

UFPR – TERMODINÂMICA – TM-345

Exame Final: 14 Ago 2014 – 5ª FEIRA

HORÁRIO: 18:30 ÀS 20:30 h

PROF: JOSÉ VARGAS

—/—

Aluno: _____

(GABARITO)

1ª Questão: (Capítulo 13 – Misturas reagentes e combustão – 2,5 pontos)

Determine a transferência de calor por kg de combustível durante a combustão completa de metano, CH_4 , em um queimador aberto em regime permanente sem excesso de ar, se o metano entra na câmara de combustão a 100°C , o ar entra a 10°C , e os produtos saem a 600°C .

2ª Questão: (Capítulo 10 – Refrigeração – 2,5 pontos)

Faça um diagrama pressão versus entalpia de um ciclo ideal (padrão) de compressão de vapor operando com fluido refrigerante R-22, para uma temperatura de evaporação de -10°C e uma pressão de condensação de 12 bar, e calcule: (a) o trabalho de compressão; (b) o efeito refrigerante; (c) o calor rejeitado no condensador, todos em kJ kg^{-1} , e (d) o coeficiente de desempenho, COP.

3ª Questão: (Capítulo 8 – Sistemas de potência a vapor – 2,5 pontos)

Um ciclo Rankine tem vapor entrando na turbina a 3000 kPa , 400°C , e uma pressão de condensação de 5 kPa . Água de resfriamento está disponível a 20°C . Assuma que a turbina e a bomba realizam processos aproximadamente isoentrópicos. Determine: (a) a eficiência térmica do ciclo; (b) a razão de trabalho reversa, e (c) a fração de calor adicionado que é energia disponível para uso.

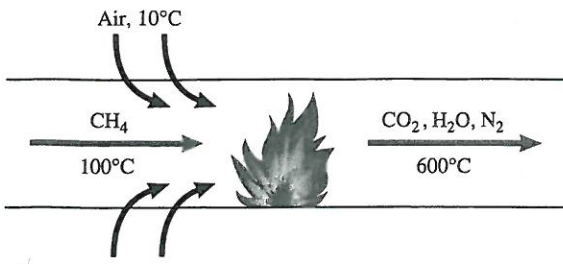
4ª Questão: (Capítulo 9 – Sistemas de potência a gás – 2,5 pontos)

Um ciclo Otto opera com uma razão de compressão 8:1. Se 50 kJ forem fornecidos para o ciclo que tem sua pressão mais baixa em 150 kPa , e sua temperatura mais baixa em 20°C , determine a temperatura mais alta do ciclo, se $c_v = 0,7186\text{ kJ kg}^{-1}\text{ K}^{-1}$, e $k = c_p/c_v = 1,4$. Assuma que o motor trabalha com 1 kg de fluido de trabalho.

BOA SORTE

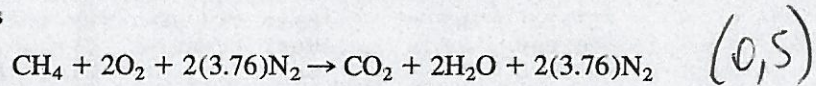
(1ª Questão)

-2-



SOLUTION

The reaction equation is



There is no mention of pressure. Therefore, we assume ideal-gas behavior. If we neglect changes in kinetic energy, the energy balance is

$$\begin{aligned} Q &= H_2 - H_1 \\ &= \sum_{\text{products}} N(\bar{h}_2 - \bar{h}_{ref} + \Delta\bar{h}_{f,ref}) - \sum_{\text{reactants}} N(\bar{h}_1 - \bar{h}_{ref} + \Delta\bar{h}_{f,ref}) \\ &= N_{\text{CO}_2}(\bar{h}_2 - \bar{h}_{ref} + \Delta\bar{h}_{f,ref})_{\text{CO}_2} + N_{\text{H}_2\text{O}}(\bar{h}_2 - \bar{h}_{ref} + \Delta\bar{h}_{f,ref})_{\text{H}_2\text{O}} \\ &\quad + N_{\text{N}_2,p}(\bar{h}_2 - \bar{h}_{ref} + \Delta\bar{h}_{f,ref})_{\text{N}_2} - N_{\text{CH}_4}(\bar{h}_1 - \bar{h}_{ref} + \Delta\bar{h}_{f,ref})_{\text{CH}_4} \\ &\quad - N_{\text{O}_2}(\bar{h}_1 - \bar{h}_{ref} + \Delta\bar{h}_{f,ref})_{\text{O}_2} - N_{\text{N}_2,r}(\bar{h}_1 - \bar{h}_{ref} + \Delta\bar{h}_{f,ref})_{\text{N}_2} \end{aligned} \quad (1,0)$$

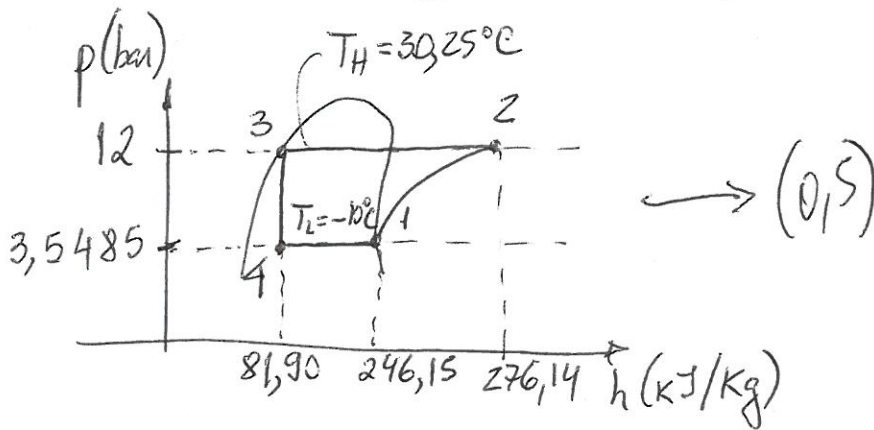
Since nitrogen is present in both the reactants and the products, we use symbols $N_{\text{N}_2,r}$ and $N_{\text{N}_2,p}$ to differentiate them, even though in this particular example the amount of nitrogen is the same in reactants and products. Since the products leave at 600°C, the water will be a vapor and we should use the Δh_f for the vapor phase. Obtaining enthalpy values from Tables A-15 and A-17 and canceling the appropriate nitrogen terms, we find

$$\begin{aligned} Q &= 1(35,978 - 9364 - 393,522) + 2(30,774 - 9904 - 241,826) \\ &\quad + 2(3.76)(26,032 - 8670.0 + 0) - 1(12,820 - 10,024 \\ &\quad - 74,873) - 2(8243 - 8683 + 0) - 2(3.76)(8233 - 8670 + 0) \\ &= -602,000 \text{ kJ} \end{aligned} \quad (0,5)$$

This calculation was made for 1 kmol CH_4 , so the result is

$$q = \frac{Q}{m_{\text{CH}_4}} = \frac{Q}{N_{\text{CH}_4} M_{\text{CH}_4}} = \frac{-602,000}{1(16.04)} = -37,530 \text{ kJ/kg} \quad (0,5)$$

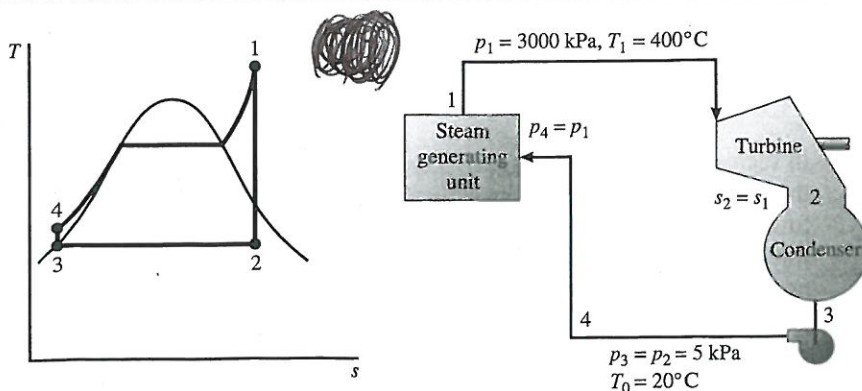
(2ª Questão)



- a) Ciclo ideal de compressão de vapor $\Rightarrow s_2 = s_1$ (comp. isentrópica)
 $s_1 = 0,9424 \text{ kJ/(kgK)} \rightarrow$ linha-x $s_2 = 0,9413 \text{ kJ/(kgK)}$ que corresponde ao estado termodinâmico de vapor superaquecido ($p = 12 \text{ bar}$ e $T_2 = 50^\circ\text{C}$) $\Rightarrow h_2 = 276,14 \text{ kJ/kg} \rightarrow (0,5)$
 $w = h_2 - h_1 = 276,14 - 246,15 = 29,99 \text{ kJ/kg}$
- b) $q_L = h_1 - h_4 = 246,15 - 81,90 = 164,25 \text{ kJ/kg} \rightarrow (0,5)$
- c) $q_H = w + q_L = 194,24 \text{ kJ/kg} \rightarrow (0,5)$
- d) $\text{COP} = \frac{q_L}{w} = \frac{164,25}{29,99} \approx 5,477 \rightarrow (0,5)$

(3ª Questão)

Analysis: A Ts diagram and a flow diagram are sketched first, and we place the specified data on the flow diagram. Calculation of thermal efficiency requires determination of the net work of the cycle (which is the turbine work less the pump work input) and the heat input of process 4-1. Each of these quantities can be obtained from the first law if we assume that kinetic energy changes across each piece of equipment are negligible.



$$\Delta h_P = h_4 - h_3 = \int_3^4 v dp \approx v(p_4 - p_3) = 0.001005(3000 - 5) = 3.0 \text{ kJ/kg}$$

$$h_4 = h_3 + \Delta h_P = 137.8 + 3.0 = 140.8 \text{ kJ/kg}$$

h_2 can be determined from $p_2 = 5 \text{ kPa}$ and $s_2 = s_1 = 6.921 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ as follows:

$$x_2 = \frac{s_2 - s_f}{s_{fg}} = \frac{6.921 - 0.4763}{7.9129} = 0.814$$

$$h_2 = h_f + x_2 h_{fg} = 137.8 + 0.814(2422.5) = 2110.1 \text{ kJ/kg}$$

or this value can be determined from an h_s (Mollier) chart or h_v chart for steam. Having obtained all the h and s values needed, we can now complete the solution.

$$(a) \quad \eta = \frac{w}{q_{4-1}} = \frac{w_T - w_{in,P}}{q_{4-1}} = \frac{h_1 - h_2 - \Delta h_P}{h_1 - h_4} = \frac{3230.7 - 2110.1 - 3.0}{3230.7 - 140.8} = \frac{1121 - 3}{3090} = 0.362$$

$$(b) \quad \text{Backwork ratio} = \frac{w_{in,P}}{w_T} = \frac{\Delta h_P}{h_1 - h_2} = \frac{3}{1121} = 0.0027$$

$$(c) \quad q_{av} = q - q_{unav} = q - T_0(s_1 - s_4) = 3090 - 293(6.921 - 0.4763) = 1200 \text{ kJ/kg}$$

$$\frac{q_{av}}{q} = \frac{1200}{3090} = 0.388$$

(4^o Questao)

$$\frac{T_3}{T_2} = \left(\frac{v_2}{v_3}\right)^{k-1} = 8^{0.4} = 2.297$$

Therefore,

$$T_3 = (2.297)(20 + 273) = 673.14^\circ\text{K}$$

But

$$q_{in} = c_v(T_4 - T_3)$$

Therefore,

$$50 = 0.7186(T_4 - T_3)$$

$$69.58 = T_4 - T_3$$

and

$$T_4 = 742.72^\circ\text{K} = 469.72^\circ\text{C}$$

