Pontificia Universidad Católica de Chile
Escuela de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Química y Bioprocesos
IIQ1003 - Termodinámica

Control 2

Fecha: XX

Este control es de carácter **individual**. Todas sus respuestas deben estar debidamente ordenadas, legibles y tener su respectivo desarrollo. Respuestas sin fundamento o que no sean legibles no serán corregidas y serán evaluadas con la nota mínima.**Todas sus respuestas deben estar con sus signos y unidades correspondientes vistas en el curso.**

P1) **(6 puntos)** Se tiene un ciclo de Carnot que se realiza con 10 kg de agua en un arreglo de cilindro pistón. Al inicio de la expansión isotérmica la temperatura es 250°C y la calidad es de 80 %. La expansión isotérmica continua hasta que la presión alcanza 2 MPa. Además se sabe que la expansión adiabática lleva el agua hasta 175°C.

a) **(3 pts)** Calcule la entropía y energía interna especifica de cada estado.

b) **(1.5 pts)** Determine el trabajo y calor para cada proceso, el trabajo total y el calor total ingresado y rechazado.

c) **(0.5 pts)** Calcule la eficiencia térmica.

d) **(1 pts)** Realice un diagrama T-S denotando los procesos.

Solución

a) Primero se caracterizan los estados:

Estado 1: A $T_1 = 250°\text{C}$ y $x_1 = 0.8$:

$$u_1 = x_1 u^V + (1 - x_1) u^L = 2299 \text{ kJ/kg}$$
$$s_1 = x_1 s^V + (1 - x_1) s^L = 5.4169 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$$

Estado 2: Como es isotérmico, $T_2 = T_1 = 250°\text{C}$ y $P_2 = 20$ bar, por interpolación en VSC:

$$u_2 = 2678.8 \text{ kJ/kg}$$

$$s_2 = 6.5421 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$$

Estado 3: Como es adiabático reversible $s_3 = s_2 = 6.5421$ y $T_3 = 175$ °C, luego se debe interpolar y luego sacar usar la regla de la palanca. A 175°C:

$$s^V = 6.626 \quad s^L = 2.09075 \quad u^V = 2580.1 \quad u^L = 740.21$$

Luego se saca la calidad y la energía interna:

$$x_3 = \frac{s_3 - s^L}{s^V - s^L} = 0.9815$$

$$u_3 = x_3 u^V + (1 - x_3) u^L = 2546.1 \text{ kJ/kg}$$

Estado 4: Como es isotérmico, $T_4 = T_3 = 175$°C y además el proceso 4-1 es adiabático, $s_4 = s_1 = 5.4169$ Se obtiene nuevamente por regla de la palanca:

$$x_4 = \frac{s_4 - s^L}{s^V - s^L} = 0.7334$$

$$u_4 = x_4 u^V + (1 - x_4) u^L = 2089.6 \text{ kJ/kg}$$

b) Para el trabajo y calor en cada proceso:

Proceso 1-2: Como es un calentamiento isotérmico (Recordar pasar la T a Kelvin)

$$Q_{12} = T_1 \int dS = m \cdot T_1 (s_2 - s_1) = 5886 \text{ kJ}$$

$$\Delta U_{12} = m(u_2 - u_1) = 3798 \text{ kJ}$$

$$W_{12} = \Delta U - Q = -2088 \text{ kJ}$$

Proceso 2-3: Como es una expansión adiabática reversible:

$$Q_{23} = 0$$

$$W_{23} = \Delta U_{23} = m(u_3 - u_2) = -1327 \text{ kJ}$$

Proceso 3-4: Como es un enfriamiento isotérmico (Recordar pasar la T a Kelvin)

$$Q_{34} = T_3 \int dS = m \cdot T_3(s_4 - s_3) = -5042.1 \text{ kJ}$$

$$\Delta U_{34} = m(u_4 - u_3) = -4565 \text{ kJ}$$

$$W_{34} = \delta U - Q = 477.1 \text{ kJ}$$

Proceso 4-1: Como es una compresión adiabática reversible:

$$Q_{41} = 0$$

$$W_{41} = \Delta U_{41} = m(u_1 - u_4) = 2094 \text{ kJ}$$

Luego para el trabajo total, calor ingresado y calor retirado:

$$W_T = -843.9 \text{ kJ}$$

$$Q_{in} = 5886 \text{ kJ}$$

$$Q_{out} = -5042.1 \text{ kJ}$$

c) Para la eficiencia térmica

Forma 1:

$$\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{175 + 273.15}{250 + 273.15} = 14.3\,\%$$

Forma 2:

$$\eta = \frac{-W}{Q_{in}} = 14.3\,\%$$

d)

e.

