

INGENIARITZA TERMIKOA

1. Problema

2018ko urtarrilaren 19a

(40 puntu)

Iraupena: 75 minutu

Zilindro–pistoia ontzi baten barnean 0.5 kg aire daude, 1.5 bar eta 20 °C-tan. Aireak 400 °C-ko temperatura konstantean mantentzen den foku termiko batekin beroa truka dezake. Prozesu isoterma baten bidez airearen bolumena handitzen da, hasierakoa baino 0.5 aldiz handiagoa izan arte. Ondokoa kalkulatu behar da:

1. Prozesuaren bukaerako egoeraren ezaugarriak: P, V, T, **bar**, **m³**, **°C**. (4 ptu)
2. Prozesuan trukaturako beroa, **kJ**. (4 ptu)
3. Pistoiaren ganean egindako lana, **kJ**. (4 ptu)
4. Airean gertatzen den entropia aldaketa, **kJ/K**. (4 ptu)
5. Prozesuan agertzen den entropia sorrera, **kJ/K**. (4 ptu)

Ontziari irabiatze-gailu bat gehitzen zaio. Honek sisteman lana disipatzen du. Irabiatze gailu gehitu eta gero ontzian bero galerak agertzen dira, 10 °C-tan dagoen kanpoko ingurunerantz. Galera hauek sisteman sartzen den energiaren (beroa + lana) % 10 zenbatzen dute. Aurreko atalean adierazitako hasierako baldintzak abiapuntua harturik, sistema bukaerako presio berdinerara ere helarazi nahi da. Hala ere, kasu honetan, foku beroarekin kontaktuan egoteaz gain, irabiatze-gailuak 2 kJ disipatuko ditu prozesuan. Prozesua $P \cdot V^{1.3} = \text{cte}$ espresioaren bidez defini daitezke jakinda, ondokoa eskatzen da:

6. Pistoiak egindako lana, **kJ**. (4 ptu)
7. Airean gertatzen den entropia aldaketa, **kJ/K**. (4 ptu)
8. Prozesuan agertzen den entropia sorrera, **kJ/K**. (4 ptu)
9. Bi prozesuak, PV eta TS diagrametan adieraztea. (4 ptu)
10. Bigarren kasu honetan, irabiatze gailua pizten ez bada, agertzen den entropia sorrera handiago ala txikiagoa izango da? (4 ptu)

Oharrak:

Airearen masa molekularra $M_{\text{air}} = 28.97 \text{ g/mol}$.

Airearen bero espezifikoa prozesu osoan konstante mantentzen dela har daiteke. Hori definitzeko $C_v = 5/2 \cdot R_{\text{air}}$ eta $C_p = 7/2 \cdot R_{\text{air}}$ adierazpenak erabili daitezke.

Emaizak, ariketaren hasieran agertuko den taula batean adierazi behar dira.

INGENIERÍA TÉRMICA

Problema 1

19 de enero de 2018

(40 puntos)

Duración: 75 minutos

Se han introducido 0.5 kg de aire en un recipiente cilindro-pistón cerrado a 1.5 bar de presión y 20 °C. El aire puede intercambiar calor con un foco térmico a 400 °C. Mediante un proceso isoterma, el aire incrementa su volumen hasta que este es 0.5 veces superior al inicial. Se pide calcular:

1. Propiedades del estado final: P,V,T, **bar**, **m³**, **°C**. (4 ptos)
2. Trabajo realizado sobre el pistón, **kJ**. (4 ptos)
3. Calor intercambiado en el proceso, **kJ**. (4 ptos)
4. Variación de la entropía del aire, **kJ/K**. (4 ptos)
5. Creación de entropía durante el proceso, **kJ/K**. (4 ptos)

Al recipiente se le añade un dispositivo agitador que disipa trabajo en el sistema. Debido a la incorporación de este dispositivo, el recipiente presenta ahora unas pérdidas de calor al exterior, que se mantiene a una temperatura de 10 °C, del 10% de la energía total absorbida por el sistema (calor + trabajo). Partiendo de las condiciones iniciales indicadas en el caso anterior, se quiere llegar a la misma presión final, pero en este caso, además de poner el aire en contacto con el foco caliente, se acciona el agitador que suministra 2 kJ al sistema durante el proceso. Suponiendo que el proceso se puede definir mediante la expresión $P \cdot V^{1.3} = \text{cte}$, se pide calcular:

6. Trabajo realizado sobre el pistón, **kJ**. (4 ptos)
7. Variación de la entropía del aire, **kJ/K**. (4 ptos)
8. Creación de entropía durante el proceso, **kJ/K**. (4 ptos)
9. Representar ambos procesos en un diagrama PV y en un diagrama Ts. (4 ptos)
10. Si en este segundo caso no se activa el agitador ¿la creación de entropía será mayor o menor que cuando se activa? Dar una breve justificación. (4 ptos)

Notas:

Masa molecular aire $M_{\text{air}} = 28.97 \text{ g/mol}$.

Se supone que el calor específico del aire se mantiene constante durante todo el proceso y viene dado por las expresiones $C_v = 5/2 \cdot R_{\text{air}}$, $C_p = 7/2 \cdot R_{\text{air}}$.

Los resultados se deben expresar en una tabla al inicio del ejercicio.

$$R = 8,314$$

$$M_{\text{air}} = 28,97 \quad \text{Molecular mass of the air: } MW = \text{molarmass}(\text{Air}_{\text{na}})$$

$$R_{\text{air}} = \frac{R}{M_{\text{air}}} \rightarrow R_{\text{air}}$$

$$C_v = 5 / 2 \cdot R_{\text{air}} \quad \text{kJ/kgK}$$

$$m = 0,5 \quad \text{kg, air mass}$$

$$T_{\text{heatC}} = 400$$

$$T_{\text{heat}} = T_{\text{heatC}} + 273$$

$$T_{\text{lossC}} = 10$$

$$T_{\text{loss}} = T_{\text{lossC}} + 273$$

State definition

1st state

$$P_1 = 150 \quad \text{kPa}$$

$$T_1 = 20 + 273 \quad \text{K}$$

$$P_1 \cdot V_1 = m \cdot R_{\text{air}} \cdot T_1 \rightarrow V_1 \quad \text{m}^3$$

2nd state

$$V_2 = 1,5 \cdot V_1$$

$$T_2 = T_1$$

In an Isothermal process $P \cdot V = \text{cte}$

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 \rightarrow P_2$$

Work made by the process

$$W_{12} = m \cdot R_{\text{air}} \cdot T_1 \cdot \ln \left[\frac{V_2}{V_1} \right] \rightarrow W_{12}, \text{kJ}$$

By applying thermodynamic 1st Law

$$\Delta U_{12} = m \cdot C_v \cdot (T_2 - T_1)$$

$$\Delta U_{12} = Q_{12} - W_{12} \rightarrow Q_{12}, \text{kJ}$$

Entropy variation of the air

$$\Delta S_{12} = m \cdot \left[C_v \cdot \ln \left[\frac{T_2}{T_1} \right] + R_{\text{air}} \cdot \ln \left[\frac{V_2}{V_1} \right] \right]$$

Entropy creation during the process: sigma

$$\Delta S_{12} = \frac{Q_{12}}{T_{\text{heat}}} + \sigma_{12}$$

Proceso B 1->3

$$k = 1,3$$

1st state: V_1, P_1, T_1

3rd state: V_3, P_3, T_3

$$P_3 = P_2$$

$$P_1 \cdot V_1^k = P_3 \cdot V_3^k \rightarrow V_3$$

$$P_3 \cdot V_3 = m \cdot R_{\text{air}} \cdot T_3 \rightarrow T_3$$

Work made by the process

$$W_{13} = \frac{P_3 \cdot V_3 - P_1 \cdot V_1}{1 - k}$$

By applying thermodynamic 1st Law

$$\Delta U_{13} = m \cdot C_v \cdot (T_3 - T_1)$$

$$W_{\text{in}} = -2$$

$$Q_{13\text{loss}} = -0,1 \cdot (Q_{13} - W_{\text{in}})$$

$$Q_{13\text{lossnowork}} = -0,1 \cdot Q_{13\text{nowork}}$$

$$\Delta U_{13} = Q_{13} + Q_{13\text{loss}} - (W_{13} + W_{\text{in}}) \rightarrow Q_{13}$$

$$\Delta U_{13} = Q_{13\text{nowork}} + Q_{13\text{lossnowork}} - W_{13} \rightarrow Q_{13\text{nowork}}$$

Entropy variation in the air

$$\Delta S_{13} = m \cdot \left[C_v \cdot \ln \left[\frac{T_3}{T_1} \right] + R_{\text{air}} \cdot \ln \left[\frac{V_3}{V_1} \right] \right]$$

Entropy creation during the process: σ_{13}

$$\Delta S_{13} = \frac{Q_{13}}{T_{\text{heat}}} + \frac{Q_{13\text{loss}}}{T_{\text{loss}}} + \sigma_{13}$$

$$\Delta S_{13} = \frac{Q_{13\text{nowork}}}{T_{\text{heat}}} + \frac{Q_{13\text{lossnowork}}}{T_{\text{loss}}} + \sigma_{13\text{nowork}}$$

So, as expected, the entropy creation is smaller in nowork process

SOLUTION

Unit Settings: SI C kPa kJ mass deg

$C_v = 0,7175$

$\Delta S_{13} = 0,01119$

$\Delta U_{13} = -9,389$

$m = 0,5$

$P_1 = 150$

$P_3 = 100$

$Q_{13} = 1,477$

$Q_{13\text{lossnowork}} = -0,3477$

$R = 8,314$

$\sigma_{12} = 0,03285$

$\sigma_{13\text{nowork}} = 0,007251$

$T_2 = 293$

$T_{\text{heat}} = 673$

$T_{\text{loss}} = 283$

$V_1 = 0,2803$

$V_3 = 0,3829$

$W_{13} = 12,52$

$\Delta S_{12} = 0,05818$

$\Delta U_{12} = 0$

$k = 1,3$

$M_{\text{air}} = 28,97$

$P_2 = 100$

$Q_{12} = 17,05$

$Q_{13\text{loss}} = -0,3477$

$Q_{13\text{nowork}} = 3,477$

$R_{\text{air}} = 0,287$

$\sigma_{13} = 0,01022$

$T_1 = 293$

$T_3 = 266,8$

$T_{\text{heatC}} = 400$

$T_{\text{lossC}} = 10$

$V_2 = 0,4204$

$W_{12} = 17,05$

$W_{\text{in}} = -2$

No unit problems were detected.

Arrays Table: Main

	P_i	T_i	V_i
1	150	293	0,2803
2	100	293	0,4204
3	100	266,8	0,3829

