

Motores y sus sistemas auxiliares

Tema 5. Características de los motores de combustión interna

Tema 5. Características de los motores de combustión interna

1

5.1 Dimensiones del cilindro

Alargados, cuadrados, supercuadrados.

Ventajas de cilindros cuadrados:

- Mayor potencia. Aumenta con el cuadrado de d y con $1/2c$
- Posibilidad de colocar válvulas mas grandes
- Bielas mas cortas y rígidas
- Disminuye rozamiento de pistón, decrece V_m , luego reduce inercia
- Codos de cigüeñal mas cortos, luego mas rigidez y reducción de inercia
- Reducción de fuerzas centrífugas alternas.

Tema 5. Características de los motores de combustión interna

2

5.1 Dimensiones del cilindro

Ventajas de cilindros alargados:

- Mayor rendimiento de cámara de compresión
- Mas tiempo de combustión, menos residuos
- Mas disipación de calor


5.1 Potencia del motor

La potencia es el trabajo realizado por el motor en una unidad de tiempo.

Depende de distintos factores, entre ellos la R_c , V_u , la carrera, las rpm.

Parte de la potencia se consume en vencer rozamientos

Se distinguen varias clases de potencia: Indicada, efectiva y absorbida.



5.2 Potencia indicada

Es la obtenida realmente calculandola del ciclo de trabajo. Se determina a partir de la presión media efectiva.(Area del rectángulo en ciclo trabajo)

$$W = p_i \cdot V_u = p_i \cdot \pi \cdot D^2 / 4 \cdot C$$

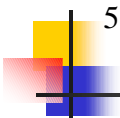
$$P_i = W_i / 2 \cdot n / 60 = p_i \cdot V_u \cdot n / 120$$

para expresar la potencia en CV estando $p_i = \text{Kgf/cm}^2$, $V_0 = \text{litros}$ y $n = \text{rpm}$

$$P_i = p_i \cdot V_u \cdot n / 900$$

Tema 5. Características de los motores de combustión interna

5



5.3 Par motor. Potencia efectiva

Par motor es el esfuerzo de giro aplicado por la aplicación de la fuerza de la explosión y transmitida al codo del cigüeñal.

El par máximo se produce cuando la presión en el interior del cilindro es máxima, esto no se produce al régimen máximo sino mucho antes

La potencia efectiva se genera por medio de este par, se conoce como potencia al freno.

Tema 5. Características de los motores de combustión interna

6

5.3 Par motor. Potencia efectiva

la potencia es el trabajo en unida de tiempo

$$P = W \cdot n = 2\pi R \cdot F \cdot n / 60 \text{ expresado en CV ser\'a}$$

$$P = 2\pi R \cdot F \cdot n / (60 \cdot 75) = \mathbf{R \cdot F \cdot n / 716}$$

5.3 Par motor. Potencia efectiva

El trabajo realizado por un punto de la periferia es:

$$W = 2\pi r \cdot f$$

siendo f la fuerza tangencial que hace el motor sobre un punto

$r \cdot f = \text{Par}$ que ejerce el motor sobre un punto de la periferia

Cuando la velocidad del motor se estabiliza, se igualan los pares

$$\text{Par motor} = r \cdot f \quad \text{Par resistente} = R \cdot F$$

con lo que

$$\mathbf{W = 2\pi R \cdot F}$$

5.4 Potencia absorbida

Es la diferencia entre la potencia indicada y la efectiva

$$P_a = P_i - P_e$$

Resulta difícil obtenerla directamente, generalmente se recurre a calcular la P_i y la P_e y restarla.

Conociendo la potencia absorbida, se puede calcular el rendimiento mecánico:

$$\eta_m = P_e / P_i$$

Las pérdidas mecánicas son proporcionales a la velocidad del motor, y la mayoría son producidas por el rozamiento de los segmentos contra el cilindro,

5.5 Otras Potencias

Potencia teórica: Es la que debería de entregar el combustible

Potencia fiscal: por la que se tributa al estado

$$P_f = 0,08(0,78D^2 \cdot C)^{0,6} \cdot n^\circ \text{cil.}$$

Potencia másica: Relación entre la potencia efectiva y el peso del motor

$$P_m = P_e / m$$

Potencia volumétrica o específica: relación entre la potencia efectiva y la cilindrada

$$P_c = P_e / V$$

Son mayores en los motores de gasolinas, debido a una presión media efectiva mayor

Potencias

Indicada	Obtenida del ciclo de trabajo a partir de la potencia media efectiva	$P_i = \frac{p_i \cdot V_u \cdot n}{900}$ <small>En CV</small>
Efectiva	Es la potencia transmitida al eje del cigüeñal por el par motor generado en la fase de explosión	$P = C_m \cdot n / 716$ $P(\text{CV})$ $C_m (\text{kgf} \cdot \text{m})$

Tema 5. Características de los motores de combustión interna

11

Unidades de trabajo potencia y par motor

	SI	ST
Trabajo	Julio(J) 1J=1N·1m	Kilográmetro(kgm) 1kgm=1kgf·1m
Par	Newton metro(Nm)	Metro kilo (mkg)
Potencia	Watio(W) 1w=1J/1s 1kW=1000w	Caballo vapor (CV o HP) 1CV=75kgf·m/s

1CV=0,736kW	1kW=1,36CV	1kgf·m=9,8Nm	1daN=1mkg
-------------	------------	--------------	-----------

Tema 5. Características de los motores de combustión interna

12

5.6 Rendimientos

Toda máquina térmica no puede transformar toda la energía que utiliza en trabajo.

En general se llama rendimiento a la relación entre la energía recogida y la suministrada.

5.6 Rendimiento Termodinámico

Rendimiento **Termodinámico**(η_t): Relación entre el trabajo indicado y el equivalente en trabajo del calor gastado para obtenerlo.

$$\eta_t = W_i / W_Q$$

en términos de potencia :

$$\eta_t = P_i / P_T = P / (m_t \cdot Q) \quad \Rightarrow \quad P_T = \text{potencia teórica}$$

$$\eta_t = 1 - 1 / (R_c^{\gamma-1}) \quad \gamma = 1,4 \text{ para gasoil}$$

$$\gamma = 1,33 \text{ para gasolina}$$



5.6 Rendimiento Termodinámico

El calor se pierde en calentar el agua de refrigeración y en los gases de escape. Una mayor R_c proporciona un mayor volumen de expansión de gases y un mejor enfriamiento, lo que contribuye a aumentar el rendimiento.

En un motor de gasolina el η_t es aproximadamente el 30%

En un motor diesel oscila alrededor del 45%



5.6 Rendimiento Mecánico

• **Rendimiento Mecánico** (η_m). Es la relación entre el trabajo efectivo medido en el eje del motor, y el trabajo indicado.

$$\eta_m = W_e / W_i$$

Tiene en cuenta rozamientos en pistones, bielas, cigüeñal, bomba de agua, alternador, trabajo de bombeo, etc.



5.6 Rendimiento mecánico

Este rendimiento empeora con la velocidad y al disminuir la cilindrada unitaria. Expresado en términos de potencia es :

$$\eta_m = P_e / P_i$$

En los motores actuales las pérdidas mecánicas suponen un 15%, lo que implica un rendimiento mecánico del 85%.



5.6 Rendimiento total

Rendimiento **total** (η_T). Es la relación entre el trabajo obtenido en el eje del motor y el equivalente calorífico del combustible consumido. Será el producto de los rendimientos termodinámico y mecánico.

$$\eta_T = \eta_t \cdot \eta_m = W_i / W_Q \cdot W_e / W_i = W_e / W_Q$$

En términos de potencia:

$$\eta = P_e / P_T$$

5.6 Rendimiento total

El rendimiento total puede calcularse a partir del consumo específico del mismo (Masa de combustible consumido en la unidad de tiempo)

Ejemplo: Un motor que consume 20 litros en una hora, siendo 0,7 la densidad de la gasolina y 11,000kcal/kg su energía interna. Calcular la potencia teórica. $A=1/427$ Kcal/kgf.m

Ejemplo: Un motor desarrolla una potencia de 1CV, y consume 210 gramos de combustible durante una hora. El poder calorífico del combustible es de 10,800Kcal/Kg, y el equivalente mecánico del calor $A=1/425$ Kcal/Kgf.m. Calcular el rendimiento total del motor.

5.6 Rendimiento volumétrico


• **Rendimiento volumétrico.** Es la relación entre el peso de gas (M_e) introducido en el cilindro y el peso (M_c) si se hubiera llenado totalmente, considerando temperatura de 15°C y 1 atm.

$$\eta_v = M_e / M_c$$

Es función de la velocidad media del pistón, de la sección de los conductos de admisión y del tamaño de las válvulas. Cuando la velocidad es elevada, el llenado es insuficiente, hay pérdida de potencia.

Si la temperatura es elevada, el volumen ocupado es mayor para una misma cantidad de aire.

Se mejora notablemente comprimiendo y enfriando los gases de admisión




Rendimientos

Termodinámico	Mecánico	Volumétrico
Relación entre el trabajo indicado y el calor generado para producirlo	Relación entre el trabajo efectivo y el trabajo indicado	Relación entre el peso de gas introducido en el cilindro y la cilindrada unitaria
$\eta_t = P_i / P_T = P / (m_t \cdot Q)$ $\eta_t = 1 - 1 / (R_c^{\gamma-1})$	$\eta_m = W_e / W_i$ $\eta_m = P_e / P_i$	$\eta_v = M_e / M_c$

Tema 5. Características de los motores de combustión interna

21



5.7 Rendimiento global. Balance térmico

- La parte de energía que no aparece en forma de trabajo mecánico, se pierde en forma de calor:

Expansión: El calor generado en la combustión aumenta la temperatura de los gases a 2000 °C, las paredes del cilindro están a 100 °C se produce un intercambio de calor que será función de la diferencia de T, superficie de contacto, y tiempo de intercambio

Escape: Se pierde el resto de energía de los gases. Para que esta pérdida sea mínima se han de enfriar los gases lo máximo posible aumentando la carrera de expansión. Influye también la contrapresión del cilindro y del tubo de escape, la cual hay que reducirla al mínimo.

Tema 5. Características de los motores de combustión interna

22

5.7 Rendimiento global. Balance térmico

Admisión: Se ha de vencer la depresión que existe en el cilindro. Al entrar gases, se calientan al entrar en contacto con las paredes, para favorecer este calentamiento se calientan los gases antes de entrar.

Compresión: Cuanto mayor sea la compresión, mas energía se producirá durante la explosión, y cuantos mas gases se puedan comprimir, mas energía obtendremos también.

Encendido: El encendido debe de ser intenso

5.7 Rendimiento global. Balance termico

Resumen:

- a) Mantener cilindros a elevada temperatura
- b) Reducir el tiempo de duración de la expansión
- c) Disminuir la superficie de las paredes
- d) Aumentar la carrera de expansión
- e) Reducir al máximo la contrapresión de escape
- f) Reducir al máximo la depresión en el tiempo de aspiración
- g) Calentar los gases antes de entrar en el cilindro
- h) Adoptar una compresión elevada
- i) Emplear un encendido intenso

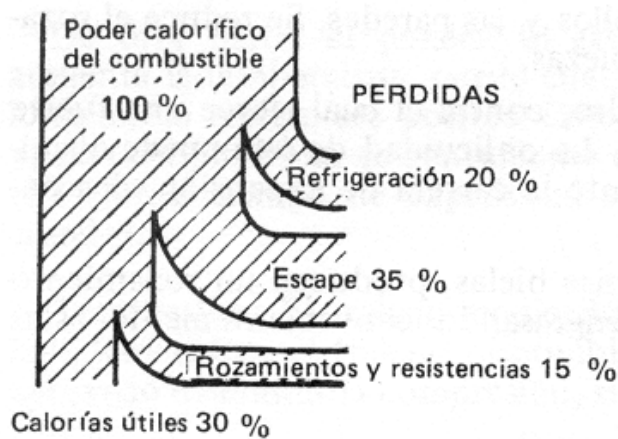
5.7 Rendimiento global. Rendimiento mecánico

El trabajo perdido en la transmisión se emplea en vencer rozamientos y en mover órganos accesorios del motor.

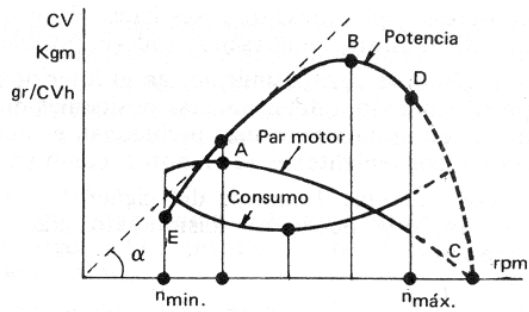
Funciones accesorias bombas de agua, aceite, alternador, etc

Rozamientos Segmentos contra paredes del cilindro, pistón, debido a la inclinación de la biela, cojinetes de apoyo del cigüeñal y biela.

5.7 Rendimiento global. Balance térmico



5.8 Curvas características del motor



$$Pe = RFn / 716 \quad RFn = 716Pe / n = 716tg\alpha$$

Tema 5. Características de los motores de combustión interna

27

5.8 Curvas características del motor

Modificaciones en conductos de admisión, dimensiones de válvulas o tiempos de abertura provocan variaciones de potencia.

A rpm elevadas, el aumento de sección de admisión y del tamaño de las válvulas, aumentan el rendimiento volumétrico, con los consiguientes aumentos de par y potencia

A rpm bajas ocurre lo contrario, debido a que disminuye la velocidad de entrada de los gases.

El aumento de sección de las válvulas de admisión influye de la misma forma que la sección de admisión

La presión atmosférica y temperatura ambiente también influyen

Tema 5. Características de los motores de combustión interna

28