

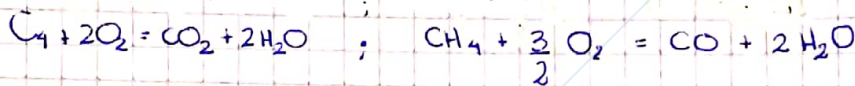
Esame 1

1) A causa di un malfunzionamento una caldaia a metano brucia il combustibile in modo incompleto producendo dunque anche piccole quantità di monossido di carbonio (CO). Se la conversione totale del metano risulta pari al 95% e la selettività rispetto al monossido è del 1% si calcoli:

- l'aria necessaria se il CH₄ è presente con 100 kmol/h
- concentrazione (in ppmvol) di CO nei fumi.

Si consideri che la combustione avviene con 1 eccesso del 3% rispetto all'aria necessaria per la combustione completa della quantità di metano alimentato

Reazioni da bilanciare:



Svolgimento

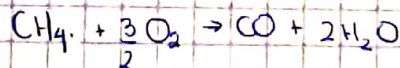
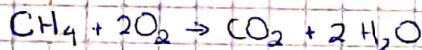
$$X_{\text{CH}_4} = 95\%$$

$$\sigma_{\text{CO}} = 1\% = \sigma_{\text{CH}_4 \rightarrow \text{CO}}$$

$$\dot{n}_{\text{CH}_4} = 100 \text{ kmol/h}$$

$$e = 3\%$$

Determinare $\dot{n}_{\text{aria}} = ?$, X_{CH_4}



$\dot{n}_{\text{CH}_4}^e - \dot{n}_{\text{CH}_4}^u + \dot{n}_{\text{CH}_4}^{g1} + \dot{n}_{\text{CH}_4}^{g2} = 0$	$\rightarrow \dot{n}_{\text{CH}_4}^g = \xi_1 + \xi_2$	
$\dot{n}_{\text{O}_2}^e - \dot{n}_{\text{O}_2}^u + \dot{n}_{\text{O}_2}^{g1} + \frac{3}{2}\dot{n}_{\text{O}_2}^{g2} = 0$	$\rightarrow \dot{n}_{\text{O}_2}^e = 2\xi_1 + \frac{3}{2}\xi_2$	
$\dot{n}_{\text{N}_2}^e - \dot{n}_{\text{N}_2}^u = \dot{n}_{\text{N}_2}^e \cdot \frac{19}{21}$	$\rightarrow \dot{n}_{\text{O}_2}^e \cdot \frac{19}{21} = 734,30$	
$\dot{n}_{\text{CO}_2}^e - \dot{n}_{\text{CO}_2}^u + \dot{n}_{\text{CO}_2}^{g1} = 0$	$\rightarrow \dot{n}_{\text{CO}_2}^u = \xi_1$	$= 94,05$
$\dot{n}_{\text{CO}}^e - \dot{n}_{\text{CO}}^u + \dot{n}_{\text{CO}}^{g1} = 0$	$\rightarrow \dot{n}_{\text{CO}}^u = \xi_2$	$= 0,95$
$\dot{n}_{\text{H}_2\text{O}}^e - \dot{n}_{\text{H}_2\text{O}}^u + 2\dot{n}_{\text{H}_2\text{O}}^{g1} + \dot{n}_{\text{H}_2\text{O}}^{g2} = 0$	$\rightarrow \dot{n}_{\text{H}_2\text{O}}^u = 2\xi_1 + 2\xi_2$	$= 190$

$$\dot{n}_{\text{O}_2}^e = (1+e) \dot{n}_{\text{O}_2}^t \quad ; \quad \dot{n}_{\text{O}_2}^e = 2\xi_1 + \frac{3}{2}\xi_2 \quad ; \quad \dot{n}_{\text{O}_2}^t = e \cdot \dot{n}_{\text{O}_2}^t$$

$$X_{\text{CH}_4} = \frac{\dot{n}_{\text{CH}_4}^g}{\dot{n}_{\text{CH}_4}^e} = 0,95 \rightarrow \dot{n}_{\text{CH}_4}^g = 95 \text{ kmol/h}$$

$$\frac{\text{O}_{\text{CH}_4 \rightarrow \text{CO}}}{\text{O}_{\text{CH}_4 \rightarrow \text{CO}_2}} = \frac{\dot{n}_{\text{CO}}^g}{\dot{n}_{\text{CO}_2}^g} = 0,01 \rightarrow \begin{aligned} \xi_2 &= 0,01 \cdot \dot{n}_{\text{CH}_4}^g \\ \xi_2 &= 0,01 \cdot 95 \text{ kmol/h} \\ \xi_2 &= 0,95 \text{ kmol/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 95 \text{ kmol/h} &= \xi_1 + \xi_2 \\ \xi_1 &= 95 \text{ kmol/h} - \xi_2 \\ \xi_1 &= 94,05 \text{ kmol/h} \end{aligned}$$

$$\dot{n}_{aer}^e = \dot{n}_{N_2}^e + \dot{n}_{O_2}^e = 734,4 \frac{\text{kmol}}{\text{h}} + (11003) \left(2 \left(1905 \frac{\text{kmol}}{\text{h}} \right) + \frac{3}{2} \left(0,95 \frac{\text{kmol}}{\text{h}} \right) \right)$$

$$\dot{n}_{aer}^e = 734,4 \frac{\text{kmol}}{\text{h}} + 195,21 \frac{\text{kmol}}{\text{h}} = 929,5 \frac{\text{kmol}}{\text{h}}$$

$$\dot{m}_{aer}^e = 0,79 \times 28 + 0,21 \times 32 = 28,84 \text{ kg/kmol}$$

$$\dot{m}_{aer}^e = \dot{n}_{aer}^e \cdot M_{aer} = 929,5 \frac{\text{kmol}}{\text{h}} \cdot 28,84 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} = 26806 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 26,8 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$\dot{n}_{CO_2}^e = 0,95 \frac{\text{kmol}}{\text{h}}$$

$$\dot{n}_{fum.} = 1030,06 \frac{\text{kmol}}{\text{h}} = 23101,21 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}} = V_f$$

$$V_{CO_2} = 21,29 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

~~$$y_{CO_2} = \frac{0,95 \frac{\text{kmol}}{\text{h}}}{1030,06 \frac{\text{kmol}}{\text{h}}} = 927,24 \text{ ppm}$$~~

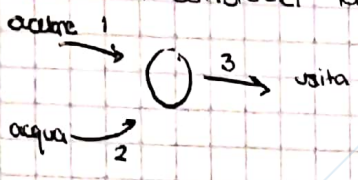
$$y_{CO_2} = \frac{21,29}{23101,21} = 9,217 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{ppmv} = 9,217 \cdot 10^{-4} \cdot 10^6 = 921,73 \text{ ppmv}$$

Esame 1

2) In un impianto industriale una corrente assimilabile ad acetone ($c_p = 129 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$) con portata di 35 kmol/h ed una temperatura di 50°C viene unita ad una corrente di acque di scarico ($c_p = 1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$). Se quest'ultima ha una portata di 100 kmol/h ed una temperatura di 25°C quanto sarà la temperatura della corrente in uscita dal sistema?

Si consideri la corrente uscente come una miscela ideale.



$$\begin{aligned} \dot{n}_3 &= \dot{n}_1 + \dot{n}_2 & \dot{Q} &= 0 \\ \dot{H}_{SR} &\rightarrow \dot{H}(T_3) = \dot{H}_3 & L &= 0 \end{aligned}$$

1) $\dot{n}_1 = 35 \text{ kmol/h}$ $T_1 = 50^\circ\text{C}$ $c_p^{(1)} = 129 \text{ J/kmol} = 129 \text{ kJ/kmol} \cdot \text{K}$

2) $\dot{n}_2 = 100 \text{ kmol/h}$ $T_2 = 25^\circ\text{C}$ $c_p^{(2)} = 1 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} = 4,18 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} = 4,18 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}}$

$$\dot{n}_1 (\hat{H}_1 - \hat{H}_{SR}) + \dot{n}_2 (\hat{H}_2 - \hat{H}_{SR}) - \dot{n}_3 (\hat{H}_3 - \hat{H}_{SR}) = 0$$

$= 75,3 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} = 4186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$

$$\dot{n}_1 (50 - T_3) \cdot c_p^{(1)} + \dot{n}_2 (25 - T_3) \cdot c_p^{(2)} = 0$$

$= 75,3 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}} = 4186 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}}$

$$T_3 = \frac{35 \cdot 129 \cdot 50 + 100 \cdot 4,18 \cdot 25}{35 \cdot 129 + 100 \cdot 4,18} = 39,37^\circ\text{C}$$

3) Sono date le seguenti correnti:
 componente A portata 10 mol/h , TLV-TWA = 100 ppm_v
 componente B portata 5 mol/h , TLV-TWA = 50 ppm_v

Si calcoli, nell'ipotesi di additività il TLV-TWA delle correnti risultante dalla somma delle 2 correnti date (in ppm_v)

$$\text{Da } \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \text{ a } \text{ppm} = \times \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} (24,45) \quad \begin{matrix} t=25^\circ \\ p=1 \text{ atm} \end{matrix}$$

(massa molecolare)

$$z_A = \frac{y_A}{y_A + y_B} \quad z_B = 1 - z_A \quad z_A = 0,67 \quad z_B = 0,33$$

$$\text{TLV}_{\text{mix}} = \frac{1}{\sum \frac{z_i}{\text{TLV}_i}} = \frac{1}{\frac{0,67}{100} + \frac{0,33}{50}} = 75,2 \text{ ppm}$$

Esame 2

1)

Una corrente di gas secchi (portata: $5000 \text{ Nm}^3/\text{h}$) contenente SO_2 in concentrazione pari $2000 \text{ ppm}_{\text{vol}}$ viene lavata con una soluzione acquosa (si utilizza una soluzione acquosa di carbonato di sodio (Na_2CO_3) e si forma il gesso di sodio (Na_2SO_4) che rimane in soluzione rimuovendo l' SO_2 della corrente).

Si consideri una rimozione di SO_2 del 99%. Si calcoli:

- la portata (in Nm^3/h) di SO_2 rimosso,
- la concentrazione di ossido di zolfo (in mg/Nm^3) nella corrente gassosa uscente ($M_{\text{SO}_2} = 64 \text{ kg}/\text{kmol}$)

N.B. per i calcoli si consideri costante la portata totale della corrente gassosa.

$$\dot{V} = 5000 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}}$$

$$\dot{n}_1 \approx \dot{n}_3$$

$$\dot{n}_2 \approx \dot{n}_4$$

$$x_{\text{SO}_2} = 2000 \text{ ppm}_{\text{vol}}$$

$$\begin{cases} \dot{n}_1 + \dot{n}_2 - \dot{n}_3 - \dot{n}_4 = 0 \\ \dot{n}_{\text{SO}_2}^{\text{in}} - \dot{n}_{\text{SO}_2}^{\text{out}} + \dot{n}_{\text{SO}_2}^{\text{rem}} = 0 \\ \dot{n}_{\text{SO}_2}^{\text{rem}} = 99\% \dot{n}_{\text{SO}_2}^{\text{in}} \end{cases}$$

$$\dot{V}_{\text{SO}_2}^{\text{in}} = x_{\text{SO}_2} \cdot \dot{V} = 10 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}} \rightarrow \dot{n}_{\text{SO}_2}^{\text{in}} = \frac{\dot{V}_{\text{SO}_2}^{\text{in}}}{22,4 \frac{\text{Nm}^3}{\text{kmol}}} = 0,446 \text{ kmol}/\text{h}$$

$$\dot{n}_{\text{SO}_2}^{\text{rem}} = 0,99 \cdot \dot{n}_{\text{SO}_2}^{\text{in}} = 0,442 \text{ kmol}/\text{h}$$

$$\dot{V}_{\text{SO}_2}^{\text{out}} = 9,9 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}}$$

$$\dot{n}_{\text{SO}_2}^{\text{out}} = 1\% \cdot \dot{n}_{\text{SO}_2}^{\text{in}} = 4,46 \text{ mol}/\text{h}$$

$$\dot{m}_{\text{SO}_2}^{\text{out}} = 2,86 \frac{\text{g}}{\text{h}}$$

$$\frac{\dot{m}}{\dot{V}} = \frac{4,46}{64,066 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 285 \frac{\text{g}}{\text{mol} \cdot \text{h}}$$

Approssimo $\dot{n}_3 \approx \dot{n}_1$; $\rho_{\text{SO}_2}^{\text{out}} = 0,57 \text{ mg}/\text{Nm}^3$

$$\rho_{\text{SO}_2}^{\text{out}} = \frac{\dot{m}}{\dot{V}} = \frac{2859/\text{h}}{5000 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}}} = 0,0572 \frac{\text{g}}{\text{Nm}^3} = 57,2 \frac{\text{mg}}{\text{Nm}^3}$$

$$\left[\frac{\frac{\text{g}}{\text{h}}}{\frac{\text{Nm}^3}{\text{h}}} \right] = \frac{\text{g}}{\text{Nm}^3}$$

$$\rho = \frac{\dot{m}}{\dot{V}}$$

$$27,8 \frac{\text{mg}}{\text{Nm}^3}$$

2) È data una cappa chiusa con portata di aspirazione pari a 8 kg/h . La corrente contaminante è costituita da etano (C_2H_6) ed ha una portata di 30 g/h .

Si calcoli la frazione volumetrica di etano (LII-LSI = 3-16% vol di aria) nel condotto che porta all'esterno la corrente, considerando che siano $p = 1013 \text{ mbar}$ e $t = 25^\circ\text{C}$ sia per aria che per etano; si dica inoltre se la corrente nel condotto è infiammabile o no.

$$\begin{aligned} \dot{m}_{\text{aria}} &= 8 \text{ kg/h} & \dot{m}_{\text{contaminante}} &= 30 \text{ g/h} & \text{LII-LSI} &= (3 - 16\%) \\ & & &= \frac{30 \text{ kg/h}}{0.03} & & \end{aligned}$$

$$w_{\text{C}_2\text{H}_6} = \frac{\dot{m}_{\text{C}_2\text{H}_6}}{\dot{m}_{\text{tot}}} = \frac{0.03 \text{ kg/h}}{8 \text{ kg/h}} = 0,0037 \rightarrow 0,37\%$$

$$M_{\text{C}_2\text{H}_6} = \frac{30 \text{ g}}{\text{mol}} \rightarrow \dot{n}_{\text{C}_2\text{H}_6} = 1 \text{ mol/h}$$

$$M_{\text{aria}} = 0,79 \cdot 28 + 0,21 \cdot 32 = 28,84 \text{ g/mol}$$

$$\dot{n}_{\text{aria}} = \frac{8000 \text{ g/h}}{28,84 \text{ g/mol}} = 277,4 \text{ mol/h}$$

$$X_{\text{C}_2\text{H}_6} = \frac{1}{277,4} = 3,6 \cdot 10^{-3} = 0,36\% \quad \notin [3\% - 16\%] \quad \text{NON INFIAMMABILE}$$

Esame 2

3) Una corrente d'acqua ($\dot{m} = 100 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$) inizialmente a 25°C e pressione atmosferica viene portata a 100°C e poi vaporizzata. Si calcoli:

- Il calore scambiato al sistema (espresso in kW) in questa situazione.
- Il calore scambiato al sistema se la vaporizzazione riguarda solo il 50% dell'acqua in ingresso.

$\Delta H_{\text{vap}, \text{H}_2\text{O}} (100^\circ\text{C})$	2267	KJ/kg
$c_{p, \text{H}_2\text{O}} (\text{liq.})$	1	cal/g/°C

$\dot{m} = 100 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$ $T = 25^\circ\text{C}$ $P = 1 \text{ atm}$

$$\dot{m}_L^e (\hat{H}_L^e - H_{\text{ref}}) - \dot{m}_L^u (\hat{H}_L^u - H_{\text{ref}}) - \dot{m}_V^u (H_V^u - H_{\text{ref}}) = -\dot{Q}$$

Scelgo $H_{\text{ref}} = H_L^e$
 Otengo

$$\dot{m}_L^u (H_L^u - H_L^e) + \dot{m}_V^u (H_V^u - H_{\text{ref}}) = \dot{Q}$$

$$\dot{m}_L^u \cdot c_{p, \text{H}_2\text{O}} (100 - 25) + \dot{m}_V^u \cdot \Delta H_{\text{vap}}^{100} + \dot{m}_V^u c_{p, \text{H}_2\text{O}} (100 - 25) = \dot{Q}$$

• Se $\dot{m}_L^u = 0 \text{ kg/h}$ e $\dot{m}_V^u = 100 \text{ kg/h}$

Allora $\dot{Q} = 100 \cdot \left((2267) + 4,18 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 75^\circ\text{C} \right)$

$$\dot{Q} = 226700 \frac{\text{KJ}}{\text{h}} + 31350 = 258050 \frac{\text{KJ}}{\text{h}} = 71,68 \text{ KW}$$

$$1 \text{ KW} = 3600 \frac{\text{KJ}}{\text{h}} \rightarrow x \text{ KW} =$$

• Se $\dot{m}_L^u = 50 \text{ kg/h}$ e $\dot{m}_V^u = 50 \text{ kg/h}$

Allora $\dot{Q} = 100 \left(\frac{1}{2} (2267) + 4,18 \cdot 75 \right) =$

$$50 \cdot 4,18 (75) + 50 \cdot 2267 + 50 \cdot 4,18 (75)$$

$$15675 + 144300 + 15675 = 144700 \frac{\text{KJ}}{\text{h}} = 40,2 \text{ KW}$$

$$\frac{144700}{3600} =$$

$$40,19$$

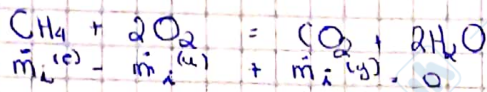
www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari

Una caldaia che brucia $100 \text{ Nm}^3/\text{h}$ di metano con il 15% di eccesso d'aria emette 70 g/h di NO e 40 g/h di NO_2

$\dot{m}_{\text{NO}} = 70 \text{ g/h}$
 $\dot{m}_{\text{NO}_2} = 40 \text{ g/h}$
 $\dot{V} = 100 \text{ Nm}^3/\text{h}$
 $C_{\text{mm}} = 250 \text{ mg/Nm}^3$
 15% di eccesso
 $C_{\text{aria}} = 15\%$

160



CH_4
 $\text{O}_2 \rightarrow$ metano + aria
 CO_2
 H_2O
 $\text{N}_2 \rightarrow$ aria

$21\% \text{ O}_2$
 $79\% \text{ N}_2$

$\dot{n}_{\text{C}} = \frac{\dot{V}(\text{C})}{22414} = \frac{4,46}{22414} \text{ kmol/h}$

$1 \text{ mol} = \frac{0,022414}{\text{Nm}^3}$

$\dot{n}_{\text{CH}_4}^{(e)} - \dot{n}_{\text{CH}_4}^{(t)} + \dot{n}_{\text{CH}_4}^{(g)} = 0 \Rightarrow \dot{n}_{\text{CH}_4}^{(e)} - \xi = 0$
 $\dot{n}_{\text{O}_2}^{(e)} - \dot{n}_{\text{O}_2}^{(t)} + \dot{n}_{\text{O}_2}^{(g)} = 0 \Rightarrow \dot{n}_{\text{O}_2}^{(e)} - \dot{n}_{\text{O}_2}^{(t)} - 2\xi = 0$
 $\dot{n}_{\text{N}_2}^{(e)} - \dot{n}_{\text{N}_2}^{(t)} + \dot{n}_{\text{N}_2}^{(g)} = 0 \Rightarrow \dot{n}_{\text{N}_2}^{(e)} - \dot{n}_{\text{N}_2}^{(t)} = 0$
 $\dot{n}_{\text{CO}_2}^{(e)} - \dot{n}_{\text{CO}_2}^{(t)} + \dot{n}_{\text{CO}_2}^{(g)} = 0 \Rightarrow -\dot{n}_{\text{CO}_2}^{(t)} + \xi = 0$
 $\dot{n}_{\text{H}_2\text{O}}^{(e)} - \dot{n}_{\text{H}_2\text{O}}^{(t)} + \dot{n}_{\text{H}_2\text{O}}^{(g)} = 0 \Rightarrow -\dot{n}_{\text{H}_2\text{O}}^{(t)} + 2\xi = 0$

$e = \left(\frac{\dot{n}_{\text{aria}}^{(e)} + \dot{n}_{\text{aria}}^{(g)}}{\dot{n}_{\text{aria}}^{(t)}} \right) \cdot \frac{0,21}{0,21} = \frac{\dot{n}_{\text{O}_2}^{(e)} - \dot{n}_{\text{O}_2}^{(t)}}{\dot{n}_{\text{O}_2}^{(e)}}$

$\dot{n}_{\text{O}_2}^{(e)} = e \cdot \dot{n}_{\text{O}_2}^{(t)} + \dot{n}_{\text{O}_2}^{(g)} = \dot{n}_{\text{O}_2}^{(t)} (1+e) = \dot{n}_{\text{CH}_4}^{(e)} \cdot 2(1+e) = 2\xi(1+e)$

$\dot{n}_{\text{CH}_4}^{(e)} = \xi = 4,46 \text{ kmol/h}$

$\dot{n}_{\text{O}_2}^{(e)} = 2 \cdot 4,46 (1+0,15) = 10,258 \text{ kmol/h}$

$\dot{n}_{\text{O}_2}^{(t)} = \dot{n}_{\text{O}_2}^{(e)} - 2\xi = 10,258 - 2 \cdot 4,46 = 1,338 \text{ kmol/h}$

$\dot{n}_{\text{N}_2}^{(e)} = \dot{n}_{\text{N}_2}^{(t)} = \dot{n}_{\text{aria}} = 0,79 = \frac{\dot{n}_{\text{O}_2}^{(e)}}{0,21} \cdot 0,79 = 38,59 \text{ kmol/h}$

$\dot{n}_{\text{CO}_2}^{(t)} = 4,46 \text{ kmol/h}$

$\dot{n}_{\text{H}_2\text{O}}^{(t)} = 2 \cdot 4,46 = 8,92 \text{ kmol/h}$

$\dot{n}_{\text{g}} = \dot{n}_{\text{N}_2}^{(t)} + \dot{n}_{\text{O}_2}^{(t)} + \dot{n}_{\text{CO}_2}^{(t)} + \dot{n}_{\text{H}_2\text{O}}^{(t)} = 38,59 + 1,338 + 4,46 + 8,92 = 53,308 \text{ kmol/h}$

$\dot{n}_{\text{H}_2\text{O}} = 44,388$

Frazioni molari fumi umidi

frazioni molari fumi secchi

$x_{\text{CO}_2} = \dot{n}_{\text{CO}_2}^{(t)} / \dot{n}_{\text{g}} = 0,083$

$x_{\text{CO}_2} = 0,101$

$x_{\text{O}_2} = \dot{n}_{\text{O}_2}^{(t)} / \dot{n}_{\text{g}} = 0,025$

$x_{\text{O}_2} = 0,028$

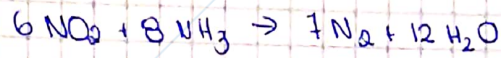
$x_{\text{N}_2} = \dot{n}_{\text{N}_2}^{(t)} / \dot{n}_{\text{g}} = 0,724$

$x_{\text{N}_2} = 0,869$

$x_{\text{H}_2\text{O}} = \dot{n}_{\text{H}_2\text{O}}^{(t)} / \dot{n}_{\text{g}} = 0,167$

Esame 4

1. Per ridurre le emissioni di biossido di Azoto (NO_2 , massa molare = 46 g/mol), un corrente di gas con portata pari a 1000 Nm^3/h e concentrazione di NO_2 pari a 800 mg/Nm^3 viene trattata con ammoniaca (NH_3 , massa molare = 17 g/mol) per fare avvenire la seguente reazione:



$$M_{\text{NO}_2} = 46 \text{ g/mol}$$

$$M_{\text{NH}_3} = 17 \text{ g/mol}$$

$$V = 1000 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$C_{\text{NO}_2} = 800 \text{ mg}/\text{Nm}^3$$

$$M_{\text{NH}_3} = 17 \text{ g/mol}$$

1) Se $\dot{m}_{\text{NO}_2}^u = 50 \text{ g/h}$

1.2)

Svolgimento:

$$\dot{n}_i^t = \frac{\dot{n}_i^e}{\gamma_{\text{rel}}} \cdot \gamma_i$$

$$\dot{n}_{\text{NH}_3}^t = \frac{\dot{n}_{\text{NO}_2}^e}{\gamma_{\text{NO}_2}} \cdot \gamma_{\text{NH}_3}$$

$$C_{\text{NO}_2} = \frac{\dot{m}}{V} = \frac{\dot{n} \cdot M}{V}$$

$$\dot{n}_{\text{NO}_2}^e = \frac{C_{\text{NO}_2} \cdot V}{M_{\text{NO}_2}} = \frac{800 \text{ mg}/\text{Nm}^3 \cdot 1000 \text{ Nm}^3/\text{h}}{46 \text{ g/mol}} = 17,39 \text{ mol/h}$$

$$\dot{n}_{\text{NO}_2}^u = \frac{\dot{m}_{\text{NO}_2}^u}{M_{\text{NO}_2}} = \frac{50 \frac{\text{g}}{\text{h}}}{46 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1,09 \text{ mol/h}$$

$$\dot{n}_{\text{NO}_2}^e - \dot{n}_{\text{NO}_2}^u = 16,3 \text{ mol/h}$$

$$\dot{n}_{\text{NH}_3}^t = \frac{16,3}{6} \cdot 8 = 21,73 \text{ mol/h}$$

$$\dot{m}_{\text{NH}_3}^t = \dot{n}_{\text{NH}_3}^t \cdot M_{\text{NH}_3} = 21,73 \left[\frac{\text{mol}}{\text{h}} \right] \cdot 17 \left[\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right] = 369,41 \text{ g/h}$$

$$e = 5\% \text{ NH}_3$$

$$e = \frac{\dot{n}_i^e - \dot{n}_i^t}{\dot{n}_i^t} \Rightarrow \dot{n}_{\text{NH}_3}^e = \dot{n}_{\text{NH}_3}^t (1+e) = 21,73 (1+0,05) = 22,82 \text{ mol/h}$$

$$\dot{m}_{\text{NH}_3}^e = \dot{n}_{\text{NH}_3}^e \cdot M_{\text{NH}_3} = 387,88$$

b) C_{NH_3} nei fumi uscenti?

$$\dot{m}_{\text{NH}_3}^u = \dot{m}_{\text{NH}_3}^e - \dot{m}_{\text{NH}_3}^t = 18,41 \text{ g/h}$$

$$C_{\text{NH}_3} = \frac{\dot{m}_{\text{NH}_3}^u}{V} = 0,018 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

E - m a r

1 atm = 101325 Pa

$$\dot{m}_{NO} = 70 \text{ g/h} = 70000 \text{ mg/h}$$

$$\dot{m}_{NO_2} = 40 \text{ g/h} = 40000 \text{ mg/h}$$

$$\underbrace{\dot{n}_e}_{44,986} - 22,414 = 1008,32 \text{ Nm}^3/\text{h} = \dot{V}_{\text{fumi, secchi}}$$

$$\dot{m}_{\text{max}} = 110 \text{ g/h}$$

$$C_{NOx} = \frac{\dot{m}_{\text{max}}}{\dot{V}_{\text{max}}} = \frac{110 \cdot 10^3 \left[\frac{\text{mg}}{\text{h}} \right]}{1008,32 \left[\frac{\text{Nm}^3}{\text{h}} \right]} = 109,092 \text{ mg/Nm}^3$$

Normativa

$$CO_2 \text{ } \left[\frac{\text{g}}{\text{Nm}^3} \right] \text{ fumi secchi} = \frac{X_{O_2} - \dot{V}_{O_2}}{\dot{V}_{\text{fumi, secchi}}} = \frac{0,25 - 100}{1008,32} = 0,025\%$$

$$C_{NOx} = C_{NOx \text{ calcolato}} \cdot \frac{21 - 3}{21 - 2,5} = 106,143 \text{ mg/Nm}^3 \quad \text{10x normativa}$$

Esame 4
Parte 2

Una corrente di fumi umidi in uscita da una sezione di lavaggio ha una temperatura di 120°C e una temperatura di rugiada pari a 80°C

- 2-1. La frazione molare di vapore acqueo nella corrente
- 2-2. nell'ipotesi di portata molare di fumi umidi pari a 160 kmol/h , il calore complessivo da sottrarre ai fumi per raffreddare la corrente fino alla temp. di 80°C .

$T = 120^{\circ}\text{C}$
 $T_d = 80^{\circ}\text{C}$

$T_u > T_d =$ solo vapore

Legge di Raoult $P_i y_i = P_i^* x_i$
 $P_i = P^*$

all'equilibrio non abbiamo parte del liquido

$P_{H_2O} = y_{H_2O} \cdot P_{fumi} \Rightarrow y_{H_2O} = \frac{P_{H_2O}}{P_{fumi}}$

$\hookrightarrow P_{H_2O} = P^*(T_d)$
 $\hookrightarrow \ln P^* = A - \frac{B}{T+C} = 16,5362 - \frac{3985,44}{353,15 - 38,9974} = 3,85$

$P^* = e^{3,85} = 46,987 \text{ kPa}$

$46,987 = y_{H_2O} \cdot 101,325 \Rightarrow y_{H_2O} = 0,46 = 46\% \text{ e vapore acqueo}$
 $120^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C} = 40^{\circ}\text{C}$

b)

~~\dot{n}_{H_2O}~~ fumi $\rightarrow \dot{n}_{H_2O} = y_{H_2O} \dot{n}_{fumi}$
 $\rightarrow \dot{n}_{H_2O} \text{ mol/s}$

$Q_{fumi} = \dot{n}_{fumi} \cdot c_p \cdot \Delta T = 160 \cdot 33,16 \cdot (40 + 273,15)$
 $= 506,3 \text{ kJ} \quad 287 \quad 182 \text{ kJ}$

$Q_{H_2O} = \dot{n}_{H_2O} \cdot c_p \cdot \Delta T = 0,46$

$Q_{H_2O} = \dot{n}_{H_2O} \cdot c_{p,H_2O \text{ vap}} \cdot \Delta T \Big|_{80}^{120} + \dot{n}_{H_2O} \cdot \Delta H_{vap} + \dot{n}_{H_2O} \cdot c_p \cdot \Delta T \Big|_{60}^{80}$
 (condensazione) $\Delta H = \int c_{pdt}$
 (liquido)

Esame 6

$$1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$$

PARTE

3. In un ambiente di lavoro (10 (lunghezza) \times 7 (larghezza) \times 4,5 (altezza) m^3) è emessa una portata di sostanza tossica pari a $\dot{m} = 1 \text{ g/s}$. Le condizioni ambiente sono $p = 1 \text{ atm}$ e $t = 20^\circ\text{C}$.

Calcolare

la portata di ventilazione minima richiesta nell'ipotesi che la sostanza emessa sia toluene (C_7H_8) e la velocità dell'aria di ventilazione nell'ambiente di lavoro se la ventilazione entra nell'ambiente sul lato della larghezza. (Si assuma per il TLV-TWA del toluene il valore di 150 ppm).

$$V = 10 \times 7 \times 4,5 \text{ m}^3$$

$$\dot{m} = 1 \text{ g/s} \rightarrow \dot{m}_{\text{C}_7\text{H}_8}$$

$$p = 1 \text{ atm}$$

$$t = 20^\circ\text{C}$$

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}_{\text{C}_7\text{H}_8}}{C_i} = \frac{\dot{m}_{\text{C}_7\text{H}_8}}{C_{\text{C}_7\text{H}_8}}$$

$$e = \frac{p M_{\text{mol}}}{RT} = \frac{92,14}{0,021 \cdot 293,15} = 3,83 \cdot 10^3 \text{ g/m}^3$$

$$150 [\text{ppm}] = 150 \cdot 3,83 \cdot 10^3 [\text{g/m}^3] = 574,5 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{V} = 1,74 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = \frac{\dot{V}}{\text{area}} = \frac{1,74 \cdot 10^{-6}}{7 \cdot 4,5} = 5,5288 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$$