

Poder calorífico

Relación entre los poderes caloríficos: $PCI = PCS - 597 \times G = PCS - 597(9H + H_2O)$

Siendo:

PCI poder calorífico inferior
 PCS poder calorífico superior
 597 Calor de condensación del agua a 0 °C
 G Porcentaje en peso del agua formada por la combustión del H_2 más la humedad propia del combustible

Recordando: $G = 9H + H_2O$ ↑

9 Son los kilos de agua que se forman al oxidar un kilo de hidrógeno.
 H % de hidrógeno contenido en el combustible.
 H₂O % de humedad del combustible.

Método analítico

Formulas de Dulong

PCS comb. seco $PCS = 8,140 \times C + 34,400 \times (H - O/8) + 2,220 \times S$
 PCI comb. seco: $PCI = 8,140 \times C + 29,000 \times (H - O/8) + 2,220 \times S$
 PCI comb. húmedo: $PCI = 8,140 \times C + 29,000 \times (H - O/8) + 2,220 \times S - 600 \times H_2O$

Formula de Hutte

PCI comb. húmedo $8,100 \times C + 29,000 \times (H - O/8) + 2,500 \times S - 600 \times H_2O$

Formula de Asociación de Ing. Alemanes

PCI comb. húmedo $PCI = 8,080 \times C + 29,000 \times (H - O/8) + 2,500 \times S - 600 \times H_2O$

C Cantidad centesimal de carbono en peso por kilogramo combustible
 H Cantidad centesimal de hidrógeno total en peso por kilogramo de combustible
 O Cantidad centesimal de oxígeno en peso por kilogramo combustible
 S Cantidad centesimal de azufre en peso por kilogramo combustible
 O / 8 Cantidad centesimal de hidrógeno en peso que se encuentra combinado con el oxígeno del mismo combustible dando "agua de combinación"
 (H - O/8) Cantidad centesimal de "hidrógeno disponible", en peso realmente disponible para que se oxide con el oxígeno del aire, dando "agua de formación"

Método práctico

CALORIMETRO DE MAHLER Y KROEKER

$$Q = Q_{\text{agua}} + Q_{\text{termometro}} + Q_{\text{agitador}} + Q_{\text{recipiente}} + Q_{\text{vaso}}$$

$$Q = \Delta T(m_{\text{agua}} c_{p\text{agua}} + m_{\text{termometro}} c_{p\text{termometro}} + m_{\text{agitador}} c_{p\text{agitador}} + m_{\text{recipiente}} c_{p\text{recipiente}} + m_{\text{vaso}} c_{p\text{vaso}})$$

$$Q = (m_{\text{agua}} c_{p\text{agua}} + E_{\text{aparato}}) \Delta T$$

Para determinar el poder calorífico:

$$Q = Q_{\text{combustible}} + Q_{\text{alambre}}$$

$$Q_{\text{comb}} = Q - Q_{\text{alambre}}$$

Reemplazo:

$$Q_{\text{comb}} = (m_{\text{agua}} c_{p\text{agua}} + E_{\text{aparato}}) \Delta T - m_{\text{alambre}} C_{\text{alambre}}$$

Nos queda:

$$PCS = \frac{Q_{\text{combustible}}}{G_{\text{combustible}}}$$

$$PCI = PCS - 600(9H + H_2O) = PCS - 600 \frac{G_{\text{agua}}}{G_{\text{combustible}}}$$

G_{agua} representa el peso del total de agua existente = (peso papel humedo - peso papel seco)

$G_{\text{combustible}}$ el peso de combustible quemado

Aire mínimo para una combustión perfecta

$$g_{hd} = g_h - \frac{g_{O_2}}{2}$$

g_c composición gravimétrica carbono

g_h composición gravimétrica hidrógeno

g_{O_2} composición gravimétrica oxígeno

g_s composición gravimétrica azufre

$$G_{t \text{ aire}} = 11,6g_c + 34,78g_{hd} + 4,35g_s [Kg_{aire}/Kg_{comb.}]$$

$$V_{t \text{ aire}} = 8,89g_c + 26,27g_{hd} + 3,34g_s [m^3_{aire}/Kg_{comb.}]$$

$$V_{R \text{ aire}} = (1 + e)V_{t \text{ aire}} [m^3_{aire}/Kg_{comb.}]$$

En la práctica es necesario trabajar con un exceso de aire para que asegurar la combustión perfecta: V_R

Gases de combustión

$$g_h = (3,67g_c + 9g_{hd} + 2g_s) + 3,35(2,67g_c + 8g_{hd} + g_s) + g_w [Kg_{humo}/Kg_{comb}]$$

$$V_h = 1,897g_c + 11,2g_{hd} + 0,7g_s + 3,76(1,867g_c + 5,6g_{hd} + 0,7g_s) + 1,24g_w [m^2_{humo}/Kg_{comb}]$$

Exceso de aire

g_h (kg de gases húmedos/ kg de combustible)

e (coeficiente de exceso de aire)

g'_S (kg gases secos / kg carbono)

g''_S (kg gases secos / kmol combustible)

μ (masa molecular) (kg/kmol)

G_{AT} (kg de aire teórico / kg de combustible)

g_s (kg gases secos/ kg de combustible)

g_C kg de carbono / kg de combustible)

g'_C (kg carbono / kmol combustible)

g_w (kg de aire teórico/ kg combustible)

r composición volumétrica

$$g_h = 1 + e G_{AT}$$

$$e = \frac{g_h - 1}{G_{AT}}$$

$$g_h = g_s + g_w$$

$$g_s = g'_S g_C$$

$$g'_S = \frac{G''_S}{g'_C}$$

$$g_i = \mu_i r_i$$

$$g''_S = \sum_{i=1}^n \mu_i r_i$$

$$g'_C = \sum_{i=1}^n \mu_C r_{iC}$$

$$g'_S = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_i r_i}{\sum_{i=1}^n \mu_C r_{iC}}$$

$$g_h = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_i r_i}{\sum_{i=1}^n \mu_C r_{iC}} g_C + g_w$$

$$g_w = 9 g_{he}$$

$$G_{AT} = 11,6 g_C + 37,38 g_{hd} + 4,35 g_s$$

para mi aca g_s es del azufre, no gases secos/comb.

Yo copié las formulas, pero los analisis dimensionales no dan en algunos...

Volumen humos combustión imperfecta

Característica de una caldera

G_r	cantidad vapor producido	Capacidad	$Q = G_r \Delta h$
R_e	relacion estequio... 9,7 para gas natural	Potencia (HP)	$P = \frac{G_v (\Delta h)}{543,4(kcal/kg) \cdot 15,66(kg)}$
λ	exceso de aire $\frac{21}{21 - O_2}$		$= \frac{G_v (\Delta h)}{8510(kcal/hp \cdot h)}$
v	velocidad gas		
$A_2 y B$	parametros dependen gas/caldera?	Aire combustion	$A_c = G_c R_e \lambda$
P_{ab}	va en MCA		<i>Ejercicio dimensionamieto?</i>
P_C	en combustible sin quemar es la potencia calorifica del carbono, 8140 kcal/kg	Diametro tubo gas	$D = \sqrt{\frac{365,35 G_c}{v P_{ab}}} \quad (v < 40 m/s)$
%C	es Carbono sin quemar, en las cenizas	Presión abs gas	$P_{ab} = P_{atm} + P_{carga} + P_{contra}$
	PERDIDAS	Perdida gases	$p_g = (T_{gas} - T_{amb}) \left(\frac{A_2}{21 - O_2} + B \right)$
	gases comb $Q = G_g c_p \text{ humo} (t_{gas} - t_{aire})$	Rendimiento	$\eta = 100 - p_g$
	humedad comb $Q = G_{h_2o} \Delta h_{agua}$	Calor quemador	$Q = \frac{G_v (\Delta H)}{\eta_{caldera} n_{quemadores}}$
comb sin quemar	$Q = \frac{G_{escoria}}{G_{combustible}} P_C \%C$		
hw comb comb	$Q = 9 G_{humedad} \Delta h_{agua}$		
exceso aire	$Q = G_{aire} c_p \text{ humo} (t_{gas} - t_{aire})$		

Intercambiador (superficies de intercambio)

S	superficie de intercambio	$S = n l \pi d$	$Q = S K \Delta T_m$
n	número de tubos		
l	longitud tubos	$\Delta T_m = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)}$	$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$
d	diametro tubos		
K	coef total de transmisión de calor	e	espesor tubo
α	coeficientes peliculares (humo/vapor/agua)	ΔT_m	diferencia log de temp
		λ	conductividad térmica tubo