

ESTUDIO DE EMISIONES

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA

JULIO GARAVITO

Ejercicio 1: velocidad de gases en chimenea con datos globales

En un estudio de determinaron los siguientes valores:

Área de la chimenea, 12.56 m^2 ,

Presión barométrica, $P_b = 22.27 \text{ in. Hg}$,

Presión manométrica, $P_s = - 0.05 \text{ in. H}_2\text{O}$,

$P_s = 22,27 \text{ in.Hg} - 0,05 \text{ in.H}_2\text{O}/13,6 \text{ in.H}_2\text{O}/\text{in.Hg} = 22,26 \text{ in. Hg}$,

Temperatura de la chimenea, $T_s = 600^\circ F = 1060^\circ R$,

Raíz cuadrada de la cabeza de velocidad, $\sqrt{\Delta P_{avg}} = 0,065 \text{ in.H}_2\text{O}$,

Asumir que el peso molecular del gas (M_s) es similar al del aire, que es 28.96 lb/lb-mol. Asumir también que el coeficiente de calibración del pitot empleado (C_p) es 0.85. $K_p = 85,49 \text{ ft/s}$. La velocidad del gas en la chimenea (V_s), se calcula de la siguiente manera:

$$V_s = K_p C_p \sqrt{\Delta P \frac{T_s}{P_s M_s}}$$

$$V_s = (85,49)(0,85)(0,065) \sqrt{\frac{1060}{(22,26)(28,96)}} = 6,05 - \text{ft/s}$$

Ejercicio 2: velocidad de gases con datos intermedios

Determinar la velocidad del gas en chimenea teniendo presente los siguientes valores: $K_p = 85,49 \text{ ft/s}$, $C_p = 0,85$, $M_s = 28,73 \text{ lb/lb-mol}$, $P_b = 22,27 \text{ in.Hg}$

Pto No.	Cabeza vel $\Delta P \text{ (in.H}_2\text{O)}$	Temp. chimenea $t_s \text{ (}^\circ\text{F)}$
1	0.05	77
2	0.05	75
3	0.05	74
4	0.05	74
5	0.05	75
6	0.05	76
7	0.05	68
8	0.07	74
9	0.07	73
10	0.07	74
11	0.06	75
12	0.06	76

Ejercicio 2: velocidad de gases con datos intermedios

$$V_s = K_p C_p \sqrt{\Delta P_{avg}} \sqrt{\frac{T_s}{P_s M_s}}$$

$$K_p = 85,49 \frac{ft}{s} \left(\frac{(lb/lb - mol)(in.Hg)}{(^{\circ}R)(in.H_2O)} \right)^{1/2}$$

$$V_s = (K_p)(0,85)(0,2374 in.H_2O)^{1/2} \sqrt{\frac{625,65^{\circ}R}{(22,26 in.Hg)(28,73 lb/lb - mol)}} = 17,06 ft/s$$

Ley de Dalton

Emplear la ley de Dalton de presiones parciales para calcular la presión total de una mezcla de gases o la presión de un gas en una mezcla de gases.

La presión total de una mezcla de gases es la suma de las presiones parciales de cada uno de los gases en la mezcla

Si tenemos una mezcla de hidrógeno y oxígeno, ejerciendo una presión parcial de 0.5 atm y 0.5 atm, respectivamente, la presión parcial total es 1.0 atm

$$P_{total} = P_{H_2} + P_{O_2}$$

$$P_{total} = 0,5 \text{ atm} + 0,5 \text{ atm}$$

Ecuacion de gases ideales y mezcla de gases

Peso molecular aparente de gases en chimenea,

$$M_{mix} = (1 - B_{ws}) \sum B_x M_x + B_{ws} M_{H_2O}$$

$\sum B_x M_x$ es la sumatoria de las fracciones molares secas, (B_x es la fraccion molar del gas, M_x es el peso molecular del gas), B_{ws} la fraccion de volumen de agua, y M_{H_2O} peso molecular del agua,

Peso molecular del gas (base seca)

$$M_d = 0,440(\%CO_2) + 0,320(\%O_2) + 0,280(\%N_2 + \%CO)$$

Peso molecular del gas (base humeda, condiciones de chimenea)

$$M_s = M_d(1 - B_{ws}) + 18B_{ws}$$

Derivacion de la ecuacion de muestreo isocinetico

Velocidad de los gases en una boquilla,

$$v_s = K_p C_p \sqrt{\frac{T_s \Delta p}{P_s M_s}}$$

Flujo de gases en la boquilla

$$Q_n = A_n v_n = A_n v_s$$

Flujo de gases en el medidor (Q_m) es igual al flujo de gases en boquilla (Q_n)

$$Q_n = A_n v_s = Q_m \frac{P_m}{P_s} \frac{T_s}{T_m}$$

Corrigiendo la tasa de flujo del medidor por el vapor de agua condensada obtenemos

$$Q_n = Q_m \frac{P_m}{P_s} \frac{T_s}{T_m} \left(\frac{1 - B_{wm}}{1 - B_{ws}} \right)$$

Flujo en el medidor,

$$Q_m = K_m \sqrt{\frac{T_m \Delta H}{P_m M_m}}$$

Derivacion ecuacion isocinetica

$$Q_n = Q_m \left(\frac{P_m T_s}{P_s T_m} \right) \left(\frac{1 - B_{wm}}{1 - B_{ws}} \right)$$

$$Q_n = K_m \sqrt{\frac{T_m \Delta H}{P_m M_m}} \frac{P_m T_s}{P_s T_m} \left(\frac{1 - B_{wm}}{1 - B_{ws}} \right) = A_n v_s$$

sustituyendo $A_s = \frac{\pi D_n^2}{4}$ y $v_s = K_p C_p \sqrt{\frac{T_s \Delta p}{P_s M_s}}$ y elevando al cuadrado

$$K_m^2 \left(\frac{T_m \Delta H}{P_m M_m} \right) \frac{P_m^2 T_s^2}{P_s^2 T_m^2} \left(\frac{1 - B_{wm}}{1 - B_{ws}} \right)^2 = \left(\frac{\pi D_n^2}{4} \right)^2 K_p^2 C_p^2 \left(\frac{T_s \Delta p}{P_s M_s} \right)$$

resolviendo para... $\Delta H = D_n^4 \left(\frac{\pi K_p C_p}{4 K_m} \right)^2 \left(\frac{1 - B_{ws}}{1 - B_{wm}} \right)^2 \frac{M_m T_m P_s}{M_s T_s P_m} [\Delta p]$

Incorporando la densidad de los gases

Sustituyendo $M_m = M_d(1 - B_{wm}) + 18B_{wm}$ y $M_s = M_d(1 - B_{ws}) + 18B_{ws}$

$$\Delta H = D_n^4 \left(\frac{\pi K_p C_p}{4K_m} \right)^2 \frac{(1 - B_{ws})^2}{(1 - B_{wm})^2} \left[\frac{M_d(1 - B_{wm}) + 18B_{wm}}{M_d(1 - B_{ws}) + 18B_{ws}} \right] \frac{T_m}{T_s} \frac{P_s}{P_m} [\Delta p]$$

o lo que es igual
$$\Delta H = \left[846,72 D_n^4 \Delta H@ C_p^2 (1 - B_{ws})^2 \frac{M_m}{M_s} \frac{T_m}{T_s} \frac{P_s}{P_m} \right] \Delta p$$

Cuando se asume lo siguiente,

$$B_{wm} = 0$$

$$\Delta H@ = \frac{0,9244}{K_m^2}$$

$$K_p = 85,49$$

Diametro de la boquilla

Eleccion del diametro de la boquilla. Realizar el muestreo preliminar de la velocidad para obtener el ΔP promedio, Δp_{avg} .

$$D_n = \sqrt{\frac{0,0358 Q_m P_m}{T_m C_p} \frac{1}{(1 - B_{ws})} \sqrt{\frac{T_s M_s}{P_s \Delta p_{avg}}}}$$

Donde Q_m es 0.75 cfm, o cualquier otro deseado.

Ejercicio 3: velocidad de gases - muestreo preliminar

En una fuente de emision ¹, el analisis de gases de combustion arroja los siguientes resultados: $\%CO_2 = 3.52$; $\%O_2 = 3.58$; $\%CO = 0.0$. Tener en cuenta que la humedad de los gases es del 8.0 %. Determine: contenido de nitrogeno, peso molecular de los gases, velocidad en la chimenea y el diametro de la boquilla

Contenido de nitrogeno

$$\%N_2 = 100 - (\%CO_2 + \%CO + \%O_2)$$

¹Área de la chimenea, 12.56 m^2 , Presión barométrica, $P_b = 22.27 \text{ in. Hg}$, Presión manométrica, $P_s = -0.05 \text{ in. H}_2\text{O}$, Temperatura de la chimenea, $T_s = 600^\circ F = 1060^\circ R$, Raíz cuadrada de la cabeza de velocidad, $\Delta P = 0.065 \text{ in. H}_2\text{O}$, la presión absoluta en el medidor, P_m es 22.28 in.Hg

Ejercicio 3: velocidad de gases - muestreo preliminar

En una fuente de emision ², el analisis de gases de combustion arroja los siguientes resultados: $\%CO_2 = 3.52$; $\%O_2 = 3.58$; $\%CO = 0.0$. Tener en cuenta que la humedad de los gases es del 8.0 %. Determine: contenido de nitrogeno, peso molecular de los gases, velocidad en la chimenea y el diametro de la boquilla

Contenido de nitrogeno

$$\%N_2 = 100 - (\%CO_2 + \%CO + \%O_2)$$

$$\%N_2 = 100 - (3,52 + 0,0 + 3,58) = 92,90$$

Peso molecular del gas (base seca)

$$M_d = 0,440(\%CO_2) + 0,320(\%O_2) + 0,280(\%N_2 + \%CO)$$

$$M_d = 0,440(3,52) + 0,320(3,58) + 0,280(92,90 + 0,0) = 28,71$$

²Área de la chimenea, 12.56 m^2 , Presión barométrica, $P_b = 22.27 \text{ in. Hg}$, Presión manométrica, $P_s = - 0.05 \text{ in. H}_2\text{O}$, Temperatura de la chimenea, $T_s = 600^\circ F = 1060^\circ R$, Raíz cuadrada de la cabeza de velocidad, $\Delta P = 0,065 \text{ in. H}_2\text{O}$, la presión absoluta en el medidor, P_m es 22.28 in.Hg

Ejercicio 3: velocidad de gases - muestreo preliminar

En una fuente de emision ³, el analisis de gases de combustion arroja los siguientes resultados: %CO₂ = 3.52; %O₂ = 3.58; %CO = 0.0. Tener en cuenta que la humedad de los gases es del 8.0 %. Determine: contenido de nitrogeno, peso molecular de los gases, velocidad en la chimenea y el diametro de la boquilla

Peso molecular del gas (base humeda, condiciones de chimenea)

$$M_s = M_d(1 - B_{ws}) + 18B_{ws}$$

$$M_s = 28,71(1 - 8,0/100) + 18(8,0/100) = 27,85$$

velocidad de los gases

$$V_s = K_p C_p \sqrt{\Delta P \frac{T_s}{P_s M_s}}$$

³Área de la chimenea, 12.56 m², Presión barométrica, P_b = 22.27 in. Hg, Presión manométrica, P_s = - 0.05 in. H₂O, Temperatura de la chimenea, T_s = 600°F = 1060°R, Raíz cuadrada de la cabeza de velocidad, ΔP = 0,065 in. H₂O, la presión absoluta en el medidor, P_m es 22.28 in.Hg

Ejercicio 3: velocidad de gases - muestreo preliminar

velocidad de los gases

$$V_s = K_p C_p \sqrt{\Delta P_{avg}} \sqrt{\frac{T_s}{P_s M_s}}$$

$$K_p = 85,49 \frac{ft}{s} \left(\frac{(lb/lb - mol)(in.Hg)}{(^\circ R)(in.H_2O)} \right)^{1/2}$$

$$V_s = (K_p)(0,85)(0,065 \text{ in.H}_2\text{O})^{1/2} \sqrt{\frac{1060^\circ R}{(22,26 \text{ in.Hg})(27,85 \text{ lb/lb} - mol)}} = 6,17 \text{ ft/s}$$

Ejercicio 3: velocidad de gases - muestreo preliminar

En una fuente de emision ⁴, el analisis de gases de combustion arroja los siguientes resultados: %CO₂ = 3.52; %O₂ = 3.58; %CO = 0.0. Tener en cuenta que la humedad de los gases es del 8.0 %. Determine: contenido de nitrogeno, peso molecular de los gases, velocidad en la chimenea y el diametro de la boquilla

$$D_n = \sqrt{\frac{0,0358 Q_m P_m}{T_m C_p} \frac{1}{(1 - B_{ws})} \sqrt{\frac{T_s M_s}{P_s \Delta p_{avg}}}}$$

$$D_n = \sqrt{\frac{0,0358 Q_m P_m}{T_m C_p} \frac{1}{(1 - B_{ws})} \frac{1}{\sqrt{\Delta p_{avg}}} \sqrt{\frac{T_s M_s}{P_s}}}}$$

$$D_n = \sqrt{\frac{(0,0358) (0,75)(22,28)}{(528)(0,85)} \frac{1}{(1 - 8/100)} \frac{1}{(0,065)} \sqrt{\frac{(1060)(27,85)}{(22,26)}}} = 0,901 \text{ in}$$

⁴Área de la chimenea, 12.56 m², Presión barométrica, P_b = 22.27 in. Hg, Presión manométrica, P_s = - 0.05 in. H₂O, Temperatura de la chimenea, T_s = 600°F = 1060°R, Raíz cuadrada de la cabeza de velocidad, ΔP = 0,065 in. H₂O, la presión absoluta en el medidor, P_m es 22.28 in.Hg

Ejercicio 4: Ecuacion isocinetica de trabajo

Del ejercicio anterior, hallar la constante isocinetica de muestreo. Tener en cuenta el diametro de la boquilla del anterior ejercicio y la constante del orificio del medidor es 1.84 in. H_2O

Ejercicio 4: Ecuacion isocinetica de trabajo

Del ejercicio anterior, hallar la constante isocinetica de muestreo. Tener en cuenta el diametro de la boquilla del anterior ejercicio y la constante del orificio del medidor es 1.84 in. H_2O

$$\Delta H = \left[846,72 D_n^4 \Delta H @ C_p^2 (1 - B_{ws})^2 \frac{M_d T_m P_s}{M_s T_s P_m} \right] \Delta p$$

$$\Delta H = \left[846,72 (0,901)^4 (1,84) (0,85)^2 (1 - 8/100)^2 \frac{28,71}{27,85} \frac{528}{1060} \frac{22,26}{22,28} \right] \Delta p$$

$$\Delta H = \left[320,69 \right] \Delta p$$

Boquillas

