

63.01 / 83.01 Química

Departamento de Química



.UBAfiuba 
FACULTAD DE INGENIERÍA

Aguas

Guía del Aula G8

Problema 20



- Se tiene como efluente de un proceso de galvanoplastia un caudal de 90 L/h de agua que contiene disuelto 150 mg/L de cromato (VI) de níquel. Se debe abatir el cromato (VI) de níquel, ya que son tóxicos tanto su anión como su catión, de este efluente acuoso. Se propone el uso de una resina de intercambio carboxilica en estado ácido (capacidad de intercambio: 950 meq-g/L de resina) y una resina amoniacal en estado alcalino (capacidad de intercambio: 1150 meq-g/L de resina) con una carrera de columna de 100 horas.

- a) Indicar ecuaciones de intercambio de iones y un esquema de la instalación.
- b) Calcular los volúmenes de resina necesarios.
- c) Se debe regenerar las resinas agotadas. Se dispone para ello de soluciones de NaOH 8M y HCl 6M.

Calcular los volúmenes de soluciones regenerantes que se deben consumir. Indicar ecuaciones de resinas de intercambio de iones y esquema de la instalación, correspondientes al ciclo de regeneración de las resinas.

Datos importantes del problema

- Solución acuosa a tratar
 - Caudal a tratar: 90 L/h de agua
 - Contaminante: 150 mg/ L de cromato (VI) de níquel → NiCrO_4
- De las resinas de intercambio
 - Resina ácida carboxílica: R-CO.OH 950 meq-g/L
 - Resina alcalina amoniaca: R-NH₃OH 1150 meq-g/L
- Carrera de la columna o tiempo de residencia en columna: 100 h
- Tipos de soluciones regenerantes: NaOH 8M y HCl 6M.



a) Indicar ecuaciones de intercambio de iones y un esquema de la instalación.

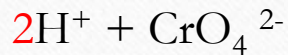
Agua a tratar contiene



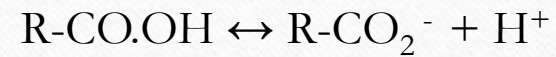
Agua
con
 NiCrO_4



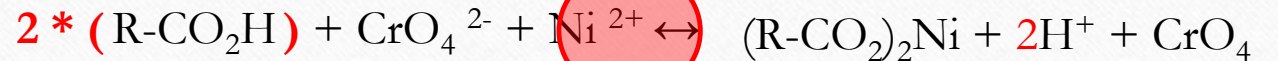
¿?¿?



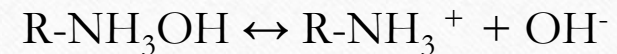
Resina ácida carboxílica: $\text{R-CO}_2\text{H}$



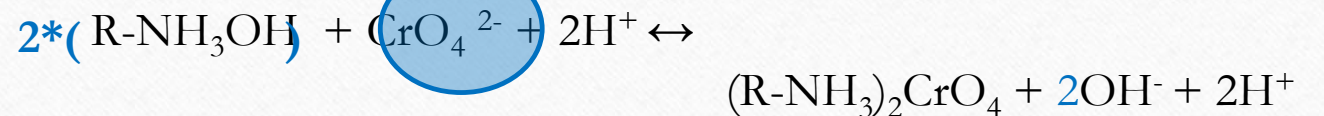
Una resina ácida captará los cationes (cargas positivas)



Resina alcalina amoniacal: $\text{R-NH}_3\text{OH}$



Una resina alcalina captará los aniones (cargas negativas)



b) Calcular los volúmenes de resina necesarios.

1. Calcular el volumen de agua a tratar que atraviesa las resinas:

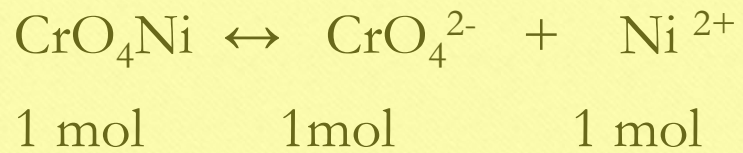
$$V_{\text{agua}} = 90 \text{ L/h} \times 100 \text{ h} = 9000 \text{ L}$$

2. Calcular los moles de electrolito que atraviesa la columna en ese volumen de agua:

$$\text{CrO}_4\text{Ni} \text{ contiene } 150 \text{ mg/L}; M = 175,7 \text{ g/mol} = 175,7 \text{ mg/mmol}$$

$$\text{moles}_{\text{cromato}} = 150 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 9000 \text{ L} \times \frac{1 \text{ mmol}}{175,7 \text{ mg}} = 7684,5 \text{ mmol}$$

3. Calcular los moles de aniones y cationes que atravesaran las columnas



Por lo tanto se tiene 7684,5 mmol de Ni^{2+} y
7684,5 mmol de CrO_4^{2-}



b) Calcular los volúmenes de resina necesarios.

4. Calcular los miliequivalentes correspondientes a los moles del electrolito

Tanto el Ni^{2+} como el CrO_4^{2-} son iones divalentes, es decir que tienen una capacidad de intercambio igual a 2. Por ejemplo:

Un mol de Ni^{2+} provee dos moles de cargas de positivas y por lo tanto la cantidad de equivalentes totales que deben intercambiarse en la columna se calcula como:

$$\text{meq}_{\text{Ni}^{2+}} = 7684,5 \text{ mmol} \times 2 \frac{\text{meq}}{\text{mmol}} = 15369 \text{ meq}$$

Un mol de CrO_4^{2-} provee dos moles de cargas de negativas y entonces,

$$\text{meq}_{\text{CrO}_4^{2-}} = 7684,5 \text{ mmol} \times 2 \frac{\text{meq}}{\text{mmol}} = 15369 \text{ meq}$$



5. Calcular el volumen de resina necesario para intercambiar los equivalentes existentes en el afluente tóxico en cada columna.

- Resina ácida carboxílica

1 L resina ----- 950 meq

X L resina ----- 15369 meq

$$V_{\text{Rcarbox}} = 15369 \text{ meq} \times \frac{1 \text{ L}}{950 \text{ meq}}$$

$$V_{\text{Rcarbox}} = 16,2 \text{ L}$$

- Resina alcalina amoniaca

1 L resina ----- 1150 meq

X L resina ----- 15369 meq

$$V_{\text{Ramon}} = 15369 \text{ meq} \times \frac{1 \text{ L}}{1150 \text{ meq}}$$

$$V_{\text{Ramon}} = 13,4 \text{ L}$$

Rta b) Se requiere 16,2 L de resina de intercambio catiónica/carboxílica y 13,4 L de resina de intercambio aniónica/ amoniaca para obtener un efluente libre de tóxicos.



c) Se debe regenerar las resinas agotadas. Se dispone para ello de soluciones de NaOH 8M y HCl 6M.

Calcular los volúmenes de soluciones regenerantes que se deben consumir. Indicar ecuaciones de resinas de intercambio de iones y esquema de la instalación, correspondientes al ciclo de regeneración de las resinas.

1. Analizar las soluciones disponibles para regenerar las columnas

$\text{HCl} \leftrightarrow \text{Cl}^- + \text{H}^+$ Esta solución aportará H^+ \rightarrow regeneración de la resina ácida

$\text{NaOH} \leftrightarrow \text{OH}^- + \text{Na}^+$ Esta solución que aportará OH^- \rightarrow regeneración de la resina alcalina

Ambas soluciones son monovalentes, quiere decir que cada mol de solución aportará un mol de cargas correspondientes. Por lo tanto la cantidad de milimoles obtenidas será igual a la cantidad de miliequivalentes a intercambiar.

2. Calcular los mmoles de electrolito disponibles para regenerar las columnas:

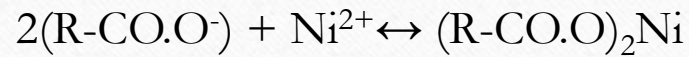
$$\text{moles}_{\text{NaOH}} = 8 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 1000 \frac{\text{mmol}}{\text{mol}} = 8000 \text{ mmol/L} = 8000 \text{ meq/L}$$

$$\text{moles}_{\text{HCl}} = 6 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 1000 \frac{\text{mmol}}{\text{mol}} = 6000 \text{ mmol/L} = 6000 \text{ meq/L}$$

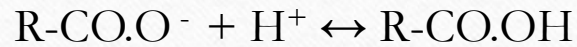


3. Analizar las resinas agotadas y como regenerarlas

Resina ácida carboxílica se agotó con iones de Niquel según:

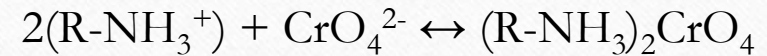


Para regenerarla se requiere que la columna vuelva a su estado ácido por captación de H^+ ,



Y por lo tanto se utilizará la solución de ácido clorhídrico $\text{HCl} \leftrightarrow \text{Cl}^- + \text{H}^+$ que aportará H^+

Resina alcalina amoniacal se agotó captando iones de Cromato según:



Para regenerarla se requiere que vuelva a su estado alcalino por captación de OH^-



Y por lo tanto se utilizará la solución de hidróxido de sodio $\text{NaOH} \leftrightarrow \text{OH}^- + \text{Na}^+$ que aportará OH^-

4. Calcular el volumen de solución necesaria para regenerar las resinas agotadas

1 L de solución ----- 6000 meq

V de solución ----- 15369 meq
(resina agotada)

$$V_{\text{HCl}} = 15369 \text{ meq} \times \frac{1 \text{ L}}{6000 \text{ meq}}$$

$$V_{\text{HCl}} = 2,6 \text{ L}$$

1 L de solución ----- 8000 meq

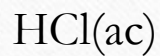
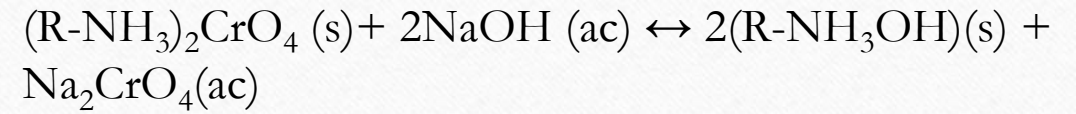
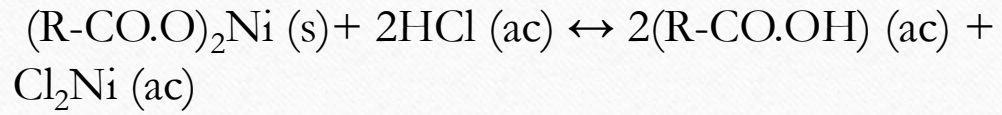
V de solución ----- 15369 meq
(resina agotada)

$$V_{\text{NaOH}} = 15369 \text{ meq} \times \frac{1 \text{ L}}{8000 \text{ meq}}$$

$$V_{\text{NaOH}} = 1,9 \text{ L}$$



4. Esquema de la regeneración de las resinas



Conclusiones

- Es posible utilizar resinas de intercambio iónico para tratar efluentes de ciertas industrias. Las resinas de intercambio suelen ser monovalentes, tenga en cuenta esta característica cuando analice el electrolito a tratar.
- Siempre se deberá disponer de una resina catiónica y de una aniónica. Será efectiva para electrolitos fuertes.
- Las resinas pueden ser regeneradas.

Para pensar

- Cual es la suposición implícita que se tuvo en cuenta al momento de calcular el volumen necesario de resina?
- Puede una resina regenerarse completamente?