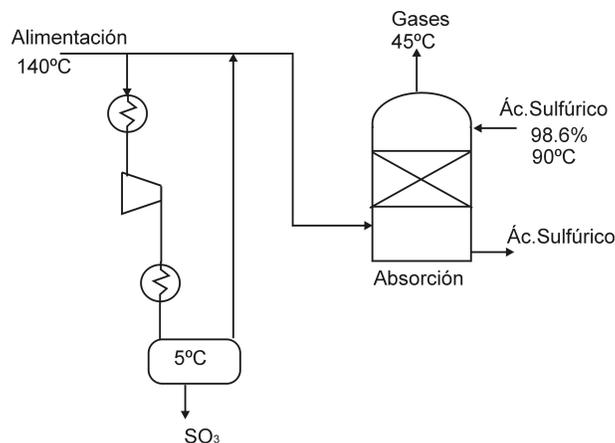


La figura muestra la sección de absorción final dentro del proceso de fabricación de ácido sulfúrico. Se quieren producir 100kg/h de SO_3 líquido segregando una parte de la corriente entrante a la torre de absorción. Para ello dicha corriente segregada se comprime a $5\text{kg}/\text{cm}^2$ y se pasa por una serie de intercambiadores de calor (refrigerados por un líquido auxiliar) y por un condensador llegando a una temperatura de 5°C . La corriente restante entra en la torre donde se absorbe con $5000\text{kg}/\text{h}$ de ácido sulfúrico del 98,6 %p a 90°C .

Teniendo en cuenta los siguientes datos:

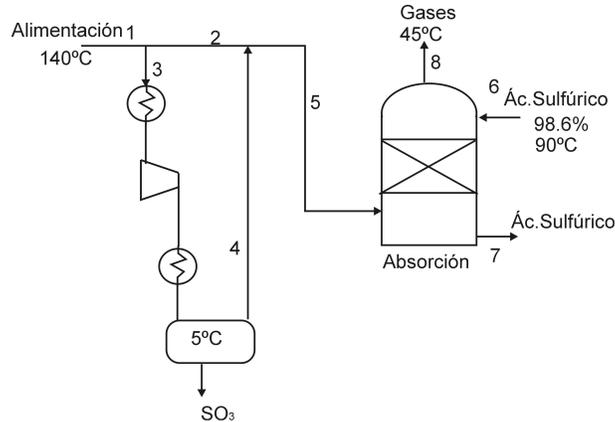
- El caudal de la corriente segregada es un 10 % de la corriente principal.
- La composición molar de la corriente principal es: SO_3 8 %, N_2 86 % y O_2 el resto.
- La temperatura de la corriente principal es de 140°C .
- El rendimiento de la absorción se puede considerar el 100 %
- Temperatura de salida de los gases de la torre de absorción 45°C .
- Calores específicos medios válidos para las temperaturas de todas las corrientes del problema:
 $\text{N}_2=6.9\text{kcal}/\text{kmol}^\circ\text{C}$ $\text{O}_2=7.1\text{kcal}/\text{kmol}^\circ\text{C}$
- Tablas de entalpía composición para el SO_3 y el H_2SO_4 .
- Tabla de calores de asociación desprendido en la absorción.
- Gráfico de la presión de vapor del SO_3 .



Se pide:

1. Caudal de la corriente segregada.
2. Temperatura y concentración del ácido saliente de la torre de absorción.

Solución



Sea F_3 el caudal (kmol/h) de la corriente segregada de la alimentación (F_1).

La cantidad de SO_3 que se quiere producir es 100kg/h que en kmol/h son $100/80=1.35\text{kmol/h}$.

La concentración en la corriente es del 8% m luego los moles de SO_3 en dicha corriente son:

$$n_{3,\text{SO}_3} = 0,08F_3$$

Mirando en el diagrama de la presión de vapor se obtiene que a 5°C la presión de vapor del SO_3 es de 0.1kg/cm^2 . Teniendo en cuenta que la presión total es de 5kg/cm^2 obtenemos la relación:

$$P_{\text{SO}_3} = y_{\text{SO}_3}P \Rightarrow y_{\text{SO}_3} = 0,1/5 = 0,02$$

Por otro lado:

$$y_{\text{SO}_3} = \frac{0,08F_3 - 1,25}{F_3 - 1,25}$$

Igualando se obtiene el caudal de la corriente 3. $F_3 = 20,4\text{kmol/h}$

Los vapores (corriente 4) tienen la siguiente composición:

$$n_{4,\text{O}_2} = n_{3,\text{O}_2} = 0,06 * F_3 = 1,2\text{kmol/h}$$

$$n_{4,\text{N}_2} = n_{3,\text{N}_2} = 0,86 * F_3 = 17,5\text{kmol/h}$$

$$n_{4,\text{SO}_3} = n_{3,\text{SO}_3} - 1,25 = 0,08 * F_3 - 1,25 = 0,38\text{kmol/h}$$

El caudal de la corriente de alimentación (corriente 1) es $F_3/0,1 = 204\text{kmol/h}$

La corriente 2 tiene la siguiente composición:

$$n_{2,\text{O}_2} = 0,9 * 0,06 * F_1 = 11\text{kmol/h}$$

$$n_{2,\text{N}_2} = 0,9 * 0,86 * F_1 = 157,9\text{kmol/h}$$

$$n_{2,\text{SO}_3} = 0,9 * 0,08 * F_1 = 14,7\text{kmol/h}$$

Dado que el rendimiento de la absorción es del 100% tenemos que la composición de los gases que abandonan la columna por cabeza (corriente 8) es:

$$n_{8,\text{O}_2} = n_{1,\text{O}_2} = 0,06 * F_1 = 12,2\text{kmol/h}$$

$$n_{8,\text{N}_2} = n_{1,\text{N}_2} = 0,86 * F_1 = 175,4\text{kmol/h}$$

El SO_3 que entra en la columna (en la corriente 5) es la suma del presente en las corrientes 2 y 4.

$$n_{5,\text{SO}_3} = n_{2,\text{SO}_3} + n_{4,\text{SO}_3} = 14,7 + 0,38 = 15,08 \text{ kmol/h}$$

El agua presente en el sulfúrico de la corriente 6 disponible para la reacción es: $0.014 * 5000 / 18 = 3.9 \text{ kmol/h}$

Luego se formarán $3.9 * 98 = 382.2 \text{ kg/h}$ de sulfúrico.

La corriente de salida de la absorción (corriente 7) tiene:

$$\text{Ác. sulfúrico: } 382.2 + 0.986 * 5000 = 5312.2 \text{ kg/h}$$

$$\text{SO}_3: 15.08 - 3.9 = 11.18 \text{ kmol/h } \quad 11.18 * 80 = 894.4 \text{ kg/h como SO}_3 \text{ libre.}$$

La salida es un oleum de concentración: $(5312.2 + 894.4 * 98 / 80) / (5312.2 + 894.4) = 1.032$ **Un oleum del 103 %**

Haciendo un balance de entalpía al absorbedor tenemos la entalpía de la corriente 7 como única incógnita.

$$m_2 h_2 + m_4 h_4 + m_6 h_6 + m_{\text{SO}_3} h_{\text{asoc}} = m_7 h_7 + m_8 h_8$$

$$11 * 7,1 * 140 + 157,9 * 6,9 * 140 + 14,7 * 80 * 184 + 1,2 * 7,1 * 5 + 17,5 * 6,9 * 5 + 0,38 * 80 * 154,3 + 5000 * (-174) + 15,08 * 80 * 20 = (5312,2 + 894,4) * h_7 + 12,2 * 7,1 * 45 + 175,4 * 6,9 * 45$$

$$\Rightarrow h_7 = -66 \text{ kcal/kg}$$