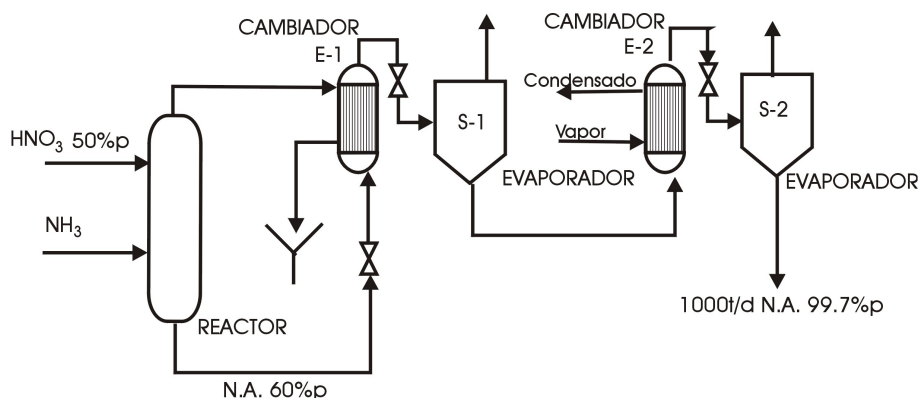


En el diagrama que se adjunta se representa una parte del proceso de fabricación de Nitrato Amónico (N.A.). En el proceso se obtienen 1000t/d de solución de N.A. del 99.7 %p. La alimentación al reactor de neutralización está formada por una corriente de ácido nítrico del 50 %p a 24°C y por una corriente de amoníaco anhidro a 0°C. El licor que sale del reactor tiene una concentración de N.A. del 60 %p.



Teniendo en cuenta los siguientes datos:

- Rendimiento del 100 % para las materias primas.
- Presión de trabajo del segundo evaporador (S-2) 250mmHg.
- Caudal de vapor que sale por cabeza del segundo evaporador 350kmol/h.
- Caudal de vapor saturado utilizado en el segundo cambiador (E-2) 7500kg/h.
- Diferencia de temperaturas mínima permitida en el segundo cambiador (que opera en contracorriente) 10°C.
- Calor de reacción referido a la temperatura de 0°C: 432kcal/kg de N.A.
- Calor específico del ácido nítrico del 50 %p: 0.64kcal/kg°C.
- Calor específico del amoníaco: 0.5kcal/kg°C.

y empleando los diagramas de entalpía de las soluciones de N.A. de Othmer y Frolich y del vapor de agua de Mollier calcular:

1. Temperatura del segundo evaporador.
2. Presión del vapor empleado en el segundo cambiador.
3. Presión y temperatura en el primer evaporador (S-1).
4. Temperatura y presión en el reactor.

Solución

La producción de N.A. está compuesta por:

- 997t/d de N.A. que equivalen a $997/24=41.54\text{t/h}$. Dividiendo por el PM obtenemos $41.54*1000/80=519.3\text{kmol/h}$ de N.A.

- 3 t/d de agua que equivalen a $3/24=0.125\text{ t/h}$ y que en kmoles son **6.9kmol/h de agua**.

Como el rendimiento es del 100 % y la relación de la reacción es 1:1 podemos calcular las cantidades de la alimentación:

Ac. Nítrico: 519.3kmol/h que equivalen a $519.3*63=32716\text{kg/h}$ de ácido 100 %. Dado que la concentración es del 50 % habrá otro tanto de agua que acompaña al ácido.

Agua que acompaña al ácido: 32716kg/h que en kmoles resulta $32716/18=1817.6\text{kmol/h}$

Amoníaco: 519.3kmol/h que equivalen a $519.3*17=8828.1\text{kg/h}$.

Haciendo un BALANCE DE AGUA AL REACTOR obtenemos el vapor de agua que abandona el mismo:

Agua entra (con el ácido) = vapor de agua + agua con N.A.

El agua con N.A. es $519.3*80*0.4/(0.6*18)=1538.7$ expresado en kmol/h.

De aquí se obtiene **vapor de agua:** $1817.6-1538.7=278.9\text{kmol/h}$.

Temperatura de S-2. Entrando en el diagrama de entalpía con $P=250\text{mmHg}$ y concentración 99.7 %p se obtiene una temperatura para el evaporador de 180°C .

Presión del vapor empleado en E-2. Como se permite un salto térmico de 10°C tenemos que el vapor está a $180+10=190^\circ\text{C}$. Entrando con este valor en el diagrama de Mollier y mirando en la curva de saturación se obtiene una presión para el vapor de 12kg/cm^2 .

Presión y temperatura de S-1. Haciendo un BALANCE ENTÁLPICO a E-2 y S-2 obtenemos la entalpía del licor saliente de S-1 y a partir de ahí la temperatura y presión.

Se toma como temperatura de referencia para el cálculo de entalpías 0°C .

$$m_A h_A - m_2 H_2 - m_3 h_3 = -m_{\text{vapor}}(H_{\text{vap}} - h_{\text{liq}})$$
$$((41540 + 125 + 350 * 18)h_A - (350 * 18)680 - (41540 + 125) * 94 = -7500 * (668 - 190) h_A = 96,2\text{kcal/kg}$$

Los valores de las entalpías son leídos de los diagramas correspondientes. La entalpía del vapor saliente del evaporador S-2 tiene la presión de $250/760\text{ kg/cm}^2$. Se considera el C_p del agua a la presión del cambiador E-2 $1\text{kcal/kg}^\circ\text{C}$.

La concentración del punto A es: $41540/(41540+125+350*18)=86.6\text{ %p}$. Entrando en el diagrama de entalpía con esta concentración y el valor hallado obtenemos:

Temperatura=122°C Presión=500mmHg. Siendo estas las condiciones de S-1.

Presión y temperatura del reactor. Para ello se realiza un BALANCE ENTÁLPICO AL CONJUNTO reactor, E-1 y S-1 y se obtiene la entalpía del condensado de E-1. Con esta entalpía y suponiendo un C_p del agua a esa presión de 1 obtenemos la temperatura del condensado. Entrando con esta en el diagrama de Mollier vemos en la curva de saturación la presión del vapor. Esta es la presión del reactor. Con esta presión y la concentración del licor a la salida del reactor obtenemos, empleando el diagrama de entalpía, la temperatura del reactor.

$$m_{\text{acido}}C_p(T - T_{\text{ref}}) + m_{\text{NH}_3}C_p(T - T_{\text{ref}}) = m_{\text{reac}}H_{\text{reac}} + m_s h_s + m_1 H_1 + m_A h_A$$

La cantidad de vapor que sale del evaporador S-1 es: $m_1 = 1538,7 - 350 - 6,9 = 1181,8 \text{ kmol/h}$ Su entalpía es a 500/760 kg/cm² y 122°C: 650 kcal/kg

$$(32716 + 32716) * 0,64 * 24 + 0 = 41540 * (-432) + 278,9 * 18 * h_s + 1181,8 * 18 * 650 + (41540 + 125 + 350 * 18) * 96,2$$

$$h_s = 101,4 \text{ kcal/kg}$$

Luego la temperatura sera de 101°C. Con lo que según el diagrama de Mollier tenemos una presión de 1kg/cm². Con esta presión y la concentración del 60% en el diagrama de entalpía del N.A. tenemos una temperatura de 113°C.