:

$$C_D = \frac{G_{REAL}}{G_{IDEAL}} \quad (1)$$

El gasto real de aire medido con una placa de orificio, se calcula con la ecuación de calibración de la placa:

$$G_{REAL} = 3.766 \times 10^{-3} \sqrt{\Delta P} \quad (2)$$

donde Δp es la caída de presión a través de la placa.

El gasto teórico está dado por la expresión:

$$G_{IDEAL} = A_V \frac{P_o}{T_o^{1/2}} \sqrt{\frac{2}{R} \frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{P}{P_o} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P}{P_o} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]} \quad (3)$$

- donde:
- A_V = área descubierta
 - T_o = temperatura en el primer depósito.
 - P_o = presión en el primer depósito
= $P_{at+\gamma H}$
 - γ = peso específico del agua
= 9653 N/m^3 .
 - H = presión manométrica en el primer depósito
[mm H₂O]
 - P = presión en el segundo depósito
= $P_{at+\gamma H'}$
 - k = exponente adiabático del aire = 1.4
 - R = constante isoentrópica del aire = 287 J/kg K
- El área descubierta para un levantamiento L_V es:

$$A_V = \pi d_V L_V \quad (4)$$

donde d_V = diámetro de la válvula.

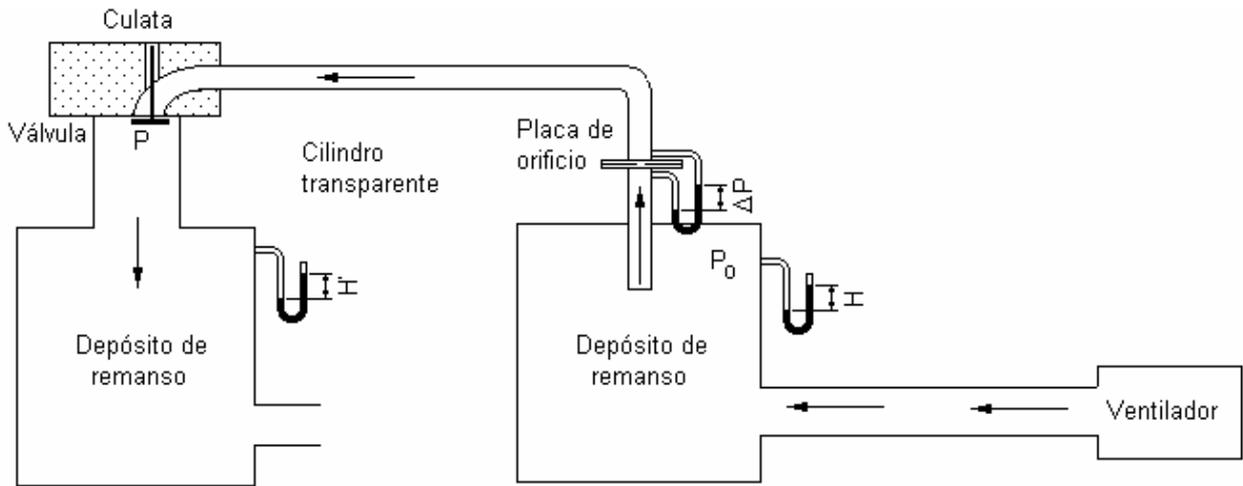


Fig. 1. Banco de flujo estacionario

5 Instalación

Las partes fundamentales que componen la instalación, banco de flujo estacionario, se muestran en la Fig. 1. La parte motriz de la instalación está constituida por un grupo de bombeo motosoplador, en el cual el soplador es un ventilador centrífugo que impulsa el aire a través de un primer depósito de remanso o de amortiguamiento, que cumple la función de eliminar las fluctuaciones del flujo.

En esta cámara se halla instalado un manómetro de agua en U que mide la presión antes del caudalímetro (placa de orificio) en mm de H₂O. Un manómetro diferencial dispuesto entre la admisión y la descarga del caudalímetro mide la caída de presión ΔP a través de la placa, con la cual se puede determinar el gasto real que circula por el sistema.

El aire que sale del caudalímetro es conducido por un tubo hacia la culata del motor CFR, pasa a través de su válvula de admisión a un cilindro simulado de metacrilato y descarga en el depósito de remanso final.

Aguas arriba del primer depósito de remanso se encuentran dos válvulas de regulación de accionamiento manual que permiten variar el caudal de aire impulsado, pudiendo fijarse así, el salto de presiones deseado antes y después de la válvula de admisión.

Solidario a la culata se monta un tornillo micrométrico que tiene un recorrido de 10 mm y permite regular el levantamiento de la válvula en múltiplos de 0.125 mm.

6 Procedimiento

En el banco de flujo, para diversos levantamientos de la válvula, se miden los valores de la caída de presión Δp a través de la placa de orificio conservando constante la presión y la temperatura antes de la válvula según lo establece el método AVL. Los valores de H que se mantienen cons-

tantes para cada ensayo son 5, 7.5, 10 y 12.5 cm H₂O; en todos los casos se calcula el coeficiente de descarga C_D

7 Resultados

En la Fig. 2 se presenta la información obtenida con los ensayos de presión constante para la válvula de admisión del motor CFR. En todos los casos se observa una tendencia similar con valores de C_D comprendidos entre 0.95 para pequeños levantamientos y 0.3 para los máximos.

Para todas las diferentes presiones aguas arriba de la válvula de admisión el comportamiento es prácticamente idéntico: C_D aumenta con el levantamiento hasta alcanzar un valor máximo y luego disminuye notablemente. El máximo valor de C_D , que varía poco con la presión antes de la válvula, se obtiene en todos los casos para un levantamiento del orden de 0.5 mm. Para valores de L_v mayores de 3 mm la variación del coeficiente de descarga no es muy grande.

8 Análisis de resultados

El comportamiento obtenido para C_D en función de L_v se puede justificar observando que puesto que su magnitud depende tanto del gasto real como del teórico (Ec. 1) y como los dos aumentan uniformemente al abrir la válvula (Ec. 2), para levantamientos hasta 0.5 mm estos valores deben ser bastante diferentes siendo el real mucho menor que el ideal, disminuyendo su diferencia al aumentar L_v . Para los valores mayores de 0.5 mm, aumenta nuevamente esta diferencia justificando el decrecimiento de C_D .

9 Conclusiones

- El método experimental empleado para determinar el coeficiente de descarga de la válvula de admisión sumi-

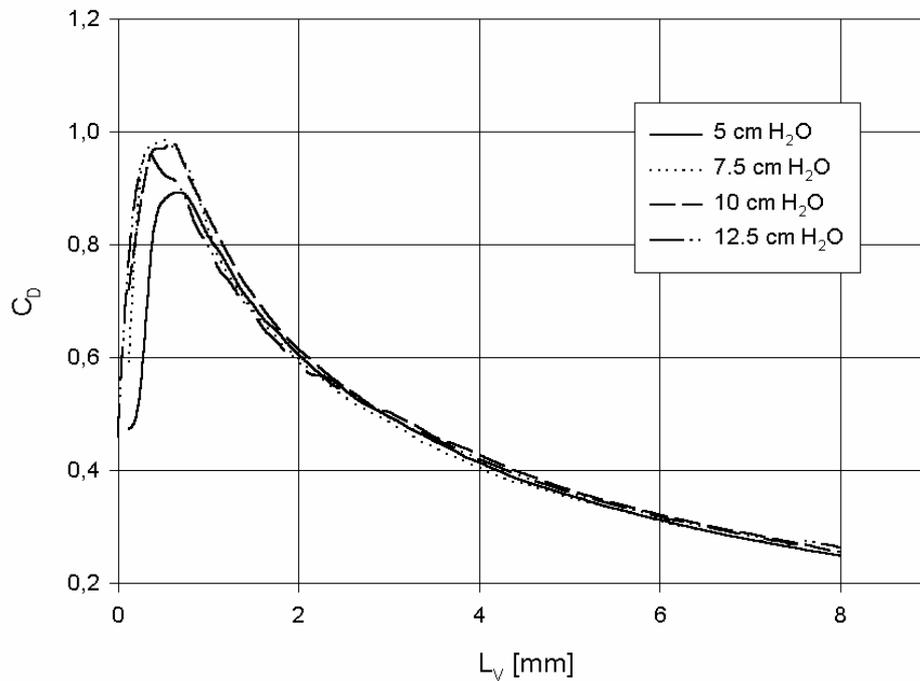


Fig. 2. Coeficiente de descarga

nistra suficiente información sobre las características del flujo a su paso.

- El flujo másico que circula a través de la válvula de admisión del motor CFR ensayado depende fuertemente de su levantamiento.
- Los resultados demuestran que existe un levantamiento de la válvula óptimo cuyo valor es cercano a 0.05 mm.
- Cuando el levantamiento de la válvula está comprendido entre 0.5 y 3 mm se presenta una fuerte reducción del flujo másico de aire que la atraviesa. A partir de 5 mm el flujo permanece aproximadamente constante.

10 Agradecimientos

Los autores agradecen al CDCHT de la Universidad de Los Andes el financiamiento concedido para la realización del presente trabajo mediante el proyecto I-569-97-02-A.

Referencias

Hutchinson P, Morse A y Whitelaw, 1978, Velocity mea-

surements in motored engines. Experience and prognosis. SAE paper 780061.

Blanco C, 1982 Movimiento del aire en el cilindro. Su medición y efecto en el comportamiento del motor, Jornadas de motores térmicos, Proceso de renovación de la carga. Universidad Politécnica de Valencia, España.

Desantes J, Benajes J y Lapuerta M, 1987, Determinación del campo de velocidades medias y de la turbulencia en la válvula de admisión de un motor de combustión interna alternativo, Anales de Ingeniería Mecánica, Vol 5, N° 2.

Thien G, 1965 Entwicklungsarbeiten an Ventilkanaelen von Viertakt Diesel motoren. Osterreichische Ingenieur Zeitschrift. Heft 9.

Tindal M, Williams T y El Khadafi A, 1974 Gas flow measurements in engine cylinders, SAE paper 740719.

Ricardo Consulting Engineers, 1975, Analysis of steady state flow rig results, DP. 20534.

Ricardo Consulting Engineers, 1975, Accuracy of the Ricardo steady state flow rig, DP. 20395.

Tippelman GA, 1977, New method of investigation of swirl ports, SAE paper 770404.