Pontificia Universidad Católica de Chile
FIS1523 - Termodinámica

Ayudantía Termodinámica n.9

Profesor: Francisco Castillo
Ayudante: Alessandro Santoni - asantoni@uc.cl
Viernes 27 de Mayo de 2022

Problema 1

Un secador de pelo es basicamente un tubo de diametro constante en el cual estan puestos varios resistores electricos, y un pequeño ventilador que empuja aire en el tubo mismo. Si la densidad del aire es de $1.20\,kg/m^3$ al ingresar y de $0.95\,kg/m^3$ al salir, Determinar:

a) El incremento relativo de velocidad del aire al fluir en el secador

b) El incremento relativo de la energía cinetica

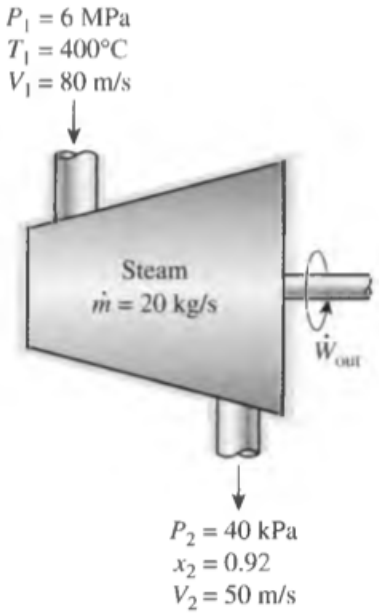
Problema 2

Un globo aerostatico esferico es inicialmente lleno de aire a $120\,kPa$ y $20°C$ con un diametro inicial de $5\,m$. El aire entra en el globo con una velocidad de $3\,m/s$ a través de un foro de diametro de $1\,m$. Cuantos minutos se necesitaran para inflar el globo hasta un diametro de $15\,m$ si la presión y la temperatura del aire siguen constantes?



Problema 3

En una turbina adiabatica fluye continuamente vapor. La propriedas del vapor al ingresar son 6, $400°C$ y $80\,m/s$, y las propriedades de salida son $40\,kPa$, calidad de 92% y $50\,m/s$.



El rate de flujo de masa del vapor es de $20\,kg/s$. Determinar

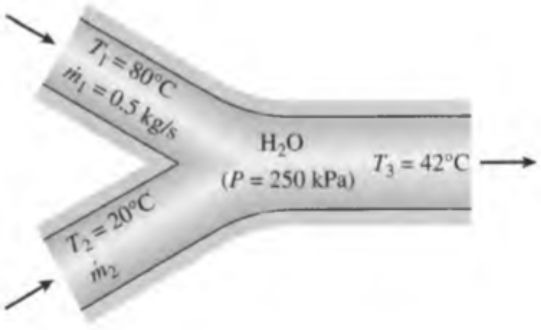
A) El cambio de energía cinetica

B) La potencia producida por la turbina

C) El area de ingreso de la turbina

Problema 4

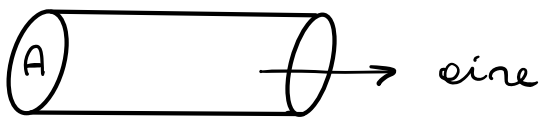
Un flujo de agua caliente a $80°C$ ingresa a una camara de mezcla adiabatica con un rate de flujo de masa de $0.5\,kg/s$, donde se mezcla con un flujo de agua fria a $20°C$. Si se quiere que la mezcla deje la camara a la temeperatura de $42°C$, determinar el rate de flujo de masa de la agua fria. Asumir que la presión de los dos flujos de agua es de $250\,kPa$.



(P1) El flujo de aire a través del secador de pelo es estacionario mientras sigue encendido.

(a) El secador tiene solo un ingreso y una salida. Esto implica que el rate de flujo de masa el ingreso $\dot{m}_1$ es igual al flujo de salida $\dot{m}_2$ (por cada unidad de tiempo si ingresan x kg de aire tiene que salir la misma cantidad siendo que la situación es estacionaria)

$$\dot{m} \equiv \dot{m}_1 \equiv \dot{m}_2$$



Pero observamos que $\dot{m}$ se puede escribir como

$$\dot{m} = \frac{\Delta m}{\Delta t} = \rho \frac{\Delta V}{\Delta t} = \rho A \frac{\Delta x}{\Delta t} = \rho A v$$

Donde la vel:

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 \implies \rho_1 A v_1 = \rho_2 A v_2$$

y finalmente: $\frac{v_2}{v_1} = \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{1.20\ kg/m^3}{0.95\ kg/m^3} = 1.263$

Que representa un incremento:

$$\frac{v_2 - v_1}{v_1} = \frac{v_2}{v_1} - 1 = 0.263 \longrightarrow 26.3\,\%$$

b) El rate de energia cinetica es: $\dot{K} = \frac{1}{2}\dot{m}V^2$ siendo que la configuración de velocidades a le longa del secodor

Entences tenemos:

$$\frac{\dot{K}_2}{\dot{K}_1} = \frac{\frac{1}{2}\dot{m}_2 V_2^2}{\frac{1}{2}\dot{m}_1 V_1^2} = \frac{V_2^2}{V_1^2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 = (1.263)^2 = 1.595$$

que lleva a un incremento de la energia cinetica del aire de:

$$\frac{\dot{K}_2 - \dot{K}_1}{\dot{K}_1} = \frac{\dot{K}_2}{\dot{K}_1} - 1 = 0.595 \longrightarrow 59{,}5\,\%$$

(P2) La constante R del aire es: $R = 0.287\ kPa \cdot m^3/kg \cdot K$

↓

Suponendo que el aire sea un gas ideal podemos encontrar el volumen especifico del aire en el globo:

$$v = \frac{RT}{P} = \frac{(0.287\ kPa \cdot m^3/kg \cdot K)(20+273)K}{120\ kPa} = 0.701\ m^3/kg$$

Donde esto podemos encontrar el rate de flujo de masa al ingresa del globo:

$$\dot{m} = \frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{\rho A_1 \Delta x}{\Delta t} = \rho A_1 v = \frac{1}{v} A_1 v =$$

$$= \frac{1}{v} \pi \left(\frac{D_f}{2}\right)^2 v = \frac{\pi}{0.701\ m^3/kg} \left(\frac{1.0m}{2}\right)^2 3\ m/s = 3.362\ kg/s$$

mientraes que la masa inicial y final el interior del globo seren:

$$m_i = \frac{V_i}{v} = \frac{1}{v} \frac{4}{3}\pi \left(\frac{D_i}{2}\right)^3 = \frac{1}{v} \frac{\pi}{6} D_i^3 = \frac{\pi (5m)^3}{6 \cdot (0.701\ m^3/kg)} = 93.39\ kg$$

$$m_f = \frac{V_f}{v} = \frac{1}{v} \frac{\pi}{6} D_f^3 = \frac{\pi (15m)^3}{6(0.701\ m^3/kg)} = 2522\ kg$$

Entonces, la cantidad de masa que ingresa en el globo es: $m_f - m_i = 2522\,kg - 93.39\,kg = 2428,61\,kg$

Finalmente podemos calcular el tiempo necesario para llegar a la situación final:

$$\Delta t = \frac{\Delta m}{\dot{m}} = \frac{2428,61\,kg}{3.362\,kg/s} = 722\,s = 12\,min$$

P3) Estamos considerando un proceso estacionario el interior de una turbina. Notar que podemos despreciar el intercambio de calor (adiabatico) y la diferencia de energia potencial.

a) Desde la tabla de vapor (A-4 / A-6 del CENGEL)

$$\left.\begin{aligned} P_1 &= 6\ MPa \\ T_1 &= 400^\circ C \end{aligned}\right\} : \begin{aligned} v_1 &= 0.0474\ m^3/kg \\ h_1 &= 3178.3\ kJ/kg \end{aligned}$$

$$\left.\begin{aligned} P_2 &= 40\ kPa \\ x_2 &= 0.92 \end{aligned}\right\} : h_2 = h_f + x\,h_{fg} = \left(317.62 + 0.92 \times 2392.1\right) kJ/kg =$$

$$= 2318.5\ kJ/kg$$

Entonces, podemos calcular el cambio de energia cinetica por unidad de masa entre el ingreso y salida de la turbina ($k = \frac{K}{m} = \frac{1}{2}v^2$)

$$\Delta k = \frac{1}{2}v_2^2 - \frac{1}{2}v_1^2 = \frac{1}{2}\left((50\ m/s)^2 - (80\ m/s)^2\right) = -1,95\ kJ/kg$$

b) Hay solo una entrada y una salida $\Rightarrow \dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}$

Tomando la turbina como volumen de control, el balance del rate energetico será, siendo un sistema estacionario:

$$\dot{E}_{in} - \dot{E}_{out} = 0 \longrightarrow \dot{E}_{in} = \dot{E}_{out}$$

entonces, siendo:

$$\begin{cases} \dot{E}_{in} = \dot{m} h_1 + \frac{1}{2}\dot{m} v_1^2 \\ \dot{E}_{out} = \dot{m} h_2 + \frac{1}{2}\dot{m} v_2^2 + \dot{W} \end{cases}$$

NOTA: $\dot{Q} = \dot{U} = 0$

$\dot{W}$: Potencia en output

$$\Rightarrow \dot{m}\left(h_1 + \frac{v_1^2}{2}\right) = \dot{m}\left(h_2 + \frac{v_2^2}{2}\right) + \dot{W}$$

De la cual:

$$\dot{W} = -\dot{m}\left(h_2 - h_1 + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2}\right) =$$

$$= -(20\,kg/s)(2318.5\,kJ/kg - 3178.3\,kJ/kg - 1.95\,kJ/kg) =$$

$$= 14.6\,MW$$

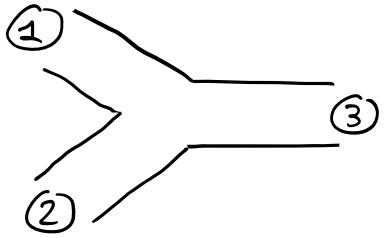
c) El area de impresa se puede determinar a partir del rate de flujo de masa $\dot{m}$:

$$\dot{m} = \frac{1}{v_1} A_1 v_1 \rightarrow A_1 = \frac{\dot{m} v_1}{v_1} = \frac{(20 kg/s)(0.0474 m^3/kg)}{80 m/s} = 0.0119 m^2$$

(P4) Suponemos que la estacionariedad implique que todas las propriedades del fluido se mantengan constante y que los cambios de energía cinetica y potencial sean despreciables.

Notamos que a la preión de 250kPa la temperatura de saturación es de 127.42°C

↳ Entonces en los tres flujos el agua existirá como liquido comprimido, que se puede aproximar como liquido saturado a la temperatura dada:



$$h_1 \sim h_{f,80°C}^{SAT} = 335.02 \text{ kJ/kg}$$
$$h_2 \sim h_{f,20°C}^{SAT} = 83.915 \text{ kJ/kg}$$
$$h_3 \sim h_{f,42°C}^{SAT} = 175.90 \text{ kJ/kg}$$

Claramente, por la configuración del sistema y la estacionariedad, tenemos:

$$\begin{cases} \dot{m}_1 + \dot{m}_2 = \dot{m}_3 \\ \dot{E}_{in} = \dot{E}_{out} \end{cases}$$

donde, con todos los casos que despreciamos

$$\dot{E}_{in} = \dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 \quad y \quad \dot{E}_{out} = \dot{m}_3 h_3$$

De lo cual

$$\begin{cases} \dot{m}_1 + \dot{m}_2 = \dot{m}_3 \\ \dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 = \dot{m}_3 h_3 \end{cases}$$

Resolviendo por $\dot{m}_2$

$$\Rightarrow \dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 = (\dot{m}_1 + \dot{m}_2) h_3 \;;$$

$$\dot{m}_1 h_1 - \dot{m}_1 h_3 = \dot{m}_1 (h_1 - h_3) = \dot{m}_2 h_3 - \dot{m}_2 h_2 = \dot{m}_2 (h_3 - h_2)$$

y finalmente:

$$\dot{m}_2 = \dot{m}_1 \frac{h_1 - h_3}{h_3 - h_2} = (0.5 \text{ kg/s}) \frac{335.02 - 175.90}{175.90 - 83.915} = 0.865 \text{ kg/s}$$