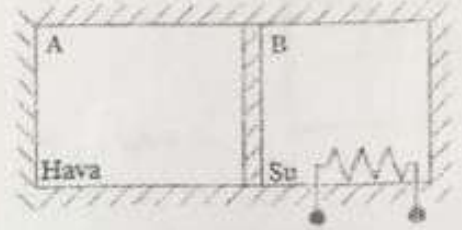


Bursa Uludağ Üniversitesi
Makine Mühendisliği Bölümü MAK2007 Termodinamik I Dersi
Final Sınavı

15.01.2024

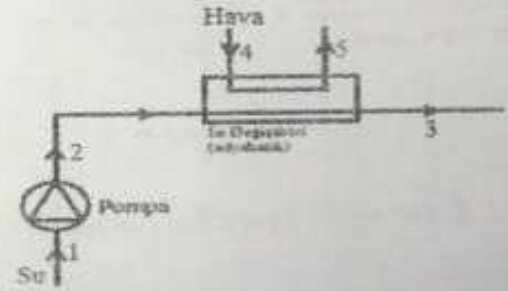
Süre: 100 dak. Sınavda kitap, ders notu vb. kullanmak serbest olup not alışverişi yasaktır. 17:00

1.(30P): 100 litre hacminde kapalı adyabatik bir silindir sürtünmesiz, sızdırmaz, ısı iletmeyen ve kütlesi ve kalınlığı ihmal edilebilir bir pistonla iki hacme bölünmüştür. A bölümünde 70 litre hacminde 300 K sıcaklıkta hava olup izantropik olarak hal değiştirmektedir. B bölümünde ise 200 kPa basınçta 30 litre hacminde 1.5 kg su bulunmaktadır. B bölümüne basınç 10 bar oluncaya kadar elektrik ile enerji verilmektedir. Çevre sıcaklığı 300 K olduğuna göre;



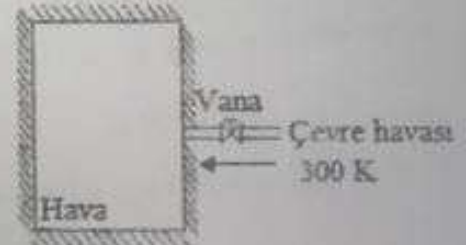
- A ve B bölümündeki hal değişimini T-S diyagramında gösteriniz. A bölümündeki kütleyi hesaplayınız.
- Her iki bölgede yapılan ısı ve iş alışverişlerini ve toplam değerlerini hesaplayınız.
- Hal değişimleri sonucu net entropi üretimini hesaplayınız.

2.(35P): İç verimi %80 olan bir pompa ile 2 kg/s debisinde 1 bar basınçta 80 °C sıcaklıkta suyun basıncı 10 bar değerine sıkıştırıldıktan sonra sabit basınçta gövde-boru tip adyabatik ısı değiştiricisinden geçerek sıcaklığı 200 °C olmaktadır. Isı değiştiricinin gövde tarafına 300 °C sıcaklıkta giren hava 150 °C sıcaklıkta ısı değiştiricisinden çıkmaktadır. Hal değişimi sabit basınçta olup çevre sıcaklığı 300 K değerinde olduğuna göre;



- Her iki akışkan için olayı T-S diyagramında gösteriniz ve havanın debisini hesaplayınız.
- Her iki akışkan tarafından yapılan ısı ve iş alışverişlerini hesaplayınız.
- Hal değişimleri sonucu net entropi üretimini hesaplayınız.

3.(35P): 200 litre hacminde rijit bir silindir içinde 20 kPa basınçta 300 K sıcaklıkta hava bulunmaktadır. 300 K sıcaklıkta çevre havası silindir üzerinde bulunan bir vana açılarak silindir içine dolmaktadır. Silindir içindeki basınç 80 kPa olduğunda vana kapatılmaktadır. Silindir adyabatik kabul edilebilir. Buna göre;



- Silindire giren hava kütlesini hesaplayınız.
- Hal değişimi sırasında yapılan ısı ve iş alışverişini ve hal değişimi sonu sıcaklığı hesaplayınız.
- Hal değişimi sonucu net entropi üretimini hesaplayınız.

Başarılar dileriz.

Prof. Dr. Atakan AVCI

Prof. Dr. Erhan PULAT

Prof. Dr. Nurettin YAMANKARADENİZ

1. Sorunun cevabı :

A bölümü (hava)

1.hal $\xrightarrow{P.V^{1.4}=sbt}$ 2.hal

$P_1 = 2 \text{ bar}$ $P_2 = 10 \text{ bar}$

$V_1 = 70 \text{ litre}$ $m = sbt$

$T_1 = 300 \text{ K}$

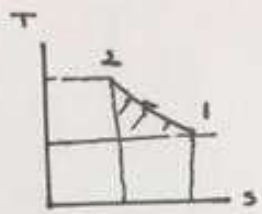
$$m_h = \frac{P_1 \cdot V_1}{R \cdot T_1} = \frac{200 \text{ kPa} \cdot 0.07 \text{ m}^3}{0.287 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 300 \text{ K}} = 0.1626 \text{ kg}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \rightarrow \frac{T_2}{300 \text{ K}} = \left(\frac{10}{2} \right)^{\frac{1.4-1}{1.4}} \rightarrow T_2 = 475 \text{ K}$$

$$V_2 = \frac{m \cdot R \cdot T_2}{P_2} = \frac{0.1626 \text{ kg} \cdot 0.287 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 475 \text{ K}}{1000 \text{ kPa}} = 0.0222 \text{ m}^3 = 22.2 \text{ litre}$$

$Q_{12} = 0$ adiabatik

$$W_{12} = \frac{P_2 \cdot V_2 - P_1 \cdot V_1}{1-n} = \frac{m \cdot R \cdot (T_2 - T_1)}{1-k} = \frac{0.1626 \text{ kg} \cdot 0.287 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (475 - 300)}{1-1.4} = -20.4 \text{ kJ}$$



B bölümü

$P_1 = 200 \text{ kPa}$

$V_1 = \frac{0.03 \text{ m}^3}{1.5 \text{ kg}} = 0.02 \text{ m}^3/\text{kg}$

$T_1 = 120.25^\circ \text{C}$

$V_{s1} = 0.0010608 \text{ m}^3/\text{kg}$

$V_{b1} = 0.8894 \text{ m}^3/\text{kg}$

$$x_1 = \frac{V_1 - V_s}{V_b - V_s} = \frac{0.02 - 0.0010608}{0.8894 - 0.0010608} = 0.0214$$

$u_{s1} = 504.48 \text{ kJ/kg}$

$u_{b1} = 2529.22 \text{ kJ/kg}$

$u_1 = u_s + x \cdot (u_b - u_s) = 504.48 + 0.0214 \cdot (2529.22 - 504.48) = 547.8 \text{ kJ/kg}$

$s_{s1} = 1.5301 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$

$s_{b1} = 7.1268 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$

$s_1 = s_s + x \cdot (s_b - s_s) = 1.5301 + 0.0214 \cdot (7.1268 - 1.5301) = 1.65 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$

$P_2 = 1 \text{ MPa}$

$V_2 = \frac{0.0778 \text{ m}^3}{1.5 \text{ kg}} = 0.052 \text{ m}^3/\text{kg}$

$T_2 = 179.58^\circ \text{C}$

$V_{s2} = 0.0011274 \text{ m}^3/\text{kg}$

$V_{b2} = 0.1943 \text{ m}^3/\text{kg}$

$$x_2 = \frac{V_2 - V_s}{V_b - V_s} = \frac{0.052 - 0.0011274}{0.1943 - 0.0011274} = 0.2634$$

$u_{s2} = 761.48 \text{ kJ/kg}$

$u_{b2} = 2581.9 \text{ kJ/kg}$

$u_2 = u_s + x \cdot (u_b - u_s) = 761.48 + 0.2634 \cdot (2581.9 - 761.48) = 1240.98 \text{ kJ/kg}$

$s_{s2} = 2.1382 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$

$s_{b2} = 6.5828 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$

$s_2 = s_s + x \cdot (s_b - s_s) = 2.1382 + 0.2634 \cdot (6.5828 - 2.1382) = 3.305 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$

$\sum W = W_A + W_B = 0$

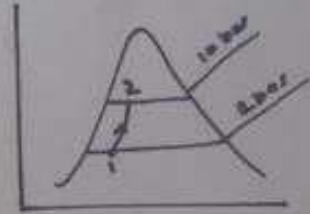
$W_B = -W_A \rightarrow W_B = 20.4 \text{ kJ}$

$Q_B - W_{\text{net}} = m_B \cdot (u_2 - u_1)$

$-(W_B + W_A) = 1.5 \text{ kg} \cdot (1240.98 - 547.8)$

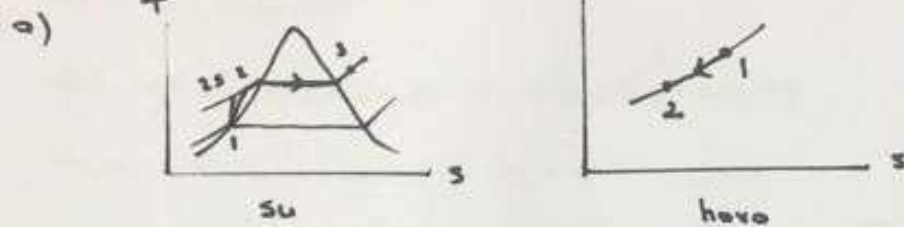
$W_E = -1019.3 \text{ kJ}$

$Q_B = 0$



$$\begin{aligned}
 c) \Delta S_{net} &= m_A \cdot (s_2 - s_1)_A + m_B \cdot (s_2 - s_1)_B - \frac{\dot{Q}_A}{T_A} - \frac{\dot{Q}_B}{T_B} \\
 &= 0.1626 \cdot \left(c_{pO} \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1} \right) + 1.5 \cdot (3.309 - 1.65) \\
 &= 0.1626 \cdot \left(1.0035 \ln \frac{473}{300} - 0.287 \ln \frac{1000}{200} \right) + 1.5 \cdot (3.309 - 1.65) \\
 &= 2.43 \text{ kJ/K}
 \end{aligned}$$

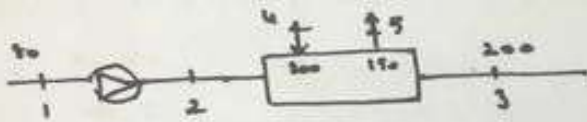
2. Sorunun cevabı :



b) $\gamma = 0.001029 \text{ m}^3/\text{kg}$ (1 bar, 30°C sic.)

$$W_p = -\dot{m} \cdot \gamma \cdot (P_2 - P_1) = -2 \cdot 0.001029 \cdot (1000 - 10) = -1.85 \text{ kJ/s}$$

$$W_p = \frac{W_{ps}}{\eta_p} = \frac{-1.85}{0.80} = -2.31 \text{ kW}$$



$$\dot{Q}_{12} - W_{12} = \dot{m} \cdot (h_2 - h_1)$$

$$\dot{Q}_{12} = \dot{m} \cdot (h_2 - h_1) + W_{12} = 2 \cdot (2826.8 - 335) - 2.31$$

$$\dot{Q}_{12} = 4981.29 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_h - W_h = \dot{m}_h \cdot (h_5 - h_4) = \dot{m}_h \cdot c_{pO} \cdot (T_5 - T_4)$$

$$\dot{Q}_h = \dot{m}_h \cdot 1.0035 \cdot (150 - 300)$$

$$\dot{m}_h = 33.1 \text{ kg/s}$$

$$\begin{aligned}
 c) \Delta S_{net} &= \sum \dot{m}_u \cdot s_u - \sum \dot{m}_g \cdot s_g - \frac{\dot{Q}}{T_A} \\
 &= \dot{m}_{su} \cdot s_3 + \dot{m}_{hava} \cdot s_5 - \dot{m}_{su} \cdot s_1 - \dot{m}_{hava} \cdot s_4 \\
 &= \dot{m}_{su} (s_3 - s_1) + \dot{m}_{hava} \cdot (s_5 - s_4) \\
 &= 2 \cdot (6.6922 - 1.0752) + 33.1 \cdot \left(c_{pO} \ln \frac{T_5}{T_4} - R \ln \frac{P_5}{P_4} \right) \\
 &= 2 \cdot (6.6922 - 1.0752) + 33.1 \cdot \left(1.0035 \ln \frac{423}{573} \right) \\
 &= 1.188 \text{ kW/K} > 0
 \end{aligned}$$

3. Sorunun cevabı :

1. hal
 $V_1 = 0.2 \text{ m}^3$
 $P_1 = 20 \text{ kPa}$
 $T_1 = 300 \text{ K}$

2. hal
 $V_2 = 0.2 \text{ m}^3$
 $P_2 = 80 \text{ kPa}$

$$m_1 = \frac{P_1 \cdot V_1}{R \cdot T_1} = \frac{20 \text{ kPa} \cdot 0.2 \text{ m}^3}{0.287 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 300 \text{ K}} = 0.0465 \text{ kg}$$

$$m_2 \cdot T_2 = \frac{P_2 \cdot V_2}{R} = \frac{80 \text{ kPa} \cdot 0.2 \text{ m}^3}{0.287 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}} = 55.75 \text{ kg}$$

$$Q_{12} = 0$$

$$W_{12} = 0$$

$$m_2 - m_1 = m_g - \cancel{m_g}$$

$$\cancel{Q_{12}} - \cancel{W_{12}} = m_2 \cdot u_2 - m_1 \cdot u_1 + \cancel{m_g \cdot h_g} - m_g \cdot h_g$$

$$m_2 \cdot u_2 - m_1 \cdot u_1 - (m_2 - m_1) \cdot h_g = 0$$

$$m_2 \cdot (u_2 - h_g) = m_1 \cdot (u_1 - h_g) = m_1 \cdot (c_{v0} \cdot T_1 - c_{p0} \cdot T_g)$$

$$m_2 \cdot (c_{v0} \cdot T_2 - c_{p0} \cdot T_g) = 0.0465 \cdot (0.7165 \cdot 300 - 1.0035 \cdot 300)$$

$$55.75 \cdot 0.7165 - 1.0035 \cdot 300 \cdot m_2 = -4 \text{ kJ}$$

$$m_2 = 0.146 \text{ kg}$$

$$m_g = m_2 - m_1 = 0.146 - 0.0465 = 0.0995 \text{ kg}$$

b) $T_2 = \frac{P_2 \cdot V_2}{m_2 \cdot R} = \frac{80 \text{ kPa} \cdot 0.2 \text{ m}^3}{0.146 \text{ kg} \cdot 0.287 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}} = 381.84 \text{ K}$

$$Q_{12} = 0$$

$$W_{12} = 0$$

c) $\Delta S_{\text{net}} = m_2 \cdot s_2 - m_1 \cdot s_1 + \cancel{m_g \cdot h_g} - m_g \cdot s_g - \frac{\cancel{Q_{12}}}{T_0}$

$$= m_2 \cdot (s_2 - s_g) - m_1 \cdot (s_1 - s_g)$$

$$= 0.146 \cdot \left(c_{p0} \cdot \ln \frac{T_2}{T_g} - R \cdot \ln \frac{P_2}{P_g} \right) - 0.0465 \cdot \left(c_{p0} \cdot \ln \frac{T_1}{T_g} - R \cdot \ln \frac{P_1}{P_g} \right)$$

$$= 0.146 \cdot \left(1.0035 \cdot \ln \frac{381.84}{300} - 0.287 \cdot \ln \frac{80}{100} \right)$$

$$- 0.0465 \cdot \left(-0.287 \cdot \ln \frac{20}{100} \right) = 0.0232 \text{ kJ/K}$$