



CAPITULO V

COMPRESORES

1. Compresores de dos o más etapas

Es aquel compresor que posee presiones intermedias.

Curvas de Compresión

L_c L_c L_c

2. Compresión sin espacio nocivo

FA: Admisión del gas
AB: compresión adiabatica
AC: compresión politrópica
AD: compresión isotérmica
BE, CD y DE: expulsión del gas

PMI: Punto Muerto Inferior
PMS: Punto Muerto Superior

3. Trabajo consumido en la ocpresión

- Trabajo de circulación adiabatica reversible

$$L_{c_a} = kL_m = k \frac{p_1 V_1}{k-1} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right] \frac{Kgf m}{m^3}$$

para AIRE

$$L_c = \frac{p_1 V_1}{0,2857} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{0,2857} \right] \frac{Kgf m}{m^3} \text{ de aire aspirado}$$

- Trabajo de circulación politropica

$$L_{c_p} = nL_m = n \frac{p_1 V_1}{n-1} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right] \frac{Kgf m}{m^3} \text{ de aire aspirado}$$

- Trabajo de cuculación Isotermico

$$L_{c_i} = L_m = 2,303 p_1 V_1 \ln \left(\frac{p_1}{p_2} \right) \frac{Kgf m}{m^3}$$

4. Potencia (Nc)

- a) Caluclar el flujo de aire necesario (tabla)

$$V_{aire} \geq \frac{m^3}{h} \frac{m^3}{min} = V_A$$

- b) Calcular el trabajo de circulación (Lc)

n → normal



$p_1 \rightarrow Patm$

$p_2 \rightarrow$ presión de salida (Kgfm/m²)

c) Potencia

$$N_c = \frac{L_c V_A}{3600 \cdot 75} \quad [CV]$$

5. Compresión con espacio nocivo

FA- Admisión a Patm

AB- Compres. Adiabática

AC- Compres. Politrópica

AD- Compres. Isotérmica

BE, CE, DE – expulsión del gas a presión de salida

EF- expansión del gas residual

V_0 - espacio nocivo

V_c - Vol. cilindrado

V_4 - Vol. reexpandido del gas residual

V_A - Vol. admitido

Relación de espacio nocivo

$$\varepsilon = \frac{V_0}{V_c}$$

Rendimiento Volumétrico

$$\lambda = \frac{V_A}{V_c} = \frac{V_c - V_0 - V_4}{V_c} = 1 - \frac{V_0}{V_c} - \frac{V_4}{V_c} = 1 - \varepsilon - \frac{V_4}{V_c}$$

$$\lambda = 1 - \varepsilon - \varepsilon \frac{V_4}{V_0}$$

$$\lambda \leq 1 \quad | \quad V_4 \geq V_0$$

Expansión 3-4

$$\frac{V_4}{V_0} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{1}{n}} \quad \lambda = 1 - \varepsilon - \varepsilon \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{1}{n}}$$

$$\lambda = 1 - \varepsilon \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right]$$

Calculo de las dimensiones del cilindro

$n = n^\circ$ de rpm

$d =$ diámetro del cilindro

$\lambda =$ rendimiento volumétrico

$s =$ curso del embolo

$$\beta = \frac{s}{d} \quad \text{valores normales de } 1,1 \text{ a } 1,3$$

$\beta =$ relación entre el curso del embolo y el diámetro del cilindro

$$V_{\text{aspirado}} = \lambda V_c \frac{n}{60} \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}}$$



$$V_{ah} = 60 \lambda n V_c \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

$$V_{ah} = 60 \lambda n \frac{\pi d^2}{4} s = 15 \lambda n \pi d^2 \beta d$$

$$V_{ah} = 15 \pi \lambda n d^3 \beta$$

$$d^3 = \left[\frac{V_{ah}}{15 \pi \lambda n \beta} \right] \quad (m)$$

6. Rendimientos

- Rendimiento mecánico

$$\eta_m = \frac{N_i}{N_{i'}} = \frac{L_i}{L_{i'}}$$

N_i - Potencia indicada de la compresión

$N_{i'}$ - Potencia indicada del motor a gas o máquina a vapor obtenido por un dinamómetro que acciona el compresor

N_e - Potencia efectiva del motor electivo

$$\eta_m = \frac{N_i}{N_e}$$

- Rendimiento de la compresión

$$\eta = \frac{L_c}{L_i} = \frac{N}{N_i}$$

L_c - Trabajo consumido en la compresión adiabática reversible

L_i - Trabajo de circulación absorbido por la compresión politrópica del sistema

N - Potencia absorbida por la compresión adiabática reversible

- Rendimiento total del compresor

$$\eta_c = \eta_m \eta_c$$

7. Compresión de dos o más etapas

$$dq = di - Adl \quad \therefore Adl = dq - di$$

$$Al_B = q_B - \bar{i}_2 - i_1 \quad Al_A = q_A - \bar{i}_4 - i_3$$

$$q_r = \bar{i}_3 - i_2 \left[\frac{Kcal}{Kg} \right]$$

Trabajo total consumido

$$Al_B + Al_A = q_B - \bar{i}_2 - i_1 + q_A - \bar{i}_4 - i_3 = q_B + q_A + \underbrace{\bar{i}_3 - i_2}_{q_r} - \bar{i}_4 - i_1$$

Ecuación de las energías de un compresor de dos etapas

$$Al_B + Al_A = q_B + q_A + q_r - \bar{i}_4 - i_1 \left[\frac{Kcal}{Kg} \right]$$

Representación



EF- Compresión politrópica en el CAP

V_{oB} - Espacio nocivo en el CBP

V_{oA} - Espacio nocivo en el CAP

V_{CB} - Cilindrada en el CBP

V_{CB} - Cilindrada en el CAP

V_A - Volumen admitido en el CBP cuya masa es la que saldra del CAP en la transformación

BMEF- Área de trabajo economizada en la compresión

8. Ventajas de compresión en más de una etapa

- Economía de trabajo \propto Área BMEF
- Mayor rendimiento Volumétrico

$$\lambda = \frac{V_A}{V_C} = \frac{\text{Vol. admitido}}{\text{Vol. cilindrada}}$$

- Menores temperaturas de trabajo

$$t_F = t_M$$

Presión Intermediaria (P_i) I_{Cmin}

Para 2 etapas $P_i = \sqrt{P_1 P_2}$

Para n etapas $P_{i_1} = P_1 \sqrt[n]{\frac{P_2}{P_1}}$

$$P_{i_2} = P_{i_1} \sqrt[n]{\frac{P_2}{P_1}}$$

⋮
⋮
⋮

$$P_{i_{n-1}} = P_{i_{n-2}} \sqrt[n]{\frac{P_2}{P_1}}$$

La presión Intermediaria es fijada de tal forma que se tenga un trabajo total consumido mínimo.

Ejercicios

1. Se comprime aire de 1 kgf/cm² y 20°C, hasta 6 kgf/cm² con una tasa de 100 m³/h. Calcular la potencia del compresor que realiza esta operación si la transformación fuese:
 - a) Isotérmica
 - b) Plitrópica de n=1,3
 - c) Adiabática reversible
 - d) Cuál la temperatura final en este ultimo caso.
2. Un compresor de simple efecto, de dimensiones de 0,20 x 0,20 m, comprime aire en un recipiente de 1m³. Inicialmente el aire está en un recipiente a 1 kgf/cm² y 30°C, llegando después de 3min. A 6 kgf/cm² y 285°C. Si el compresor trabaja a 150 rpm, calcular:
 - a) Su cilindrada
 - b) La masa admitida en el recipiente
 - c) La masa admitida por roptación
 - d) El volúmen aspirado por rotación



- e) El rendimiento volumétrico
3. Un compresor de aire de una etapa y simple efecto debe suministrar un caudal de $10 \text{ m}^3/\text{min}$. Aspirando de la atmósfera y comprimiendo hasta la presión de 5 kgf/cm^2 . Calcular las dimensiones de los cilindros y la potencia necesaria en el eje, admitiendo los siguientes valores:
- Número de cilindros en paralelo $z=2$
 - Velocidad $n=900 \text{ rpm}$
 - Rendimiento Vol. Real $\eta_{vr}=80\%$
 - Rendimiento mecánico $\eta_m=82\%$
 - Exponente de la compresión politrópico $n=1,3$
4. En el anteproyecto de un compresor de aire a émbolos, de una etapa y simple efecto, fueron establecidos los siguientes datos:
- Caudal de aire en las condiciones de aspiración $Q_1=20 \text{ m}^3/\text{min}$.
 - Presión atmosférica en la admisión $P_1=1,033 \text{ Kgf/cm}^2$.
 - Presión de descarga $P_2=5 \text{ Kgf/cm}^2$.
 - Número de cilindros $z=1$
 - Velocidad $n= 600 \text{ rpm}$
 - Rendimiento Vol. Real $\eta_{vr}=78\%$
 - Rendimiento mecánico $\eta_m=85\%$
 - S/d del embolo $0,6$
 - $n=1,25 \text{ exp. Politróp. para la compresión.}$
Determinar
 - Diámetro del cilindro y curso del pistón
 - Potencia necesaria en el eje.
 - Temperatura del aire en la descarga.
5. Un compresor de aire con las siguientes características;
- $z=2$ cilindros de simple efecto
 - $s=d=150 \text{ mm}$.
 - Relación de espacio nocivo $\varepsilon=0,04$
 - Rend. Mecánico $\eta_m=85\%$
 - Velocidad $n=400 \text{ rpm}$
 - Presión de aspiración $P_1=735 \text{ mmHg}=P_{atm}$
 - Presión de descarga $P_2=10 \text{ Kgf/cm}^2$
 - Exp. Comp. Politrópica $n=1,3$
 - Caudal de aire medido en la aspiración $Q=1,5 \text{ Kg/min}$.
 - Calor específico de aire a presión constante $C_v=0,185 \text{ Kcal/Kg.K}^\circ$
Determinar
 - Los rendimientos volumétricos real y teórico.
 - La potencia indicada teórica, real y la efectiva.
 - El calor permutado.
6. Un compresor de aire de émbolos, de simple efecto, de dos etapas, con resfriamiento intermedio, trabaja con las siguientes características:
- $Q=12 \text{ Kgf/min}$.
 - Presión de descarga de la primera etapa $P_i=4 \text{ Kgf/cm}^2$.
 - Presión de descarga de la segunda etapa 10 Kgf/cm^2 .
 - Condiciones del aire admitido $P_1=685 \text{ mmHg}$.
 - Temperatura del aire admitido 23°C
 - Exp. Politrópica de la compresión en la primera etapa $n=1,32$
 - Exp. Politrópica de la compresión en la segunda etapa $n=1,28$



- h) Número de cilindros $z=2$ en la primera etapa y $z=1$ en la segunda etapa
- i) Velocidad $n=850$ rpm
- j) Rend. Vol. Real $\eta_{vr}=78\%$
- k) Rend. Efectivo total $\eta_{efect}=80\%$
- l) Constante del aire $R=29,26$ Kgf \cdot m/Kg \cdot °K
- m) Calor específico a presión constante $C_p=0,24$ Kcal/Kg \cdot °C
Considerando que la refrigeración se realiza hasta la temperatura de compresión isotérmica, se pide calcular:
 - a) Las dimensiones de los cilindros de alta y de baja presión, admitiendo que los diámetros son iguales a los respectivos cursos de los émbolos.
 - b) La potencia efectiva necesaria para el accionamiento de compresor.
 - c) La temperatura del aire en la salida del compresor.
 - d) El calor permutado en el resfriador intermedio.
 - e) El rendimiento Isotérmico y el Adiabático.