

PRIMER EXAMEN PARCIAL MODULO 1- I-2007

SOLUCION

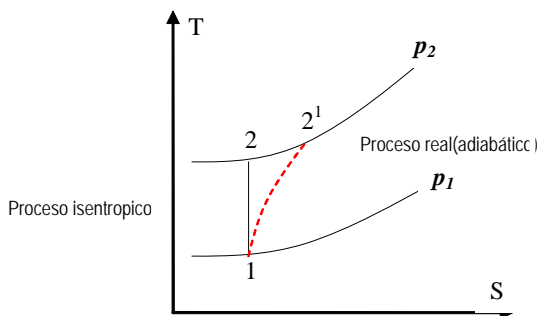
Problema 1.- En un compresor adiabático ingresa aire a 100 kPa y 17 °C a razón de 2.4m³/s y sale a 275°C. La eficiencia isentrópica del compresor es de 84%. Ignorando los cambios de las energías cinética y potencial determine a) la presión de salida del aire y b) la potencia requerida para accionar el compresor.

RESOLUCION

Datos :

$p_1 := 100\text{kPa}$	$\eta := 84\%$	$k := 1.4$	$R := 0.287 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$
$T_1 := (17 + 273)\text{K}$	$V_1 := 2.4 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$	$T_{2r} := (275 + 273)\text{K}$	$c_p := 1.0062 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$
$T_1 = 290 \text{ K}$		$T_{2r} = 548 \text{ K}$	

- a) Al ser un proceso adiabático, primero calculamos la temperatura isentropica (proceso isideal sin fricción) al final de la compresión T₂ ideal, a partir de la temperatura T₂ real, mediante la siguiente relación:



$$\eta = \frac{h_2 - h_1}{h_{2r} - h_1} = \frac{c_p (T_2 - T_1)}{c_p (T_{2r} - T_1)} = \frac{T_2 - T_1}{T_{2r} - T_1}$$

de donde despejamos T₂

$$T_2 := T_1 + \eta \cdot (T_{2r} - T_1) \quad \text{--->} \quad T_2 = 506.72 \text{ K}$$

entonces la presión 2 estará dada por:

$$p_2 := p_1 \cdot \left(\frac{T_{2,i}}{T_1} \right)^{\frac{k}{k-1}} \quad \text{--->} \quad p_2 = 928 \times 10^3 \text{ Pa}$$

- b) La potencia para accionar el compresor se puede calcular a partir de la diferencia de temperaturas real, mediante la primera ley de la termodinámica:

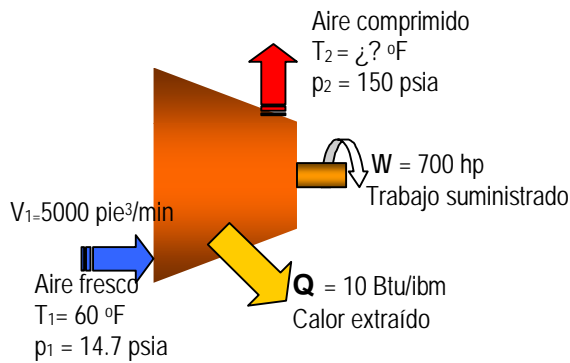
$$W_{\text{real}} = \Delta H$$

$$W_{\text{real}} := m \cdot c_p \cdot (T_{2r} - T_1)$$

$$m := \frac{p_1 \cdot V_1}{R \cdot T_1}$$

$$W_{\text{real}} = 749 \times 10^3 \text{ W}$$

Problema 2.- Se comprime aire a 14.7 psia y 60 F a una presión de 150 psia mientras se enfría a razón de 10 Btu/lbm al circular agua por la caja del compresor. La tasa de flujo volumétrico del aire a las condiciones de entrada es de 5000 pie³/min y la entrada de potencia al compresor es de 700 hp. Determine a) el flujo másico del aire y b) la temperatura a la salida del compresor.



Asignación de datos a variables:

$$\begin{aligned}
 T_1 &:= (60 + 460) \text{ R} \\
 p_1 &:= 14.7 \text{ psi} \\
 p_2 &:= 150 \text{ psi} \\
 V_1 &:= 5000 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}} \\
 q &:= 10 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}} \\
 c_p &:= 0.240 \frac{\text{BTU}}{\text{lb} \cdot \text{R}} \\
 W &:= 700 \text{ hp} \\
 R_a &:= 53.3 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lb} \cdot \text{R}}
 \end{aligned}$$

a) El flujo másico se puede calcular partiendo de la ecuación general de los gases ideales:

$$m := \frac{p_1 \cdot 144 \cdot V_1}{R_a \cdot T_1} \quad m = 381.87 \frac{\text{lb}}{\text{min}} \quad (6.365 \text{ lb/s})$$

b) A partir de la primera ley de la termodinámica, menospreciando el cambio de energía cinética y potencial, se tiene:

$$-Q - (-W) := \Delta H$$

$$\Delta H := W - Q \implies \Delta H := W \cdot \frac{2544.48}{60} - q \cdot m$$

De donde se calcula el cambio de entalpia:

$$\Delta H = 2.587 \times 10^4 \frac{\text{Btu}}{\text{min}}$$

Ademas ΔH , se puede calcular;

$$\Delta H := c_p \cdot m \cdot (T_2 - T_1)$$

de donde se despeja T2:

$$T_2 := T_1 + \frac{\Delta H}{c_p \cdot m} \quad T_2 = 802.3 \text{ R}$$

Problema3.- Un compresor de aire debe suministrar 0.75 kg/s a una presión de 1.021 MPa. La presión atmosférica es 102.1 kPa y la temperatura atmosférica es de 15°C. a) Encuentre la potencia requerida para impulsar el compresor en cada uno de los siguientes casos: máquina monofásica con $n = 1.33$; máquina bifásica con presión intermedia de 350 kPa psia, con temperatura de aire de 15°C al dejar al enfriador intermedio, y con $n = 1.33$ en ambas fases. b) si el incremento de temperatura permitido del agua en el enfriador intermedio es 10°C, encuentre la masa de agua requerida por minuto.

CBP :

$$\begin{aligned}
 p_1 &:= 102.1 \cdot \text{kPa} \\
 T_1 &:= (15 + 273) \cdot \text{K} \\
 T_1 &= 288 \text{ K}
 \end{aligned}$$

CAP:

$$\begin{aligned}
 p_4 &:= 1021 \cdot \text{kPa} \\
 p_i &:= 350 \cdot \text{kPa} \\
 n &:= 1.33
 \end{aligned}$$

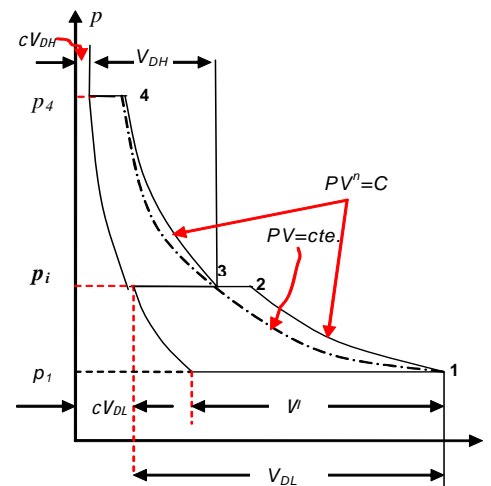
$$R := 287.08 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$m := 0.75 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$c_p := 1.0062 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

a) Una etapa

$$W := \left[\frac{n \cdot m \cdot R \cdot T_1}{n - 1} \cdot \left[\left(\frac{p_4}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \right] \quad W = 193 \times 10^3 \text{ W}$$



Doble etapa, con presión intermedia conocida, en este caso el trabajo ser igual la suma de los trabajos de compresión desarrollados en los cilindros de alta y baja presión.

$$W = W_{cap} + W_{cbp}$$

$$W_{cbp} := \left[\frac{n \cdot m \cdot R \cdot T_1}{n - 1} \cdot \left[\left(\frac{p_i}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \right] \quad W_{cbp} = 89 \times 10^3 \text{ W}$$

$$T_i := T_1$$

$$W_{cap} := \left[\frac{n \cdot m \cdot R \cdot T_i}{n - 1} \cdot \left[\left(\frac{p_4}{p_i} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \right] \quad W_{cap} = 76 \times 10^3 \text{ W}$$

$$W := W_{cap} + W_{cbp} \quad W = 165 \times 10^3 \text{ W}$$

b) La masa de agua necesaria para enfriar el aire se puede calcular a partir de que el calor perdido por el aire es igual al calor ganado por el agua.

$$\Delta T := 10 \cdot \text{K}$$

Calor ganado por el agua

Calor cedido por el aire

$$c := 4.184 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$Q := c \cdot m_{\text{agua}} \cdot \Delta T \quad (1)$$

$$Q := c_p \cdot m \cdot (T_2 - T_i) \quad (2)$$

la temperatura T2, se calcula a partir de la conocida relación para procesos isentropicos (*politropicos*).

$$T_2 := T_1 \cdot \left(\frac{p_i}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \quad \implies \quad T_2 = 390.974 \text{ K}$$

finalmente igualando 1 y 2 y despejando la masa del agua se tiene:

$$m_{\text{agua}} := \frac{c_p \cdot m \cdot (T_2 - T_i)}{c \cdot \Delta T} \quad m_{\text{agua}} = 1.857 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$m_{\text{agua}} := 111.44 \frac{\text{kg}}{\text{min}}$$