



Examen - INTRODUCCIÓN A LA TERMODINÁMICA

23 de julio del 2024

Ejercicio 1

Un dispositivo cilindro pistón de 20 cm de diámetro está conectado, a través de una válvula, a una tubería por la que fluye vapor de agua a 160°C y calidad 0,9. Inicialmente la válvula se encuentra cerrada, dentro del cilindro hay agua líquida saturada a 110°C y el pistón se encuentra a 20 cm del fondo, en equilibrio con la atmósfera de presión 1 bar.

- a) Indique cuánto vale la presión inicial y determine la masa del agua dentro del cilindro.
- b) Halle la masa del pistón.
- c) ¿Cuánto vale la energía interna específica del agua dentro del cilindro y la entalpía específica del vapor que circula por la tubería?

En determinado momento se abre la válvula, permitiendo que ingrese vapor al cilindro, y se vuelve a cerrar cuando el pistón asciende 15 cm desde su posición inicial.

- d) Considerando que el proceso dentro del cilindro es a presión constante, calcule el trabajo realizado por el agua contra el pistón.
- e) Plantee balances de masa y energía al cilindro indicando las variables desconocidas.
- f) Halle la calidad del estado final dentro del cilindro.

Nota: Admitir que el cilindro y el pistón son adiabáticos.

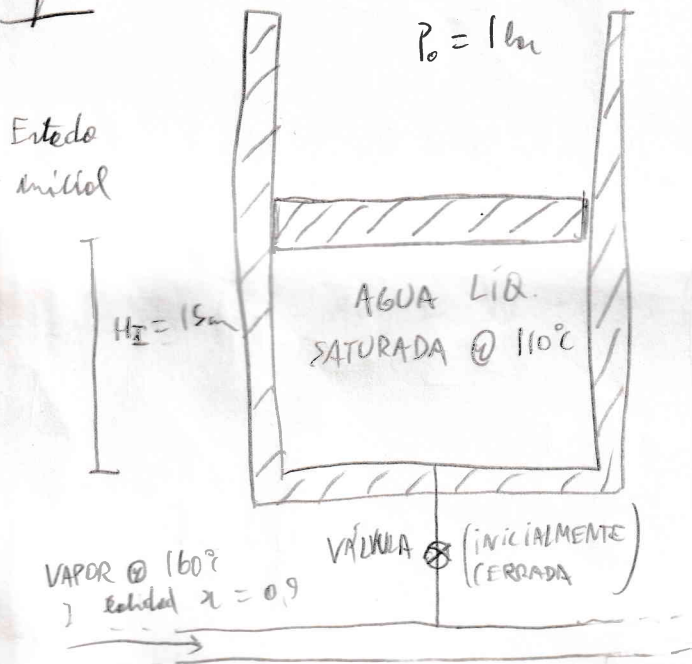
Ejercicio 2

Una turbina de gas adiabática expande CO_2 a 15 bar y 200°C hasta una presión de 1 bar. La temperatura a la salida de la turbina es 45 °C. El flujo másico en la turbina es de 7.200 kg/h.

- a) Determine la potencia generada en la turbina en kW.
- b) Halle el rendimiento isentrópico de la turbina.
- c) Calcule la generación de entropía en W/K.
- d) Represente el proceso del CO_2 en un diagrama T-s.

1/4

E1:



② $P_I = P_{atm} @ 110^\circ \Rightarrow P_I = 1,433 \text{ bar}$

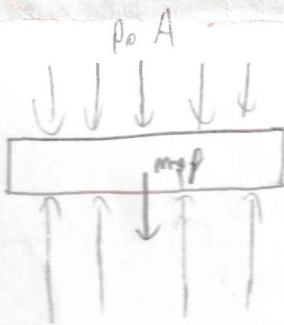
$m_I = \frac{V_I}{v_I} = \frac{6,283 \times 10^{-3}}{1,0516 \times 10^{-3}} \Rightarrow m_I = 5,97$

$V_I = A H_I = 3,142 \times 10^{-2} \cdot 0,2 \Rightarrow V_I = 6,283 \times 10^{-3}$

$A = \frac{\pi \phi^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,2^2}{4} \Rightarrow A = 3,142 \times 10^{-2}$

$v_I = v_f @ 110^\circ \text{C} = 1,0516 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$

②



$p_0 A + m_p g = P_I A \Rightarrow m_p = \frac{(P_I - p_0) A}{g}$

$\Rightarrow m_p = \frac{43300,3,142 \times 10^{-2}}{9,8} \Rightarrow m_p = 1398 \text{ kg}$

③ $h_r = h_f @ 110^\circ \text{C} + x h_{fg} @ 110^\circ \text{C} = 675,55 + 0,9 \cdot 2082,6 \Rightarrow h_r = 2549,89 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$m_I = m_f @ 110^\circ \text{C} \Rightarrow m_I = 461,14 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$

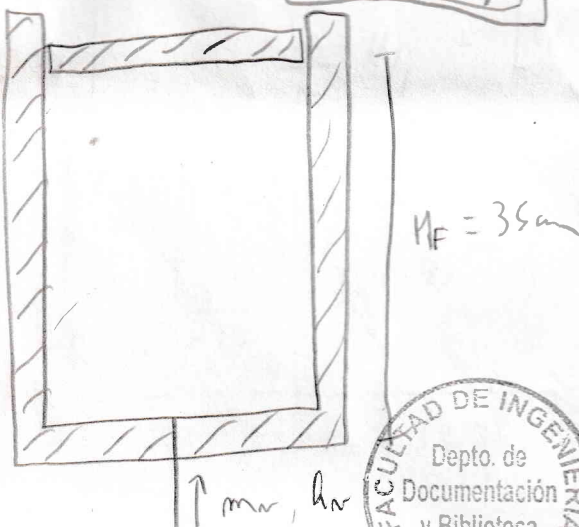
④ $W = P \Delta V = P_I (V_F - V_I)$

$V_F = A H_F = 3,142 \times 10^{-2} \cdot 0,35 \Rightarrow V_F = 1,0997 \times 10^{-2}$

$\Rightarrow W = 1433 (1,0997 \times 10^{-2} - 6,283 \times 10^{-3})$

$= 1433 \cdot 4,714 \times 10^{-3}$

$\Rightarrow W = 6,755 \text{ kJ}$ realizado por el sistema



$$e) \quad m_F = m_I + m_{II} \Rightarrow \boxed{m_{II} = m_F - m_I}$$

$$\Delta U = \overset{0}{Q} - W + m_{II} h_{II} \Rightarrow U_F - U_I = -W + (m_F - m_I) h_{II}$$

$$\Rightarrow m_F u_F - m_I u_I = -W + m_F h_{II} - m_I h_{II}$$

$$\Rightarrow m_F (h_{II} - u_F) = W + m_I (h_{II} - u_I) \Rightarrow \boxed{\frac{V_F}{\dot{m}_F} (h_{II} - \underline{u_F}) = W + m_I (h_{II} - u_I)}$$

$$1) \quad V_F (h_{II} - u_f - \alpha u_{fp}) = [W + m_I (h_{II} - u_I)] (\dot{m}_f + \alpha \dot{m}_{fp})$$

$$\Rightarrow V_F (h_{II} - u_f) - V_F u_{fp} \alpha = [W + m_I (h_{II} - u_I)] \dot{m}_f + [W + m_I (h_{II} - u_I)] \dot{m}_{fp} \alpha$$

$$\Rightarrow \frac{V_F (h_{II} - u_f) - [W + m_I (h_{II} - u_I)] \dot{m}_f}{\dot{m}_f} = \left\{ V_F u_{fp} + [W + m_I (h_{II} - u_I)] \dot{m}_{fp} \right\} \alpha$$

$$\Rightarrow \boxed{\alpha = \frac{V_F (h_{II} - u_f) - [W + m_I (h_{II} - u_I)] \dot{m}_f}{\frac{V_F}{\dot{m}_f} u_{fp} + [W + m_I (h_{II} - u_I)] \frac{\dot{m}_{fp}}{\dot{m}_f}}}$$

$$= \frac{1,0997 \times 10^{-2}}{1,0516 \times 10^{-3}} (2549,89 - 461,14) - (6,755 + 5,975 \cdot 2088,75)$$

$$10,457 \cdot 2456,96 + (6,755 + 12480,28) \cdot \frac{1,2089}{1,0516 \times 10^{-3}}$$

$$= \frac{21842 - 12487}{1429499} = \frac{9355}{1429499} \Rightarrow \boxed{\alpha = 6,51 \times 10^{-4}} = 0,065\%$$



3/4

Ej 2:

CO₂

$$\dot{m} = 7200 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 2 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$(1) \begin{cases} 15 \text{ bar} \\ 200^\circ\text{C} = 473 \text{ K} \end{cases}$$

$$= 396 \text{ K}$$

$$\bar{T} = \frac{T_1 + T_2}{2} = 123^\circ\text{C}$$

$$\begin{cases} C_p = 0,939 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \\ C_v = 0,75 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 1 \text{ bar} \\ 45^\circ\text{C} = 318 \text{ K} \end{cases} (2)$$



$$\textcircled{a} \quad \dot{W} = \dot{m} (h_1 - h_2) = \dot{m} C_p (T_1 - T_2)$$

$$= 2 \cdot 0,939 (200 - 45) = 1,878 \cdot 155$$

$$\boxed{\dot{W} = 291,1 \text{ kW}}$$

$$\textcircled{b} \quad \eta_t = \frac{\dot{W}}{\dot{W}_{ideal}} = \frac{291,1}{354,2} \Rightarrow \boxed{\eta_t = 0,822}$$

$$\dot{W}_{ideal} = \dot{m} (h_1 - h_{2s}) = \dot{m} C_p (T_1 - T_{2s})$$

$$T_{2s} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} T_1 = \left(\frac{1}{15} \right)^{\frac{0,252}{1,252}} 473 = 0,06667^{0,2013} 473 = 0,5798 \cdot 473$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{0,939}{0,75} \Rightarrow \boxed{\gamma = 1,252}$$



$$\Rightarrow \boxed{T_{2s} = 274 \text{ K} = 1^\circ\text{C}}$$

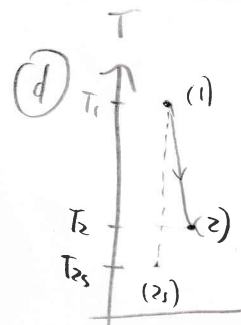
$$\Rightarrow \dot{W}_{ideal} = 2 \cdot 0,89 \cdot (200 - 1) = 1,78 \cdot 199 \Rightarrow \boxed{\dot{W}_{ideal} = 354,2 \text{ kW}}$$

$$\textcircled{c} \quad \dot{S}_{gen} = \dot{m} (s_2 - s_1) = 2 \cdot 0,1389 \Rightarrow \boxed{\dot{S}_{gen} = 278 \frac{\text{W}}{\text{K}}}$$

$$s_2 - s_1 = C_p \log \left(\frac{T_2}{T_1} \right) - R_p \log \left(\frac{p_2}{p_1} \right) = 0,939 \cdot \log \left(\frac{318}{473} \right) - 0,189 \cdot \log \left(\frac{1}{15} \right)$$

$$= 0,939 \cdot \log(0,6723) - 0,189 \cdot \log(0,06667) = 0,939 \cdot (-0,3971) - 0,189 \cdot (-2,708)$$

$$= -0,37288 + 0,511812 \Rightarrow \boxed{s_2 - s_1 = 0,1389 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}}$$



4/4