



Pergunta 1 (5,0 valores)

Determine as perdas com gases efluentes num gerador de vapor que produz 40000 kg/h de vapor, com um consumo de combustível de 3720 kg/h. As entalpias do vapor saturado e da água saturada são de 2923 kJ/kg e 742 kJ/kg respectivamente. A caldeira tem grelha fixa e alimentação manual com o mínimo de perdas de calor devido ao combustível não queimado e queima antracite com a seguinte composição dada em massa de combustível: Carbono 65%, Hidrogénio 8%, Nitrogénio 6%, Oxigénio 14%, Enxofre 7%, Cinzas 2% e Humidade de 2%.

Dados:

$$G = 40000 \text{ kg / h}$$

$$\dot{B} = 3720 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$h_g = 2923 \text{ kJ / kg}$$

$$h_f = 742 \text{ kJ / kg}$$

Massa de trabalho do combustível

$$C^t = C^c \frac{100 - (A^t + W^t)}{100} = 62,4\%$$

$$H^t = H^c \frac{100 - (A^t + W^t)}{100} = 7,68\%$$

$$N^t = N^c \frac{100 - (A^t + W^t)}{100} = 5,76\%$$

$$O^t = O^c \frac{100 - (A^t + W^t)}{100} = 13,34\%$$

$$S^t = S^c \frac{100 - (A^t + W^t)}{100} = 6,72\%$$

$$A^t = 2\%$$

$$W^t = 2\%$$

O poder calorífico inferior determina-se de:

$$Q_i = 4,187 \left[81C^t + 300H^t - 26(O^t - S^t) - 6(W^t + 9H^t) \right] = 28291,0 \text{ [kJ/kg]}$$

O rendimento do gerador determina-se de

$$\eta_b = \frac{\dot{G}(h_g - h_f)}{\eta_b \cdot Q_i}$$

$$\eta_b = \frac{\dot{G}(h_g - h_f)}{B \cdot Q_i} = \frac{40000(2923 - 742)}{3720 \cdot 28291,0} = 0,829$$

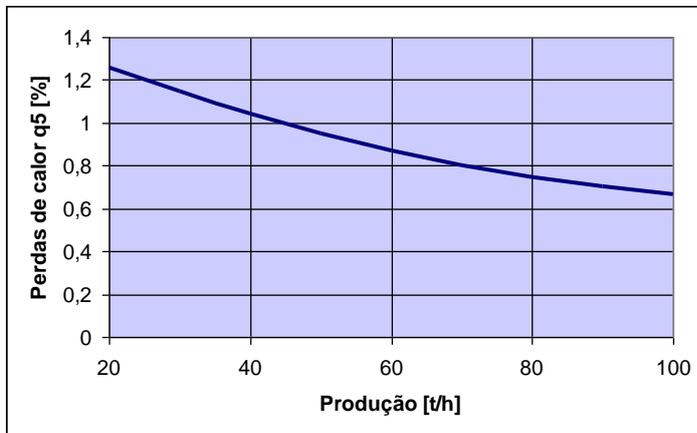
As perdas com gases efluentes determina-se de:

$$\eta_b = 100 \frac{Q_1}{Q_{disp}} = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6)$$

Onde:

$$q_3 = 1 \% \text{ (da tabela 25.1)}$$

$$q_4 = 8 \% \text{ (da tabela 25.1)}$$



$$q_5 = 1,025 [\%]$$

$$q_6 = 0 \% \text{ (valor de cinzas muito reduzido)}$$

Portanto:

$$\eta_b = 100 \frac{Q_1}{Q_{disp}} = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6)$$

$$q_2 = 100 - \eta_b - (q_3 + q_4 + q_5 + q_6)$$

$$q_2 = 100 - 82,89 - (1 + 8 + 1,025 + 0) = 7,082\%$$

Pergunta 2 (5,0 valores)

Determine os volumes teóricos dos produtos de combustão e o volume de ar necessário para a combustão de um combustível gasoso que na sua queima produz um volume de gases de combustão de $14,97 \text{ m}^3/\text{m}^3_{\text{Comb}}$. O coeficiente de excesso de ar é de 1,3 e as frações volúnicas dos gases de combustão são: $r_{RO_2} = 0,099$; $r_{H_2O} = 0,140$ e $r_{O_2} = 0,031$.

Dados:

$$V_g = 14,97 \text{ m}^3 / \text{m}^3_{\text{comb}}$$

$$r_{RO_2} = 0,099$$

$$r_{H_2O} = 0,14$$

$$r_{O_2} = 0,032$$

- a) Determina-se a fração de Nitrogénio

$$r_{N_2} = 1 - r_{RO_2} - r_{H_2O} - r_{O_2}$$

$$r_{N_2} = 1 - 0,099 - 0,14 - 0,031$$

- b) $r_{N_2} = 0,73$

c) Determina-se o volume real dos gases de escape

$$V_{RO_2} = r_{RO_2} \cdot V_g = 0,099 \cdot 14,97 = 1,482 \text{ m}^3 / \text{m}_{\text{comb}}^3$$

$$V_{N_2} = r_{N_2} \cdot V_g = 0,73 \cdot 14,97 = 10,93 \text{ m}^3 / \text{m}_{\text{comb}}^3$$

$$V_{H_2O} = r_{H_2O} \cdot V_g = 0,14 \cdot 14,97 = 2,096 \text{ m}^3 / \text{m}_{\text{comb}}^3$$

$$V_{O_2} = r_{O_2} \cdot V_g = 0,031 \cdot 14,97 = 0,464 \text{ m}^3 / \text{m}_{\text{comb}}^3$$

d) determina-se o volume teórico de ar

$$V_{O_2} = 0,21(\alpha - 1) \cdot V_{ar}^0$$

$$V_{ar}^0 = \frac{V_{O_2}}{0,21(\alpha - 1)}$$

$$V_{ar}^0 = \frac{0,464}{0,21(1,3 - 1)} = 7,366 \text{ m}^3 / \text{m}^3$$

e) calculam-se os volumes teóricos dos gases.

Gases Biatómicos

$$V_{R_2} = V_{N_2}^0 + (\alpha - 1) \cdot V_{ar}^0 \cdot 0,79$$

$$V_{N_2}^0 = V_{R_2} - (\alpha - 1) \cdot V_{ar}^0 \cdot 0,79$$

$$V_{N_2}^0 = 10,93 - (1,3 - 1) \cdot 7,366 \cdot 0,79 = 9,182 \text{ m}^3 / \text{m}^3$$

Gases Triatómicos

$$V_{RO_2}^0 = V_{RO_2} = 1,482 \text{ m}^3 / \text{m}^3$$

De água

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161(\alpha - 1) \cdot V_{ar}^0$$

$$V_{H_2O}^0 = V_{H_2O} - 0,0161(\alpha - 1) \cdot V_{ar}^0$$

$$V_{H_2O}^0 = 2,096 - 0,0161(1,3 - 1) \cdot 7,366 = 2,06 \text{ m}^3 / \text{m}^3$$

Pergunta 3 (5,0 valores)

Qual a temperatura de saída dos gases de escape pela chaminé, de um gerador de vapor que queima coque com a seguinte composição em percentagem, dada em massa seca:

Carbono	69
Hidrogénio	2
Nitrogénio	7
Oxigénio	10
Cinzas	5
Humidade	4

Sabendo ainda que as perdas com gases de efluentes são de 3,8% e as perdas associadas ao calor sensível nos gases secos de combustão é de 3,5% e que a temperatura do ar ambiente é 35°C

$$T_a = 35 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$m_{H_2O} = W^t = 4\%$$

$$q_3 = 3,8 \%$$

$$P_{gc} = 3,5 \%$$

$$C^t = C^d (100 - W) / 100$$

$$H^t = H^d (100 - W) / 100$$

$$N^t = N^d (100 - W) / 100$$

$$O^t = O^d (100 - W) / 100$$

$$A^t = A^d (100 - W) / 100$$

$$W^t = W$$

$$C^t = 69(100 - 8) / 100 = 66,24\%$$

$$H^t = 2(100 - 8) / 100 = 1,92\%$$

$$N^t = 7(100 - 8) / 100 = 6,72\%$$

$$O^t = 10(100 - 8) / 100 = 9,6\%$$

$$A^t = 5(100 - 8) / 100 = 4,8\%$$

$$W^t = 4\%$$

$$S^t = 100 - (C^t + H^t + N^t + O^t + W^t)$$

$$S^t = 100 - (66,24 + 1,92 + 6,72 + 9,6 + 4)$$

$$S^t = 6,72\%$$

$$q_3 = P_{gc} + P_{H_2O} \quad [\%]$$

$$P_{H_2O} = q_3 - P_{gc}$$

$$P_{H_2O} = 3,8 - 3,5 = 0,3\%$$

$$Q_i = 4,187 \left[(81 \cdot C^t + 300H^t - 26(O^t - S^t)) - 6(W^t + 9H^t) \right] = 24029 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}_{comb}} \right]$$

$$P_{H_2O} = \frac{(m_{H_2O} + 9H) \cdot [210 - 4,2 \cdot T_a + 2,1 \cdot T_g]}{Q_i}$$

$$0,3 = \frac{(4 + 9 \cdot 1,92) \cdot [210 - 4,2 \cdot 35 + 2,1 \cdot T_g]}{24029}$$

$$T_g = 131,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Pergunta 4 (5,0 valores)

Determine o volume de uma carga com superfície de radiação de 1,4 m², que está sendo tratada num forno cuja emissividade do espaço de trabalho é de 0,62 e o consumo de combustível de 5 kg/s.

1	Temperatura inicial da carga	25	°C
2	Calor específico da carga	0,7	kJ/kg K
3	Massa específica da carga	7800	kg/m ³
4	Tempo de permanência da carga	1,5	horas
5	Volume dos gases de escape	3	m ³ /kg
6	Calor específico dos gases	0,005	kJ/m ³ .°C
7	Temperatura dos gases de combustão	1800	°C
8	Temperatura de saída dos gases	300	°C
9	Rendimento térmico da câmara de combustão	0,80	
10	Coeficiente de Radiação do corpo negro	5,67	W/m ² K ⁴
11	Coeficiente de Poluição da superfície	0,6	
12	Coeficiente que toma em conta a convecção	1,1	

Temperatura média no forno determina-se de:

$$T_f = \frac{T_{comb} + T_{sg}}{2} = \frac{2073 + 573,2}{2} = 1323 \text{ K}$$

Temperatura na superfície da carga determina-se da igualdade:

$$\beta_o C_o \varepsilon_f H_r \xi \left[\left(\frac{T_f}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{carga}}{100} \right)^4 \right]_{med} = \dot{B} V_g C_{gas} \eta_f (t_{comb} - t_{sg})$$

$$1,1 \cdot 5,67 \cdot 0,62 \cdot 1,4 \cdot 0,6 \left[\left(\frac{1323}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{carga}}{100} \right)^4 \right] = 5 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 0,8 (2073 - 573,2)$$

$$T_{carga} = 736,5 \text{ K}$$

A temperatura inicial da carga determina-se da expressão:

$$\frac{t_{(\tau)} - t_{\infty}}{t_{inic} - t_{\infty}} = \exp \left(- \frac{B V_g C_g \eta_f}{\rho V C} \tau \right)$$

$$\frac{736,5 - 1323}{298,2 - 1323} = \exp \left(- \frac{5350,8}{7800 - V \cdot 0,68 \cdot 10^3} \right)^{5400}$$

$$V = 95,42 \text{ [dm}^3\text{]}$$

O Regente

Prof. Doutor Eng^o Jorge Nhambiu

Assistente: Eng^o Isaura Tobela, MSc