cuentra en el circuito eléctrico de encendido para automóviles - (véase cap. 13.)

3. PARAMETROS TECNICOS BASICOS DE LOS MOTORES.

En todos los motores de émbolo reciprocante, éste llega necesariamente a una completa inmovilidad en dos posiciones particulares -- del cigüeñal antes de invertir la dirección de su movimiento. Estas posiciones se llaman :

* punto muerto inferior (PMI)
* punto muerto superior (PMS)

y se muestran en la fig. 8.

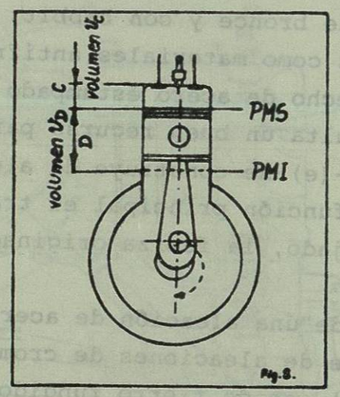

Fig. 8.
Parámetros básicos de un motor de émbolo reciprocante.

Hay otros parámetros empleados en la ingeniería de motores de émbolo reciprocante. Ellos son los siguientes:

I. Desplazamiento D; es el volúmen barrido por el émbolo en una carrera. Cuando un motor tiene n cilindros se dice que la capacidad cúbica del motor es igual a $n \cdot D$ (cm^3).

II. Volúmen de compresión C; es el volúmen de la cámara de combustión o el volúmen de los gases comprimidos en (cm^3).

III. La relación de compresión (o de expansión); está dada por la ecuación $r_v = \frac{C+D}{C}$ y se escribe en la forma 7:1, 8.5:1, 9.8:1 - etc. La mayoría de los motores ECH tiene esta relación entre - 7.5:1 y 9.0:1.

Además existen factores mecánicos y térmicos de funcionamiento de los motores que son :

1. Potencia indicada (ihp); es la potencia total desarrollada por el motor sobre los émbolos, en (CF), (HP) o (kW).
2. Potencia de la fricción (fhp); es la potencia perdida en todas las partes móviles del motor, usada para vencer la fricción de émbolos en cilindros, en todos los cojinetes del motor, etc.
3. Potencia en la flecha (bhp); es la potencia obtenida en la salida de la flecha del motor, se expresa en caballos de fuerza y se mide comunmente por un freno especial de medición de potencia. Finalmente, se puede mostrar que la potencia indicada es - la suma de las potencias en la flecha y de la fricción : ihp = bhp + fhp.
4. Rendimiento mecánico (ηm); es la relación entre la potencia en la flecha (bhp) producida por motor y la potencia total desarrollada dentro de él (ihp) :

$$\eta m = \frac{bhp}{ihp} = \frac{ihp - fhp}{ihp} = 1 - \frac{fhp}{ihp} < 1$$

5. Presión media efectiva indicada (p_i o imep); es la presión teórica constante que supuestamente se ejerce durante cada carrera de potencia del motor (después del encendido de mezcla combustible), para producir una potencia igual a la indicada. Se le determina en (kg/cm^2) y es :

$$p_i(imep) = ihp \frac{4500 \times 100}{A \cdot L \cdot N} \cdot \left(\frac{n}{x}\right) \quad (kg/cm^2) \text{ donde}$$

ihp(CFm)-potencia indicada o número de CFm desarrollados en el motor.,

CFm-Caballos de fuerza métricos.

CF=HP-Caballos de fuerza ingleses.

1CFm = 75 kgm/seg = 4500 kgm/min. = 4500x100 kgcm/min.

1CF = 1HP = 1hp = 550 pie-lb/seg = 33000 pie-lb/min = 4561.5 kgm/min. = 1.014 CFm.

AxL=D (cm^3)- Desplazamiento del émbolo (volúmen barrido).

A (cm^2)- Area de la cara del émbolo.

L (cm)- Longitud de la carrera.

N (min)- Revoluciones por minuto (rpm) del motor.

n (-)- Número de cilindros (émbolos) en el motor.

x (-)- Número de revoluciones necesarias por cada carrera de potencia producida por cilindro : x=2 para un motor de 4 tiempos y

x=1 para un motor de 2 tiempos.

6. Presión media efectiva al freno (p_b o bmep); es la presión teórica constante que imaginariamente se ejerce durante cada carrera de potencia del motor, para producir una potencia igual a la del freno (en la flecha) bhp y es:

p_b (bmep)= bhp $\frac{4500x100}{D \cdot N}$ $(\frac{n}{x})$ (kg/cm^2) donde todos los elementos son iguales al punto 5.

El rendimiento mecánico η_m se puede escribir como sigue:

$\eta_m = \frac{bhp}{ihp}$ y bhp = $p_b \cdot \frac{DN}{4500x100}$ $(\frac{x}{n})$ (CFm),

ihp = $pi \frac{DN}{4500x100}$ $(\frac{x}{n})$ (CFm); Pues el es:

$\eta_m = \frac{bhp}{ihp} = \frac{pb}{pi} = \frac{bmep}{imep}$

7. Consumo específico de combustible (F); es un parámetro comparativo que muestra con cuanta eficiencia convierte un motor el combustible en trabajo y se le determina por:

$F = \frac{60m}{(CF) \cdot t}$ $(\frac{kg}{CF-h})$ o $(\frac{lb}{CF-h})$ donde

CF - Número de caballos de fuerza del motor; pueden ser en el sistema métrico, inglés o en kilowatts (kW).

t(min) - Tiempo de medición del consumo de combustible en el motor investigado, $\frac{t(min)}{60(min/h)}$ = t(h), se puede usar segundos, minutos y horas.

m(kg) ó (lb) - Masa del combustible consumida durante el tiempo t de investigación.

8. Rendimiento térmico (η_t); es el rendimiento de la conversión del calor producido en un proceso de combustión en trabajo, obtenido para un ciclo del motor:

$\eta_t = \frac{\text{trabajo obtenido } W}{\text{calor suministrado } Q_A}$

En esta ecuación es necesario valorizar el calor de combustión del carburante, que puede entrañar dudas y por ello reportarse muchos valores diferentes del rendimiento térmico para una prueba. En la práctica se prefiere usar el consumo específico de combustible que es un parámetro con todos los elementos medidos en

unidades físicas normales y aceptadas como son: caballos de fuerza, el peso y el tiempo.

9. Rendimiento volumétrico (ηv); es la relación del peso real de aire inducido por el motor en la carrera de admisión entre el peso teórico de aire que debiera inducirse llenado el volumen de desplazamiento del émbolo con aire a la temperatura y presión atmosféricas, y es:

$\eta v = \frac{m_a}{m_t}$ donde

m_a $(\frac{kg}{h \cdot n_c})$ peso real de aire inducido por carrera de admisión (kg/horas x número de carreras de admisión).

m_t $(\frac{kg}{h \cdot n_c})$ peso teórico de aire para llenar el volumen de desplazamiento bajo condiciones atmosféricas.

En este caso se necesita explicar que el nombre de rendimiento volumétrico para ηv es equivocado porque realmente se trata de una relación de pesos y no de volúmenes, pero desafortunadamente esa es la costumbre y no puede facilmente cambiarse.

10. Relaciones aire-combustible y combustible-aire; se les define como:

AF $(\frac{kg}{kg})$ = $\frac{\text{kg de aire en el tiempo t}}{\text{kg de combustible en el tiempo t}}$; (relación aire combustible)

FA $(\frac{kg}{kg})$ = $\frac{\text{kg de combustible en el tiempo t}}{\text{kg de aire en el tiempo t}}$; (relación combustible-aire)

Para comparar los rendimientos de los motores se emplea cierto número de normas de comparación :

1. Consumo específico de combustible F, en (kg/bhp-h).
2. Presión media efectiva al freno pb, en (kg/cm^2).
3. Peso específico del motor en (kg/bhp)-peso del motor/potencia al freno.
4. Potencia producida por unidad de desplazamiento, en (bhp/cm^3)-potencia al freno/capacidad cúbica del motor.

La importancia de esos valores depende del empleo de los motores; por ejemplo, para unidades estacionarias, el primer valor es de importancia principal y para motores de aviación los valores tercero y luego primero son los más importantes. También es muy importante el indicar que todos los valores de los parámetros

técnicos de motores son medidos en condiciones normales y comparables que según la SAE (Society of Automotive Engineers) son:

1. Aire seco a 15.6°C (60°F) y
2. Presión de aire de

76 mm Hg o 29.92 plg Hg = $14.696 \frac{lb}{pul^2}$ abs= $1.033 \frac{kg}{cm^2}$ abs,

Los factores empíricos de corrección son:

$CF_m = \frac{760}{pa}\sqrt{\frac{Ta}{288.6}}$ (Sistema métrico); $CF = \frac{29.92}{pa}\sqrt{\frac{Ta}{520}}$ (Sistema inglés);

CF-número de caballos de fuerza para correción de la potencia al freno.

p_a(cm Hg) o (plg Hg)-presión barométrica del aire seco en el lugar de medición (presión atmosférica).

T_a-temperatura absoluta del aire que entra al motor;

273° + °C = °K (Kelvin) ó 460° + °F= °R (Rankine).

4. CICLOS IDEALES Y REALES DE LOS MOTORES.

Los ciclos de motores se puede mostrar en los diagramas de presión p y volúmen v (diagramas del trabajo) o en diagramas de temperatura absoluta T y de entropia s (diagramas de calor).

La propiedad de entropia "s" es el factor extensivo de la energía térmica definida por la ecuación:

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T} \left[\frac{cal}{kg°K}\right] \text{ ó } \left[\frac{Btu}{Lb.°R}\right]$$

Pues se muestra el valor recíproco de la calidad del calor añadido a un sistema:

si Δs es mayor - el calor está añadido mal (hay defecto de calor),

si Δs es menor - el calor está añadido ventajoso (hay exceso de calor), como por ejemplo:

Teniendo 100 litros de agua en la temp. 100°C y se añade 1 litro de agua a la misma temperatura se obtiene 101 litros del agua en 100°C con calor en valor total; pero el mismo litro añadido a 100 litros de agua fria (a la temp.ca.de 0°C) causa el aumento de temperatura de 1°C de toda la capacidad de 101 litros, pues ese calor de 1 litro está perdido en este caso, porque Δs es grande (ΔQ es igual, como anteriormente, pero T es pequeña). Esto

significa también que el calor se necesita conducir en las temperaturas más altas y en forma isotérmica.

4.1. CICLO DUPLEX (DE SABATHE O DE SEILIGER)

Los tres nombres que aparecen en el título de este capítulo se encuentran generalmente en la literatura para referirse a un mismo ciclo. Más aún en ocasiones se usa también el nombre de "ciclo mezclado".

Este ciclo es el más básico y general para describir el funcionamiento de los motores de émbolo reciprocante.

Se puede decir que otros ciclos como de Otto y de Diesel son sus casos fronteros. Este ciclo se conoce también como ciclo con conducción de calor a volumen y presión constante. Se le muestra en la fig. 9.

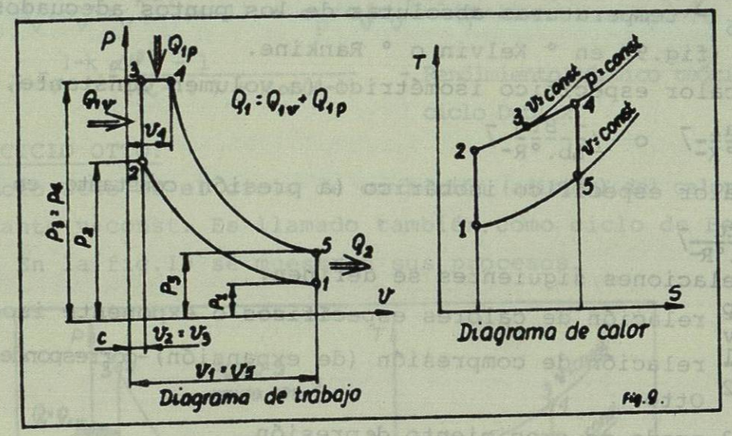

Fig. 9. Ciclo teórico Duplex con adición de calor a v=const. y p= const.,llamado también ciclo de Sabathe, de Seiliger ó ciclo mezclado.

El ciclo Duplex es el que más se acerca a los procesos que suceden realmente en los motores de combustión interna y de alta velocidad, del tipo Otto y del tipo Diesel. Sus procesos son:

Línea 1-2: Compresión isoentrópica (a entropía constante y Δs= 0),

Línea 2-3: Adición isométrica de calor a volumen constante y Δv= 0),

Línea 3-4: Adición isobárica de calor (a presión constante y Δp= 0),