

Máquinas térmicas - Comisión A y B industrial

Problemas: Tema combustión

- 1) Hallar las características principales de la combustión (P_{ci} , temperatura máxima, ω_a) de un lignito que contiene 5,4 % de humedad y cuya composición en masa es: $c = 0,77$ $h = 0,053$ $o = 0,147$ cenizas $z = 0,03$ cuando quema con un exceso de aire del 60 %

- 2) Para la combustión de una hulla cuya composición es $c = 0,85$, $o = 0,05$, $h = 0,046$, $s = 0,006$ cenizas $z = \text{resto}$. Determinar:
 - Volumen de aire a suministrar para la combustión teórica perfecta.
 - Volumen de los humos formados con la combustión perfecta.
 - Volumen de aire para un exceso del 60 %.
 - Temperatura de la llama, para una temperatura de entrada de aire de 100 °C.
 - Rendimiento de la combustión, suponiendo una temperatura de régimen del hogar de 370 °C.

- 3) Obtener mediante el diagrama de Rosin y Fehling para una combustión de las siguientes características: $t_i = 25$ °C, $t_{\text{régimen}} = 400$ °C, $t_{\text{máx.}} = 1640$ °C, $\omega_a = 0,60$, calcular el beneficio obtenido en el rendimiento de la combustión para las condiciones iniciales, y el rendimiento y la nueva $t_{\text{máx.}}$, al elevar la temperatura inicial del aire a 160 °C.

- 4) Un combustible que tiene 6 % de humedad presenta el siguiente análisis en base seca: $c = 0,70$, $h = 0,08$, $o = 0,15$ cenizas $z = 0,07$. Determinar:
 - a) Poder calorífico superior según la fórmula de la VDI
 - b) Poder calorífico inferior
 - c) Volumen de aire a suministrar para la combustión teórica perfecta.
 - d) Volumen de los humos formados con la combustión perfecta.
 - e) Volumen de aire para un exceso del 40 %.
 - f) Temperatura de la llama, para una temperatura de entrada de aire de 27 °C.
 - g) Rendimiento de la combustión, suponiendo una temperatura de régimen del hogar de 300 °C.
 - h) La mejora de rendimiento que se obtiene precalentando el aire hasta 200 °C.

- 5) Para la combustión de una hulla cuya composición en peso es $C = 0,85$, $O = 0,05$, $H = 0,046$, $S = 0,006$ cenizas $z = \text{resto}$. Determinar:

- Volumen de aire a suministrar para la combustión teórica perfecta.
 - Volumen de los humos formados con la combustión perfecta.
 - Volumen de aire para un exceso del 60 %.
 - Temperatura de la llama, para una temperatura de entrada de aire de 100 °C.
 - Rendimiento de la combustión, suponiendo una temperatura de régimen del hogar de 370 °C.
- 6) Calcular el rendimiento de una combustión y la temperatura máxima, mediante el diagrama de Rosin y Fehling sabiendo que la temperatura inicial del aire es 30 °C y el Poder calorífico por m³N de humos es 500 Kcal /m³N. El exceso de aire es del 35 % y la temperatura de gases a la salida es de 250 °C.
- 7) Determinar el volumen de los productos de la combustión completa a la salida de un horno, así como los volúmenes teórico y real de aire que se necesitan para quemar 1 m³ de gas natural de la siguiente composición y cuál será su temperatura teórica de llama: CO₂ = 0,2%; CH₄ = 98,2%; C₂H₀ = 0,4%; C₃H₈ = 0,1 %; C₄H₁₀ = 0,1 %; N₂ = 1,0%. El coeficiente de exceso de aire en el hogar es del 20%

Ejercicio resuelto

Hallar las características principales de la combustión (P_{ci}, temperatura máxima, ω_a) de un lignito que contiene 5,4 % de humedad y cuya composición en masa es:

$$C = 0,77 \qquad H = 0,053 \qquad O = 0,147 \qquad \text{cenizas } z = 0,03$$

Cuando quema con un exceso de aire del 60 %

Solución

Debemos reducir la composición en base seca al combustible húmedo real. Si tiene 5,4 % de humedad la fracción seca será el 94,6 % y los nuevos coeficientes estarán afectados de un coeficiente 0,946.

$$C' = 0,946 \quad C = 0,728, \quad H' = 0,946 \quad H = 0,05, \quad O' = 0,946 \quad O = 0,139 \quad \text{Cenizas } z = 0,028$$

El poder calorífico superior según la fórmula del V.D.I. es

$$P_{CS} = h_S = 8080 c + 29000 \left(h - \frac{O}{8} \right) + 2500 s$$

$$P_{CS} = 8080 \times 0,728 + 29000 \left(0,05 - \frac{0,139}{8} \right) = 6828,36 \text{ kcal/kg}$$

El poder calorífico inferior será:

$$P_{ci} = h_i = h_s - r(a + 9h) = 6828,36 - 595(0,054 + 9 \times 0,05) = 6528,48 \text{ kcal/kg}$$

El volumen teórico de aire será:

$$A_0 = 4,76 \left(\frac{c}{12} + \frac{h}{4} + \frac{s}{32} - \frac{o}{32} \right) 22,4 \frac{\text{m}^3 \text{N}}{\text{kg de comb.}}$$

$$A_0 = 4,76 \left(\frac{0,728}{12} + \frac{0,05}{4} - \frac{0,139}{32} \right) 22,4 = 7,34 \frac{\text{m}^3 \text{N}}{\text{kg de comb.}}$$

El volumen normal de humos (combustión estequiométrica) es:

$$V_0 = \left[\frac{c}{12} + \frac{h}{2} + \frac{s}{32} - \frac{o}{32} + 3,76 \left(\frac{c}{12} + \frac{h}{4} + \frac{s}{32} - \frac{o}{32} \right) \right] 22,4 \frac{\text{m}^3 \text{N}}{\text{kg de comb.}}$$

$$V_0 = \left[\frac{0,728}{12} + \frac{0,05}{2} - \frac{0,139}{32} + 3,76 \left(\frac{0,728}{12} + \frac{0,05}{4} - \frac{0,139}{32} \right) \right] 22,4 = 7,62 \frac{\text{m}^3 \text{N}}{\text{kg de comb.}}$$

Cantidad real de aire A_r en exceso

$$A_r = (1 + e)A_0 = (1 + 0,60)A_0 = 1,60 \times 7,34 = 12,19 \text{ m}^3/\text{kg}$$

El volumen de humos real es:

$$V_r = V_0 + eA_0 = 7,62 + 0,60 \times 7,34 = 12,02 \text{ m}^3/\text{kg comb}$$

El tenor de aire en el humo real o grado de dilución del aire en el humo, por consiguiente será:

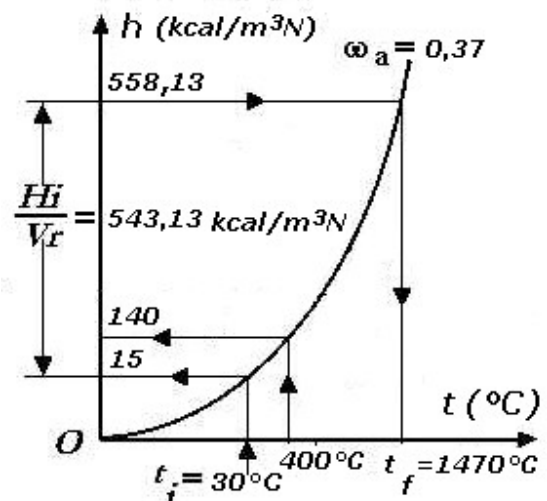
$$\omega_a = \frac{eA_0}{V_r} = \frac{0,60 \times 7,34}{12,02} = 0,37 \text{ ó } 37 \%$$

Para poder utilizar los diagramas entálpicos de Rosin y Fehling, debe hallarse el poder calorífico correspondiente a un m^3 de humos, utilizaremos el poder calorífico inferior que es el que interesa en los hogares industriales a causa de la temperatura de salida de los humos.

$$Q = \frac{H_i}{V_r} = \frac{6528,48 \text{ kcal}}{12,02 \text{ m}^3 \text{N}} = 543,13 \text{ kcal/m}^3 \text{N}$$

Se adoptará como temperatura inicial a 30°C , encontrando la temperatura final de $t_f = 1470^\circ\text{C}$.

Suponiendo que la temperatura de salida de los humos sea de 400°C , se obtiene como rendimiento del proceso de combustión, siempre que no haya pérdidas de calor al exterior:



$$\eta = \frac{Q_a}{Q} = \frac{558,13 - 140}{558,13 - 15} = \frac{418,13}{543,13} = 0,77$$