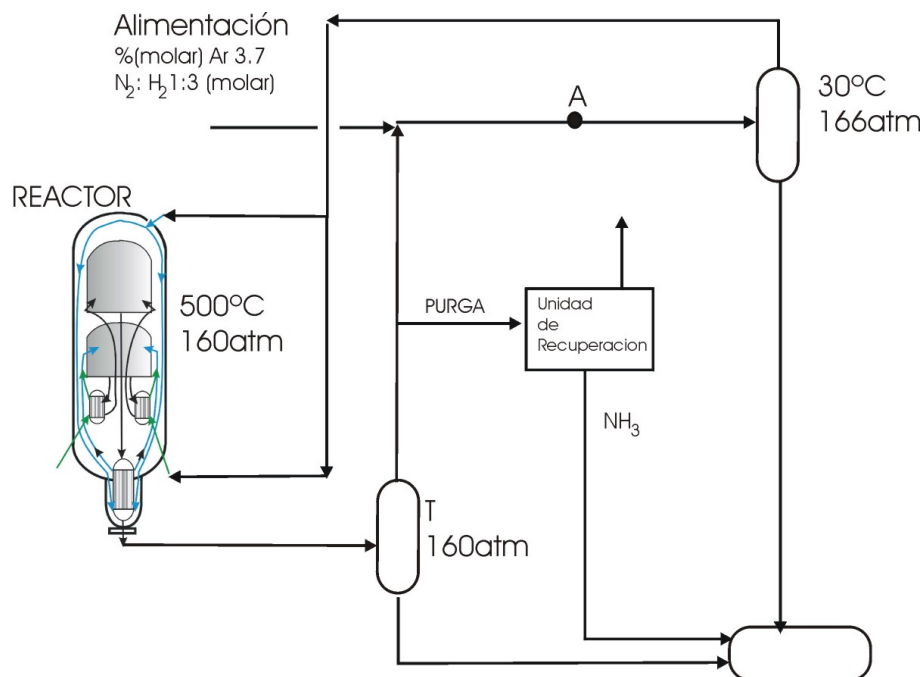


Del bucle de síntesis de producción de amoníaco representado en la figura 1 se conocen los siguientes datos:

- La alimentación está compuesta por metano, argón (% molar de 3.7), nitrógeno e hidrógeno (relación molar entre estos últimos 1:3)
- El flash F12 opera a 30°C y 166atm.
- El flash F5 opera a 160 atm.
- El reactor opera a 500°C y 160atm.
- La composición del punto A del proceso: $N_2 = 3563\text{kmol/h}$, $H_2 = 10938\text{kmol/h}$, $NH_3 = 1406\text{kmol/h}$, $CH_4 = 2188\text{kmol/h}$ y $Ar=899\text{kmol/h}$.
- Diagrama presión-entalpía del amoníaco
- Diagrama conversión-temperatura y curva de equilibrio de la reacción de formación de amoníaco a 160 atm.

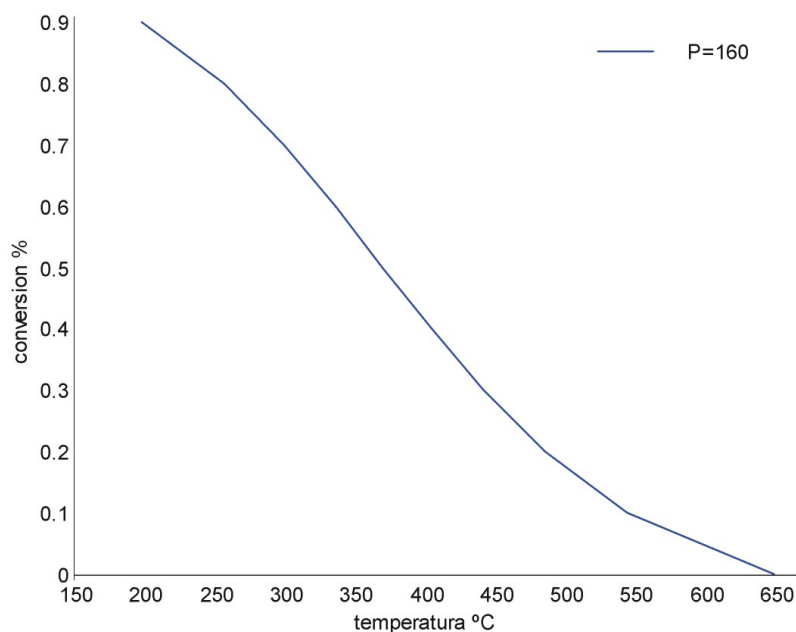


Se pide calcular:

1. Temperatura a la que debe operar el flash F5 si se quiere que condense el 40% del amoníaco que entra al mismo.(2.5ptos)
2. Porcentaje de la corriente vapor que sale del flash F5 que se debe purgar para mantener constante la concentración de inertes.(4 ptos)
3. Producción de amoníaco y composición de la alimentación. (2 ptos)
4. Si en lugar de la composición del punto A se hubiera dado como dato el caudal y composición de la alimentación ¿Estaría definido de forma unívoca la cantidad que hay que purgar para mantener la concentración de inertes constantes? (tal y como sucede según se plantea el enunciado).Justificar la respuesta (1.5 ptos)

NOTA: En los flashes supóngase que tanto los inertes como el nitrógeno e hidrógeno son incondensables.

Tiempo 1h15min.



SOLUCIÓN

El flash F12 opera a 30°C y 166 atm. Entrando en el diagrama de entalpía del amoníaco con 30°C (86F) se obtiene una presión de vapor del amoníaco de 180psia. Que en atmosferas $P_{vap}=12.2\text{atm}$.

Luego la fracción molar de amoníaco en la fase vapor será:

$$y_{17,\text{NH}_3} = P_{vap}/P = 12.2/166 = 0.0735$$

Como conocemos la composición de la corriente 9, punto A, realizamos un balance de materia al flash 12 y obtenemos las corrientes 16 y 17.

$$F_9 = \sum n_{9,i} = 18995\text{kmol/h}$$

$$n_{9,\text{Ar}} = n_{17,\text{Ar}} = 899\text{kmol/h}$$

$$n_{9,\text{N}_2} = n_{17,\text{N}_2} = 3563\text{kmol/h}$$

$$n_{9,\text{H}_2} = n_{17,\text{H}_2} = 10938\text{kmol/h}$$

$$n_{9,\text{CH}_4} = n_{17,\text{CH}_4} = 2188\text{kmol/h}$$

$$n_{9,\text{NH}_3} = n_{17,\text{NH}_3} + n_{16,\text{NH}_3} \Rightarrow 1406 = 0.0735F_{17} + F_{16}$$

$$F_9 = F_{17} + F_{16} \Rightarrow 18995 = F_{17} + F_{16}$$

De estas dos últimas ecuaciones se obtiene: $F_{16} = 10.65\text{kmol/h}$ y $F_{17} = 18984\text{kmol/h}$. Por tanto $n_{17,\text{NH}_3} = 18984 * 0.0735 = 1395\text{kmol/h}$.

Empleando el diagrama conversión-temperatura se obtiene que a 500°C la conversión es de un 18%. Luego:

$$\frac{n_{17,\text{H}_2} - n_{3,\text{H}_2}}{n_{17,\text{H}_2}} = 0.18 \Rightarrow n_{3,\text{H}_2} = 8969\text{kmol/h}$$

$$n_{3,\text{N}_2} = 3563 - (10938 - 8969)/3 = 2907\text{kmol/h}$$

$$n_{3,\text{NH}_3} = 1395 + (10938 - 8969) * 2/3 = 2707\text{kmol/h}$$

$$n_{3,\text{Ar}} = n_{17,\text{Ar}} = 899\text{kmol/h}$$

$$n_{3,\text{CH}_4} = n_{17,\text{CH}_4} = 2188\text{kmol/h}$$

Como sabemos la cantidad que se quiere condensar en el flash 5 tenemos mediante balance al mismo las composiciones de las corrientes 2 y 7:

$$n_{2,\text{H}_2} = 8969\text{kmol/h}$$

$$n_{2,\text{N}_2} = 2907\text{kmol/h}$$

$$n_{2,\text{Ar}} = n_{3,\text{Ar}} = 899\text{kmol/h}$$

$$n_{2,\text{CH}_4} = n_{3,\text{CH}_4} = 2188\text{kmol/h}$$

$$n_{7,\text{NH}_3} = 0.4 * n_{3,\text{NH}_3} = 0.4 * 2707 = 1083\text{kmol/h}$$

$$n_{2,\text{NH}_3} = 2707 - 1083 = 1624\text{kmol/h}$$

La presión parcial de amoníaco en la corriente 2:

$$y_{2,\text{NH}_3} = 1624/(8969 + 2907 + 899 + 2188 + 2707) = 0.092$$

$$F_2 = 8969 + 2907 + 899 + 2188 + 2707 = 17670\text{kmol/h}$$

La presión parcial es: $0.092 * 160 = 14.7\text{atm} = 216\text{psia}$. Mirando en el diagrama de entalpía del amoníaco se observa una temperatura de unos 104F que corresponden a 40°C.

Balance global

$$F_1 = F_2 * \alpha + F_{16} + F_7 + 2\xi \Rightarrow F_1 = 17670\alpha + 10.65 + 1083 + 2 * 656 \text{ y balance al argón}$$

$$F_1 x_{1,Ar} = F_2 \alpha x_{2,Ar} = F_1 0.037 = 17670\alpha 899/17670$$

Se obtiene el porcentaje de purga $\alpha = 0.363$ y $F_1 = 8820 \text{ kmol/h}$

La producción de amoníaco es:

$$F_{16} + F_7 + \alpha n_{2,NH_3} = 10.65 + 1083 + 0.363 * 1624 = 1683 \text{ kmol/h}$$

Haciendo un balance al metano obtenemos la composición de este en la alimentación:

$$F_1 x_{1,CH_4} = F_2 \alpha x_{2,CH_4} \Rightarrow x_{1,CH_4} = 0.363 * 2188/8820 = 0.09$$

Finalmente dado que el sumatorio de las fracciones molares es 1 y que la relación nitrógeno:hidrógeno es 1:3

$$0.09 + 0.037 + x_{1,N_2} + 3 * x_{1,N_2} = 1 \Rightarrow x_{1,N_2} = 0.218$$

$$x_{1,H_2} = 0.655$$

