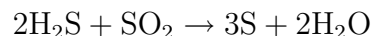


En una planta de recuperación de azufre se alimenta a un reactor una corriente de ácido sulfhídrico (H_2S) y otra de dióxido de azufre para formar azufre y agua según la siguiente reacción:



La corriente que sale del reactor se alimenta a un separador del que sale por fondo una corriente con todo (y únicamente) el azufre formado y por cabeza el resto. Esta última corriente se alimenta a un condensador que separa todo el agua presente en la corriente. De la corriente gaseosa no condensada se purga un 10% y se recicla el resto al reactor. Sabiendo que la reacción se verifica en su totalidad para lo cual se introduce el dióxido de azufre en el reactor (alimentación fresca más reciclo) en un exceso del 20% molar respecto al ácido sulfhídrico, se pide:

- Dibujar el diagrama de flujo del proceso (1.5 pts)
- Realizar el análisis de los grados de libertad del proceso (4.5 pts)
- Resolver los caudales y composiciones de todas las corrientes (7.5 pts)

Sabiendo que la temperatura de entrada al reactor del ácido sulfhídrico es 200°C y la del dióxido de azufre (tanto fresco como reciclado) es de 300°C y que el calor de reacción a 450°C (reactivos y productos en fase gas) es -14kcal/mol de H_2S , determinar la temperatura de la corriente de salida (1.5 pts).

Datos :

- Calor específico medio del dióxido de azufre $10.3\text{kcal/kmol}^\circ\text{C}$
- Calor específico medio del azufre gas $14\text{kcal/kmol}^\circ\text{C}$
- Calor específico medio del ácido sulfhídrico $9.6\text{kcal/kmol}^\circ\text{C}$
- Calor específico medio del vapor de agua $8.2\text{kcal/kmol}^\circ\text{C}$

Puntuación total del problema 15 puntos.

Tiempo 1 hora.

Solución

1. Diagrama de Proceso

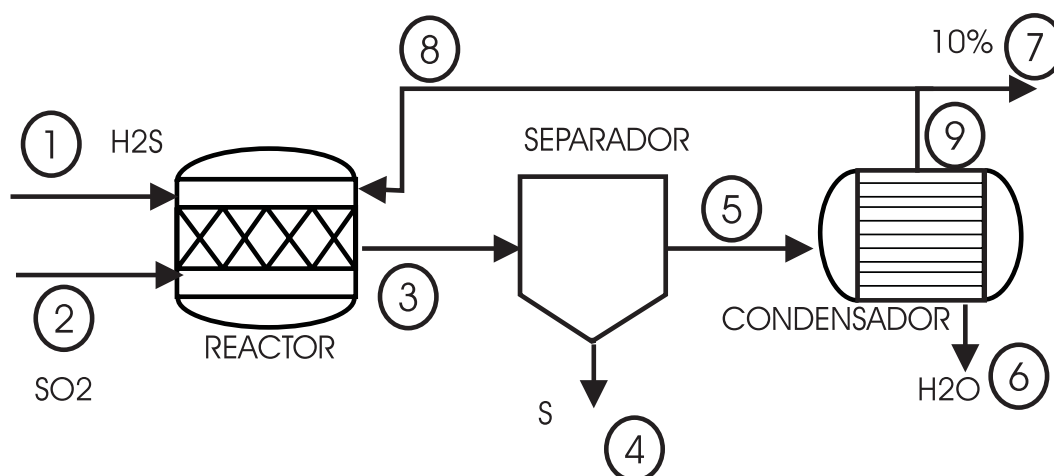


Figura 1:

2. Análisis de los grados de libertad.

kmol/h %		① %		②		③		④		⑤		⑥		⑦		⑧
H ₂ S		100		0		?		0		0		0		0		0
SO ₂		0		100		?		0		?		0		100		100
S		0		0		?		100		0		0		0		0
H ₂ O		0		0		?		0		?		100		0		0
TOTAL	100	100	?	100	?	100	?	100	?	100	?	100	?	100	?	100

Número de Incógnitas: 13 + 1 reacción. TOTAL 14

Número de Ecuaciones:

-BALANCES DE MATERIA

Al reactor: 4

Al Separador: 3

Al Condensador: 2

A la división: 1

TOTAL: 10

- RESTRICCIONES

Sumatorios: 2

Especificaciones: 2 (% de exceso y % de purga)

TOTAL: 4

TOTAL ECUACIONES: 14

Grados de libertad: 14-14 = 0

Se toma como base de cálculo 100kmol/h de ácido. Como hay exceso de dióxido eso implica que reacciona todo el ácido, luego $\xi = 100\text{kmol/h}$

Balances al reactor

$$N_{3,H_2S} = N_{1,H_2S} - \xi = 100 - 100 = 0$$

$$N_{3,S} = N_{1,S} + 3/2\xi = 0 + 3/2 * 100 = 150\text{kmol/h}$$

$$N_{3,H_2O} = N_{1,H_2O} + \xi = 0 + 100 = 100\text{kmol/h}$$

$$\text{Especificación del 20 \% } N_{2,SO_2} + N_{8,SO_2} = 1.2 * (1/2\xi) = 1.2 * 50 = 60\text{kmol/h}$$

$$N_{3,SO_2} = N_{2,SO_2} + N_{8,SO_2} - 1/2\xi = 60 - 50 = 10\text{kmol/h}$$

Balance al divisor de la purga

$$0.1N_{9,SO_2} = N_{7,SO_2} \Rightarrow N_{7,SO_2} = 0.1 * 10 = 1\text{kmol/h}$$

$$N_{8,SO_2} + N_{7,SO_2} = N_{9,SO_2} \Rightarrow N_{8,SO_2} = 10 - 1 = 9\text{kmol/h}$$

Dado que todo el azufre se va con la corriente ④ tenemos que el caudal de esta es de 150kmol/h.

Dado que se condensa todo el agua tenemos que el caudal de la corriente ⑥ es de 100kmol/h.

Balance al separador:

$$N_{5,SO_2} = N_{3,SO_2} = 10\text{kmol/h}$$

$$N_{5,H_2O} = N_{3,H_2O} = 100\text{kmol/h}.$$

Del balance al dióxido en el reactor despejamos el valor de la corriente ②:

$$N_{1,SO_2} = N_{3,SO_2} - N_{8,SO_2} + 1/2\xi = 10 - 9 + 0.5 * 100 = 51\text{kmol/h}$$

	kmol/h	① %		②		③		④		⑤		⑥		⑦		⑧
H ₂ S		100		0		0		0		0		0		0		0
SO ₂		0	51	100	10	3.8		0	10	9.1		0	1	100	9	100
S		0		0	150	57.7	150	100		0		0		0		0
H ₂ O		0		0	100	38.5		0	100	90.9	100	100		0		0
TOTAL	100	100	51	100	260	100	150	100	110	100	100	100	1	100	9	100

3.Temperatura a la salida.

Balance de energía:

Tomando como referencia la temperatura a la que nos dan el calor de reacción 450°C.

$$N_1Cp_1(T_1 - T_{\text{ref}}) + N_2Cp_2(T_2 - T_{\text{ref}}) + N_8Cp_8(T_8 - T_{\text{ref}}) = N_3Cp_3(T_3 - T_{\text{ref}}) + N_{\text{reacc}}H_{\text{reacc}}$$

$$100 * 9.6 * (200 - 450) + 51 * 10.3 * (300 - 450) + 9 * 10.3 * (300 - 450) =$$

$$= 10 * 10.3(T - 450) + 150 * 14 * (T - 450) + 100 * 8.2(T - 450) + (-14000 * 100)$$

$$T = [1067300 / (10 * 10.3 + 150 * 14 + 100 * 8.2)] + 450 = 803C$$