

Examen - INTRODUCCIÓN A LA TERMODINÁMICA
11 de diciembre del 2023

Ejercicio 1

Un tanque de paredes rígidas, de 10 m^3 de volumen, contiene una mezcla bifásica de agua a 19 bar manométricos, ocupando la mitad del volumen el líquido y la otra mitad el vapor. El tanque contiene dos válvulas, una en su parte superior y otra en la inferior, que inicialmente permanecen cerradas.

- a) Halle la masa de agua, m_1 , su calidad, x_1 , y energía interna total, U_1 .

Suponga que en un momento se abre la válvula superior y se entrega calor al sistema de forma de mantener constante la presión, mientras 300 kg abandonan el tanque.

- b) Determine el estado final, (2), del agua en el tanque, indicando en qué región de los diagramas termodinámicos se encuentra.
- c) Calcule el calor absorbido por el tanque en este proceso.

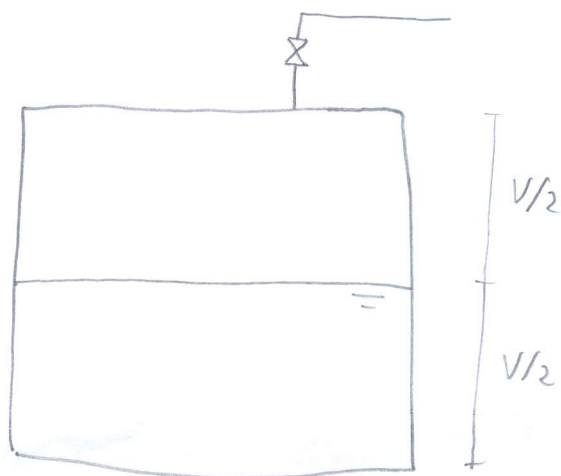
Ahora, en vez de lo anterior, suponga que en lugar de la válvula superior se abre la inferior (partiendo de vuelta de la situación inicial), hasta que la masa se reduce a la mitad.

- d) Calcule el calor absorbido por el tanque en esta situación, necesario para que se mantenga constante la presión durante el proceso.



Ej 1:

$$V = 10 \text{ m}^3$$



$$P = 20 \text{ bar} \Rightarrow T = 212,4^\circ\text{C}$$

$$v_f = 1,1767 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$v_g = 0,09963 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$u_f = 906,41 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$u_g = 2600,3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_f = 908,79 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_g = 2799,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\textcircled{a} \quad m_i = m_{e,i} + m_{r,i} = \frac{V_{e,i}}{v_f} + \frac{V_{r,i}}{v_g}$$

$$= \frac{5}{1,1767} \times 10^3 + \frac{5}{0,09963}$$

$$= 4249,2 + 50,2 \Rightarrow \boxed{m_i = 4299 \text{ kg}}$$

$$x_i = \frac{m_{r,i}}{m_i} = \frac{50,2}{4299} \Rightarrow \boxed{x_i = 0,01168} = 1,168 \%$$

$$u_i = u_f + x_i (u_g - u_f) = 906,44 + 0,01168 \cdot (2600,3 - 906,44)$$

$$= 906,44 + 0,01168 \cdot 1693,86 = 906,44 + 19,78$$

$$\Rightarrow \boxed{u_i = 926,22 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}$$

$$U_i = m_i u_i = 4299 \cdot 926,22 \Rightarrow \boxed{U_i = 3982 \text{ MJ}}$$



$$m_s = 300 \text{ kg} \Rightarrow m_2 = m_1 - m_s = 4299 - 300 \Rightarrow m_2 = 3999 \text{ kg}$$

$$N_2 = \frac{V}{m_2} = \frac{10}{3999} \Rightarrow$$

$$N_2 = 2,501 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

12

$$\Rightarrow N_f < N_2 < N_p \Rightarrow \text{El agua sigue bajo compena.}$$

$$x_2 = \frac{N_2 - N_f}{N_p - N_f} = \frac{(2,501 - 1,1767) \times 10^{-3}}{0,09963 - 1,1767 \times 10^{-3}} = \frac{1,324 \times 10^{-3}}{0,09845} \Rightarrow x_2 = 0,01345 = 1,345\%$$

$$u_2 = u_f + x_2 u_{fp} = 906,44 + 0,01345 \cdot 1693,86 = 906,44 + 22,78 \Rightarrow u_2 = 929,22 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$U_2 = m_2 u_2 = 3999 \cdot 929,22 \Rightarrow U_2 = 3716 \text{ MJ}$$



$$\textcircled{C} \Delta U = Q - m_s h_g \Rightarrow Q = m_s h_g + U_2 - U_1 = 300,2799,54 + (3716 - 3982) \text{ MJ}$$

$$= 840 - 266 \Rightarrow$$

$$Q = 574 \text{ MJ}$$

$$\textcircled{d} m_s = 2149,5 \text{ kg} \Rightarrow m_2 = 2149,5 \text{ kg}$$

$$N_2 = \frac{V}{m_2} = \frac{10}{2149,5} \Rightarrow N_2 = 4,6522 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$\Rightarrow x_2 = \frac{N_2 - N_f}{N_p - N_f} = \frac{(4,6522 - 1,1767) \times 10^{-3}}{0,09845} = \frac{3,4755 \times 10^{-3}}{0,09845} \Rightarrow x_2 = 0,0353 = 3,53\%$$

$$\Rightarrow u_2 = u_f + x_2 u_{fp} = 906,44 + 0,0353 \cdot 1693,86 \Rightarrow$$

$$u_2 = 966,24 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\Rightarrow U_2 = m_2 u_2 = 2149,5 \cdot 966,24 \Rightarrow U_2 = 2077 \text{ MJ}$$

$$Q = m_s h_g - (U_1 - U_2) = 2149,5 \cdot 908,79 - 1905 \cdot 10^3 \Rightarrow Q = 48 \text{ MJ}$$

3/6

Examen - INTRODUCCIÓN A LA TERMODINÁMICA

11 de diciembre del 2023

Ejercicio 2

En una central de generación eléctrica el vapor de agua abandona la caldera a 80 bar y 640°C. Las pérdidas de calor y de carga en la cañería que une la caldera con la turbina provocan que a la entrada de esta última el vapor se encuentre a 75 bar y 600°C.

- a) Calcule el calor perdido en la cañería, por kg de vapor circulante.

La turbina puede considerarse adiabática y a través de la misma el vapor se expande hasta 0,6 bar.

- b) Halle la calidad a la salida de la turbina, si el proceso en la misma fuese reversible.

Considere de ahora en adelante que la turbina tiene una eficiencia adiabática de 0,85.

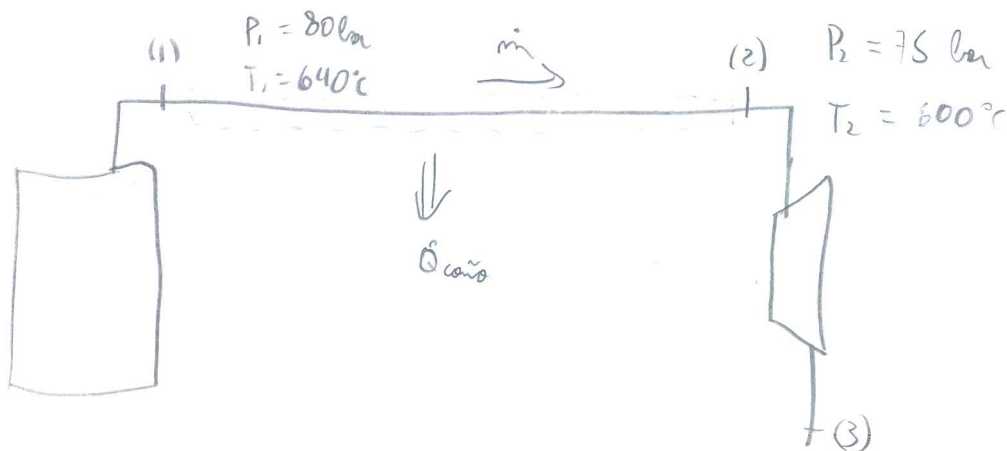
- c) Determine la condición del vapor a la salida de la turbina.

Si el flujo de vapor que atraviesa la turbina es de 25 kg/s:

- d) Calcule la potencia generada en la turbina.
- e) Halle la entropía generada por unidad de tiempo en la turbina.



Ej 2:



$$\textcircled{a} \quad m h_1 = \dot{Q}_{cño} + m h_2 \Rightarrow \dot{Q}_{cño} = m (h_1 - h_2) \Rightarrow \dot{q}_{cño} = h_1 - h_2$$

$$h_1 = 3738,3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_2 = 3646,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\Rightarrow \dot{q}_{cño} = 3738,3 - 3646,1$$

$$\Rightarrow \dot{q}_{cño} = 92,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\dot{Q}_{turbina} = 0 \quad ; \quad m = 25 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad ; \quad P_3 = 0,6 \text{ bar}$$

① Si el proceso es reversible y adiabático $\Rightarrow$ es isentrópico $\Rightarrow$



$$s_2 = 7,0574 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \Rightarrow x_{3s} = \frac{s_2 - s_f}{s_g - s_f} = \frac{7,0574 - 1,1453}{7,5320 - 1,1453} = \frac{5,9121}{6,3867}$$

$$\Rightarrow x_{3s} = 0,9257$$

$$\eta_e = 0,85$$

$$\Rightarrow \eta_e = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_{3s}} \Rightarrow h_3 = h_2 - \eta_e (h_2 - h_{3s})$$

$$h_{3s} = h_f + x_{3s} h_{fg} = 359,86 + \overset{2123,16}{0,9257} \cdot 2293,6 \Rightarrow h_{3s} = 2483,02 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\Rightarrow h_3 = 3646,1 - 0,85 \cdot (3646,1 - 2483,02) = 3646,1 - 0,85 \cdot 1163,08$$

$$= 3646,1 - 988,6 \Rightarrow h_3 = 2657,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\textcircled{d} \dot{W} = \dot{m} (h_2 - h_3) = 25 \cdot (3646,1 - 2657,5) = 25 \cdot 988,6$$

$$\Rightarrow \boxed{\dot{W} = 24,7 \text{ MW}}$$



$$\textcircled{e} 0 = \dot{m} (s_2 - s_3) + \dot{S}_{gen} \Rightarrow \dot{S}_{gen} = \dot{m} (s_3 - s_2)$$

Como $h_3 \simeq h_p @ 0,6 \text{ bar} \Rightarrow s_3 \simeq s_p @ 0,6 \text{ bar} = 7,532 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$
 $(2657,5 \simeq 2653,5)$

$$\Rightarrow \dot{S}_{gen} = 25 \cdot (7,532 - 7,0574) = 25 \cdot 0,4746 \Rightarrow \boxed{\dot{S}_{gen} = 11,9 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}}$$