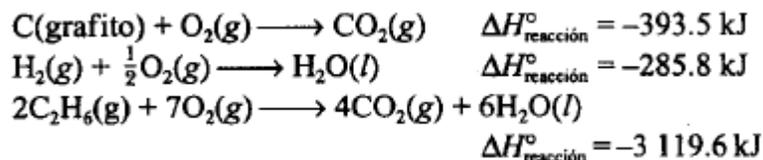
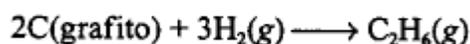


Auxiliar 9 CM1A1 Otoño 2008
Problemas pendientes
02 de junio de 2008
Prof. Cátedra Ricardo Letelier D.
Prof. Aux. Juan Pablo Elgueta J.

1. A partir de los siguientes datos:



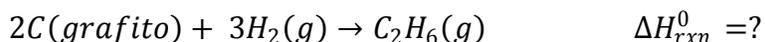
Calcule el cambio de entalpía para la reacción



Solución:

El objetivo es calcular el cambio de entalpía para la formación de C_2H_6 desde los elementos C y H_2 . Esta reacción no ocurre directamente, sin embargo, se debe usar una ruta indirecta usando la información dada en las tres ecuaciones, las cuales serán llamadas ecuaciones (a), (b) y (c).

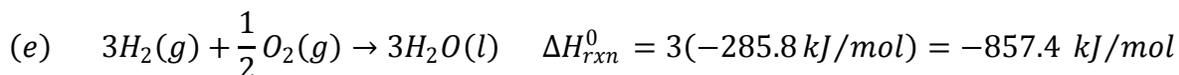
La ecuación para la formación de C_2H_6 desde sus elementos es:



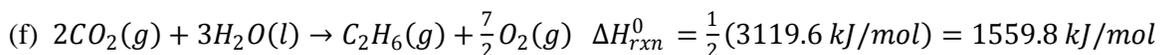
Mirando la reacción, se necesitan 2 moles de grafito como reactante. Así, multiplicando la ecuación (a) por 2, para obtener:



Ahora, se necesitan 3 moles de H_2 como reactante. Así, se multiplica la ecuación (b) por 3, para obtener:



Finalmente, se tiene 1 mol de C_2H_6 como producto. La ecuación (c) tiene 2 moles de C_2H_6 la ecuación reversa y dividida por 2.



Sumando juntas las ecuaciones (d), (e) y (f), se tiene:

	<u>REACCIÓN</u>	<u>ΔH^0 (kJ/mol)</u>
(d)	$2C(\text{grafito}) + 2O_2 \rightarrow 2CO_2$	-787.0
(e)	$3H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow 3H_2O(l)$	-857.4
(f)	$3H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow 3H_2O(l)$	1559.8
$2C(\text{grafito}) + 3H_2(g) \rightarrow C_2H_6(g)$		$\Delta H^0 = -84.6 \text{ kJ/mol}$

2. El salitre sódico (NaNO_3) se obtiene por cristalización y filtración debe ser granulado previa a su almacenamiento. La granulación se efectúa también a partir de NaNO_3 húmedo (6% de agua) a temperatura ambiente (25°C) el que se funde inicialmente a 300°C en un horno reverbero. El material fundido se sobrecalienta en un horno de llama directa hasta 330°C y se introduce al tope de una torre de granulación. La granulación genera un 10% de rechazo el cual se recircula al reverbero, alimentándose a 140°C . La eficiencia térmica del reverbero es del 60% y la del sobrecalentamiento es de 70%. Considerando que se tratan 10 Ton/hr de salitre sódico fresco, determine el consumo de combustible en el reverbero y en el sobrecalentador.

Datos:

PM salitre sódico: 85

$H_{\text{fusión}}(\text{NaNO}_3)$: 3.8 Kcal/mol

$T_{\text{fusión}}(\text{NaNO}_3)$: 308°C

$C_p(\text{NaNO}_3)_{\text{sólido}}$: $4.56 + 0.058T$ cal/mol K

$C_p(\text{NaNO}_3)_{\text{líquido}}$: 37.2 cal/mol K

$C_p(\text{H}_2\text{O})_{\text{líquido}}$: 1 cal/g

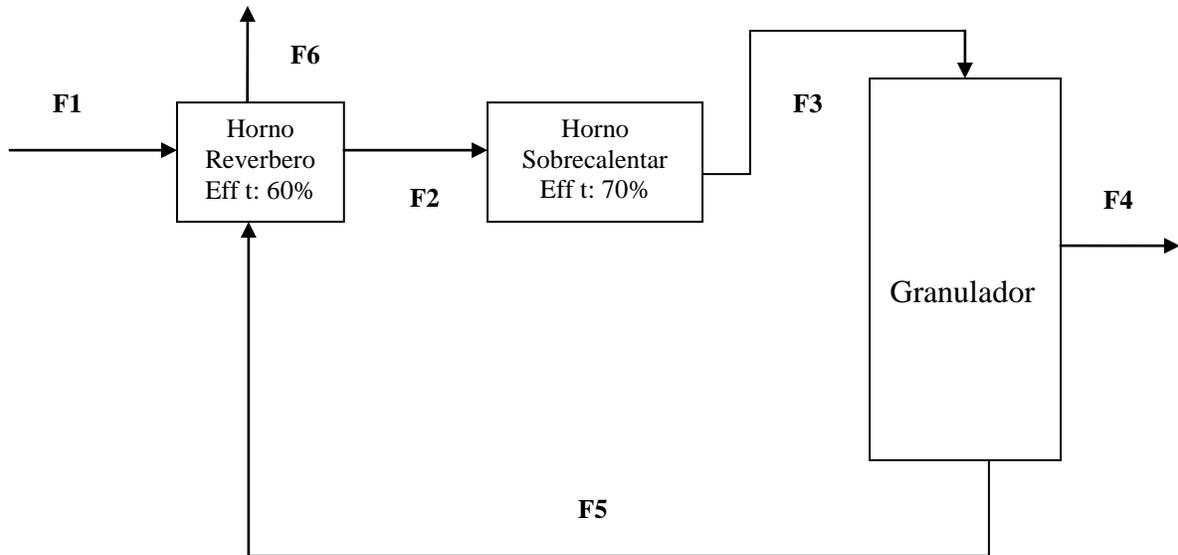
$H_{\text{vap}}(\text{H}_2\text{O})$: 540.5 cal/g

$C_p(\text{H}_2\text{O})_{\text{vapor}}$: $8.22 + 0.00015T + 0.00000134T^2$ cal/g K

Poder calorífico Standard (PCS) Fuel Oil n°6: 10200 Kcal/Kg

Solución:

El proceso está descrito en el siguiente diagrama de flujo:



Los flujos tienen la siguiente composición (vienen dados desde un balance de masa, lo que no debe saber hacer por el momento, por lo que pueden considerar como dato la siguiente tabla):

<i>Flujo</i>	<i>Salitre Sódico (kg/hr)</i>	<i>Agua (kg/hr)</i>	<i>Temperatura (°C)</i>
F1	$10000 - 600 = 9400$	600	25
F2	$1044.4 + 9400 = 10444.4$	-	300
F3	10444.4	-	330
F4	$0.9 * 10444.4 = 9400$	-	140
F5	1044.4	-	140
F6	-	600	300

Notar que la cantidad de salitre a recircular se puede determinar sabiendo que:

$$F_5 = 0.1 (9400 + F_5)$$

$$\Rightarrow F_5 = 1044.44 \text{ kg/hr}$$

Los balances de energía son los que se requieren para determinar el requerimiento de petróleo; **para el horno reverbero** se tiene que:

$$H_e + Q = H_s + W$$

como $W = 0$, se puede deducir que:

$$H_s - H_e = \Delta H = Q_1$$

$$H_e = 9400 * H_{\text{salitre},25} + 600 * H_{\text{agua},25} + 1044.4 * H_{\text{salitre},140}$$

$$H_s = 10444.4 * H_{\text{salitre},300} + 600 * H_{\text{agua},300}$$

donde

$$H_{\text{salitre},25} = 0$$

$$H_{\text{agua},25} = 0$$

$$H_{\text{salitre},140} = \int_{298}^{438} (4.56 + 0.058T) dT = 4.56 * (438 - 298) + \frac{0.058}{2} (438^2 - 298^2) = 3626.56 \frac{\text{cal}}{\text{mol}}$$

$$H_{\text{salitre},300} = \int_{298}^{573} (4.56 + 0.058T) dT = 4.56 * (573 - 298) + \frac{0.058}{2} (573^2 - 298^2) = 8200.23 \frac{\text{cal}}{\text{mol}}$$

$$H_{\text{agua},300} = \int_{298}^{373} 1 dT + 540.5 + \int_{373}^{573} (8.22 + 0.00015T + 0.00000134T^2) dT$$

$$H_{\text{agua},300} = 75 + 540.5 + 8.22 * 75 + \frac{0.00015}{2} (573^2 - 373^2) + \frac{0.00000134}{3} (573^3 - 373^3)$$

$$H_{\text{agua},300} = 1232 + 14.19 + 60.85 = 1307.04 \frac{\text{cal}}{\text{gr}}$$

$$\Rightarrow H_e = 1044.4 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} * \frac{1 \text{ kmol}}{85 \text{ kg}} * 3626.56 \frac{\text{kcal}}{\text{kmol}} = 44559 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

$$\Rightarrow H_s = 10444.4 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} * \frac{1 \text{ kmol}}{85 \text{ kg}} * 8200.23 \frac{\text{kcal}}{\text{kmol}} + 600 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} * 1307.04 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} = 1.792 * 10^6 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

$$\Rightarrow Q_1 = 1.75 * 10^6 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

Como la eficiencia del sistema es del 60%, se tiene que:

$$\eta = \frac{Q_1}{Q_{\text{Total},1}} = 0.6 \Rightarrow Q_{\text{Total},1} = 2.92 * 10^6 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

lo cual corresponde a un consumo de combustible en esta etapa de:

$$Q_{\text{Total},1} = 2.92 * 10^6 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \Rightarrow F_{\text{Fuel},1} = \frac{Q_{\text{Total},1}}{\text{PCS}} = 286 \frac{\text{kg}}{\text{hr}}$$

Por otro lado, para el sobrecalentador se tiene que:

$$H_s - H_e = \Delta H = Q_2$$

$$H_e = 10444.4 * H_{salitre,300}$$

$$H_s = 10444.4 * H_{salitre,330}$$

donde

$$H_{salitre,300} = 8200.23 \frac{cal}{mol}$$

$$H_{salitre,330} = \int_{298}^{581} (4.56 + 0.058T) dT + 3800 + 37.2 * (603 - 581) = 13122.83 \frac{cal}{mol}$$

$$\Rightarrow Q_2 = \frac{10444.4}{85} * (13122.83 - 8200.23) = 6.05 * 10^5 \frac{kcal}{hr}$$

Como la eficiencia del sistema es de 70%, el requerimiento de gasolina es:

$$\eta = \frac{Q_2}{Q_{Total,2}} = 0.7 \Rightarrow Q_{Total,2} = 8.64 * 10^5 \frac{kcal}{hr}$$

$$\Rightarrow F_{Fuel,2} = \frac{Q_{Total,2}}{PCS} = 85.72 \frac{kg}{hr}$$