



Pauta

Se dispone de 10 Toneladas métricas de un material que contiene 99 wt% de plomo y 1 wt% de plata, mediante un proceso pirometalúrgico y la adición de polvo de zinc (3 wt%), el proceso debe ser desarrollado a 430°C y tiene como condición la recuperación al menos 80 Kg de plata desde el material a tratar.

DETERMINAR

- Diagrama del proceso propuesto (Proceso Parkes)
- Composición(es) de la(s) fase(s) condensada(s) generada(s) en el proceso.
- Sugiera de que manera podría Ud. recuperar la Ag desde la fase binaria generada del proceso Parkes de acuerdo a los datos entregados.

DATOS

$$\gamma_{\text{Ag}(\text{Zn})}^{\circ} \text{ a } 480^{\circ}\text{C} = 0.11$$

$$\gamma_{\text{Ag}(\text{Pb})}^{\circ} \text{ a } 480^{\circ}\text{C} = 5.58$$

$$\text{Fase Zn-Ag} = 75\text{-}25 \text{ wt } \%$$

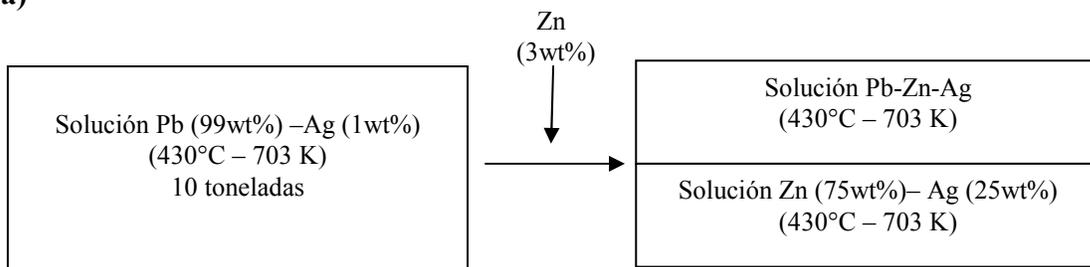
$$\text{PM}_{\text{Pb}} = 207.2 \text{ g/mol}$$

$$\text{PM}_{\text{Zn}} = 65.38 \text{ g/mol}$$

$$\text{PM}_{\text{Ag}} = 107.87 \text{ g/mol}$$

Solución

a)



La adición de polvo de zinc permite la generación de dos fases inmiscibles, una Zn-Ag que tiene la particularidad de concentrar la plata y otra Pb-Zn-Ag que retiene algo del zinc suministrado y un pequeño remanente de plata.



b)

La fase rica en Zn tiene una composición de 75% Zn y 25%Ag, en base a esta composición es posible determinar la fracción molar de Ag en la solución de la siguiente forma:

Si suponemos 100 kg de solución tendremos 75 Kg de Zn y 25 Kg de Ag.

$$n_{Ag} = m_{Ag} / PM_{Ag} = 25 / 107.87 = 0.231$$

$$n_{Zn} = m_{Zn} / PM_{Zn} = 75 / 65.38 = 1.147$$

$$n_T = n_{Zn} + n_{Ag} = 0.231 + 1.147 = 1.378$$

$$\Rightarrow X_{Ag(Zn)} = 0.231 / 1.378 = 0.167 \quad (1)$$

Además se nos proporciona los datos de los coeficientes de actividad a 480°C, pero nos interesa conocer estos coeficientes a 430°C (temperatura proceso). Mediante la siguiente expresión es posible relacionar los coeficientes de actividad en dilución infinita para distintas temperaturas:

$$RT_1 \ln(\gamma_1^0) = RT_2 \ln(\gamma_2^0)$$

Coficiente de actividad Ag en Zn

$$(480 + 273) \ln(0.11) = (430 + 273) \ln(\gamma_{Ag(Zn)}^0)$$

$$\Rightarrow \gamma_{Ag(Zn)}^0 = 0.094$$

Coficiente de actividad Ag en Pb

$$(480 + 273) \ln(5.58) = (430 + 273) \ln(\gamma_{Ag(Pb)}^0)$$

$$\Rightarrow \gamma_{Ag(Pb)}^0 = 6.3$$



En el equilibrio termodinámico se cumple que:

$$a_{Ag(Zn)} = a_{Ag(Pb)}$$

$$\gamma_{Ag(Zn)}^0 X_{Ag(Zn)} = \gamma_{Ag(Pb)}^0 X_{Ag(Pb)}$$

Nuestra única incógnita corresponde a la fracción molar de la plata en la fase rica en plomo, despejando:

$$X_{Ag(Pb)} = \frac{\gamma_{Ag(Zn)}^0}{(2)\gamma_{Ag(Pb)}^0} X_{Ag(Zn)} = \frac{0.094}{6.3} \cdot 0.167 = 0.0025$$

Ahora que conocemos las fracciones molares de Ag en las dos fases, podemos escribir las ecuaciones (1) y (2) de la siguiente forma utilizando la definición de fracción molar.

A partir de la ecuación (1)

$$X_{Ag(Zn)} = 0.167 = \frac{n_{Ag(Zn)}}{n_{Ag(Zn)} + n_{Zn(Zn)}}$$

$$\Rightarrow 0.833n_{Ag(Zn)} - 0.167n_{Zn(Zn)} = 0 \quad (3)$$

A partir de la ecuación (2)

$$X_{Ag(Pb)} = 0.0025 = \frac{n_{Ag(Pb)}}{n_{Ag(Pb)} + n_{Zn(Pb)} + n_{Pb(Pb)}} \quad (4)$$

Se sabe que de las 10 toneladas, un 99% ie, 9900 kg corresponde a plomo, por lo que es fácil obtener $n_{Pb(Pb)}$

$$n_{Pb(Pb)} = 9900 / 207.2 = 47.8 \text{ kmol}$$

De esta forma la ec. (4) queda como:

$$0.9975n_{Ag(Pb)} - 0,0025n_{Zn(Pb)} = 0.12 \quad (5)$$



Con las ecuaciones (3) y (5) tenemos 4 incógnitas, necesitamos dos ecuaciones más para poder determinar las cantidades de cada componente de la solución para poder así determinar la composición de la fase rica en plomo. Estas dos ecuaciones extras las conseguimos realizando un balance de Zn y Ag.

Balance Zn

$$m_{Zn(\text{agregado})} = m_{Zn(Zn)} + m_{Zn(Pb)}$$

$$300 = n_{Zn(Zn)} PM_{Zn} + n_{Zn(Pb)} PM_{Zn}$$

$$\Rightarrow n_{Zn(Zn)} + n_{Zn(Pb)} = 4.59 \quad (6)$$

Balance Ag

$$m_{Ag(\text{agregado})} = m_{AgZn} + m_{Ag(Pb)}$$

$$100 = n_{Ag(Zn)} PM_{Ag} + n_{Ag(Pb)} PM_{Ag}$$

$$\Rightarrow n_{Ag(Zn)} + n_{Ag(Pb)} = 0.927 \quad (7)$$

Con las ecuaciones (3) (5) (6) y (7) tenemos un sistema de 4 ecuaciones y 4 incógnitas donde las incógnitas corresponden a los moles de Ag y Zn en las dos fases inmiscibles. Matricialmente se tiene el siguiente sistema:

$$\begin{bmatrix} 0.833 & -0.167 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.9975 & -0.0025 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} n_{Ag(Zn)} \\ n_{Zn(Zn)} \\ n_{Ag(Pb)} \\ n_{Zn(Pb)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0.12 \\ 0.927 \\ 4.59 \end{bmatrix}$$

Resolviendo se tiene:

$$\begin{bmatrix} n_{Ag(Zn)} \\ n_{Zn(Zn)} \\ n_{Ag(Pb)} \\ n_{Zn(Pb)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.805 \\ 4.016 \\ 0.121 \\ 0.573 \end{bmatrix}$$



Con el resultado anterior obtenemos los moles de Ag y Zn en la fase rica en Pb, si llevamos estas cantidades a masas tenemos lo siguiente:

$$m_{Ag(Pb)} = n_{Ag(Pb)} \cdot PM_{Ag} = 0.121 \cdot 107.87 = 13.05Kg$$

$$m_{Zn(Pb)} = n_{Zn(Pb)} \cdot PM_{Zn} = 0.573 \cdot 65.38 = 37.46Kg$$

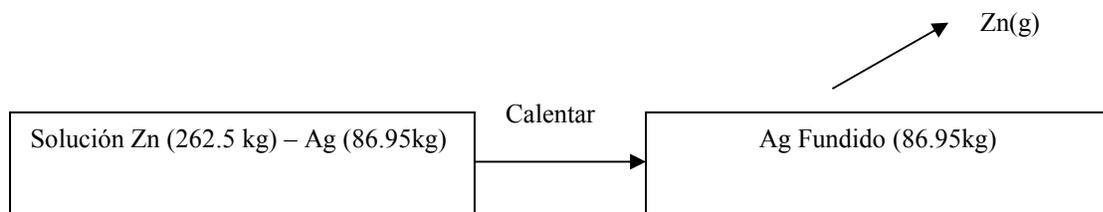
Finalmente podemos calcular la composición de la fase rica en Pb (La composición de la fase rica en Zinc se entrega en el enunciado)

Componente	Masa [kg]	Composición másica[%]
Pb	9900	99.49
Zn	37.46	0.376
Ag	13.05	0.134
Total	9950.51	100

Si inicialmente habían 100 kg de Ag en la solución inicial y ahora tenemos 13.05 kg de Ag remanente en la fase de Pb, tenemos que se extraen 86.95 kg a la fase rica en Zn.

c)

Para recuperar la plata desde la fase binaria generada, se propone el siguiente proceso





fcfm

Ingeniería de Minas
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE