

Estudio de macroelectrólisis de la recuperación de Ag proveniente de efluentes radiográficos.

Aguirre Espinosa Julio Cesar¹, Reyes Cruz Victor E.^{1*}, Veloz Rodríguez María Aurora¹

¹Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, ICBI, UAEH. Carr. Pachuca-Tulancingo Km. 4.5, Pachuca. Hidalgo, México, CP 42184

¹E-mail: nintendo_milenium@hotmail.com

^{1*}E-mail: reyescruz16@yahoo.com

Palabras claves: Ag, efluentes, industria fotográfica, Acero inoxidable, reactor Electroquímico

1. Introducción

México enfrenta en la actualidad un problema grave debido a que sus yacimientos mineros poseen bajos valores de metales preciosos, lo cual ha ocasionado que ya no tenga el primer lugar como productor de Ag. Por esta razón, es de vital importancia que se involucre en el desarrollo de tecnologías propias que le permitan recuperar la Ag ya explotada. Una gran cantidad de Ag utilizada en diversos sectores industriales es desechada en forma sólida o en solución. Un ejemplo claro es la industria fotográfica y radiográfica, la cual desecha este metal en concentraciones altas, incluso más altas que los mismos yacimientos, por lo cual los efluentes radiográficos son una alternativa de recuperación de este metal. [1]

El reciclaje de Ag es importante debido a que es un metal con gran impacto tanto económico como ambiental, por lo cual es de suma importancia reciclarla. Actualmente los procesos electroquímicos son utilizados para recuperar Ag a partir de los desechos de la industria fotográfica, debido a su bajo costo de recuperación [2].

Con base en lo anterior, en este trabajo se realiza el estudio de macroelectrólisis a corriente controlada de la recuperación de Ag proveniente de los efluentes de la industria fotográfica y radiográfica sobre una placa de acero inoxidable (A304), con el fin de estudiar las condiciones óptimas para la recuperación selectiva de Ag.

Estos estudios se llevan a cabo en dos reactores electroquímicos uno tipo prensa en estado de difusión estacionario y otro reactor con geometría rectangular en estado de difusión no estacionario. Con esto se intenta reducir la concentración de Ag de los efluentes por abajo de las normas ambientales de 5ppm. [3].

2. Experimental

El estudio de macroelectrólisis se llevo a cabo en dos reactores electroquímicos, uno tipo prensa denominado FP01-EP y otro reactor con geometría rectangular en ambos casos se utilizó un electrodo de A304 con un área geométrica de 64.3 cm².

Se utilizó solución industrial proveniente de los efluentes de los desechos de la industria fotográfica y radiográfica, la cual fue proporcionada por el instituto de ciencias de la salud de la universidad autónoma del estado de Hidalgo.

En la realización de los estudios electroquímicos se utilizaron: un potencióstato - galvanostato marca PAR, modelo 263A conectado a una fuente de poder KEPCO con capacidad de 10A. Las técnicas utilizadas se manejan a través del software PowerSuit proporcionado por la misma compañía.

La morfología del recubrimiento depositado sobre la superficie del electrodo de A304, así como de los precipitados obtenidos durante el proceso de recuperación fueron caracterizados usando un Microscopio Electrónico de Barrido marca Jeol modelo JSM-6300. Las imágenes se realizaron usando electrones secundarios a 30 kV. Así como para la valoración de las concentraciones de Ag se utilizó un equipo de espectrofotometría de absorción atómica.

3. Discusión de resultados

En la figura 1 se muestra la variación de la concentración de Ag con respecto a la concentración inicial, $C(t)/C(0)$, en función del tiempo de macroelectrólisis, cuando se cambia la velocidad lineal de flujo en el intervalo de 5 a 17.5 L min⁻¹ y se impone una densidad de corriente de 1.4 mA/cm² a un tiempo de macroelectrólisis de 44 minutos.

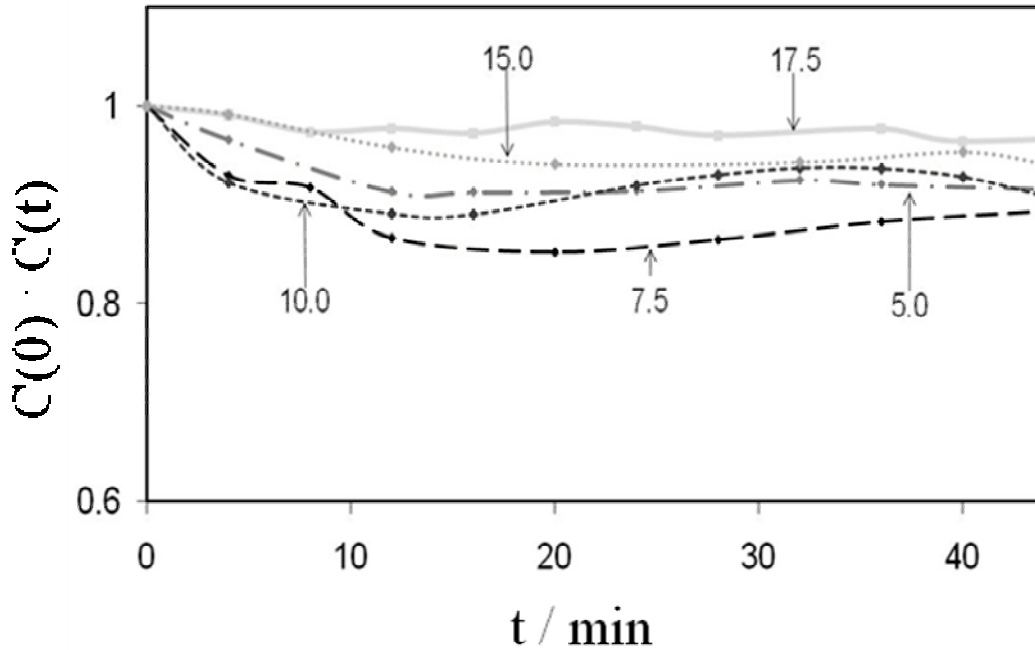
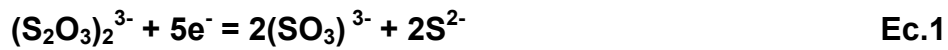


Figura 1 Variación de las concentraciones normalizadas de las especies químicas de plata presentes en la solución industrial, en función del tiempo de macroelectrólisis cuando se impone una densidad de corriente controlada 1.4 mA/ cm^2 , en un intervalo de velocidad del electrolito de 5 a 17.5 L min^{-1} sobre un electrodo de A304.

En la figura 1 se observa que en los primeros 8 minutos la variación de la concentración de $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$ disminuye con respecto al tiempo de macroelectrólisis en todas las velocidades de flujo. A tiempos mayores de no se observa una tendencia de disminución de la concentración de Ag.

En la figura 1a se observa que al aumentar la velocidad de 5 a 7.5 L min^{-1} se tiene un incremento en la disminución de la concentración de Ag conforme aumenta el tiempo de macroelectrólisis. Este comportamiento es atribuido a que se tiene un mayor depósito de Ag, debido a una mayor concentración de ésta en la interfase del A304. Mientras que el intervalo de velocidades de flujo de 7.5 a 17.5 L min^{-1} se observa que conforme aumenta la velocidad de flujo no se tiene una disminución en la concentración de Ag. Este comportamiento puede ser atribuido a que la corriente que pasa por la celda está realizando a demás del depósito de Ag la reducción del $(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$, sobre la superficie modificada de A304 mediante el siguiente mecanismo:
[1]



Los resultados en el reactor tipo prensa indican que se tiene principalmente una mayor recuperación de Ag a velocidades de flujos bajos (7.5 Lmin^{-1} , 11 % de recuperación) es por ello que se decide realizar la recuperación de Ag en un reactor de geometría rectangular en estado de difusión no estacionario.

El estudio voltamperométrico de la solución de los efluentes nos indican que en el intervalo de corriente de 15 a 200mA se lleva acabo la reducción de Ag. A partir de esta información se realizaron macroelectrólisis a corriente controlada.

Los resultados de la variación de la concentración de plata de las macroelectrólisis a tiempos de 24 y 48 horas se muestran en la tabla 1.

Tabla 1 variación de la concentración de Ag cuando se realizan macroelectrólisis a corriente controlada.

Densidad de corriente aplicada (mA/cm^2)	Tiempo de macroelectrólisis Hrs.	% de recuperación de Ag
-0.223	48	33.33
-0.389	48	58.97
-0.778	48	94.10
-1.555	24	95.25
-1.866	24	92.94
-2.333	24	89.05
-3.110	24	20.51

En la tabla 1 se aprecia que en el intervalo de densidad de corriente de -0.233 a -3.110 mA/cm^2 conforme ésta toma valores de corrientes más catódicas se tiene un aumento en el porcentaje de recuperación de Ag a un tiempo de macroelectrólisis de 48 hrs. Este comportamiento se debe a que se tiene a una mayor velocidad de transformación de Ag. Es importante mencionar que el proceso de reducción de plata en este reactor forma precipitados, los cuales pueden ser plata metálica o AgS.

Por otra parte, se observa que al disminuir el tiempo de macroelectrólisis a 24 hrs y al aumentar la corriente en el intervalo de -1.55 a -3.11 mA/ cm² se tiene una menor recuperación de Ag. La cantidad de Ag recuperada disminuye debido a que además de la reducción de plata se está llevando a cabo la reducción del $(S_2O_3)_2^{3-}$.

Es importante resaltar que las condiciones para llevar a cabo una máxima recuperación de Ag es un tiempo de macroelectrólisis de 24 hrs. y -1.555 mA/cm²

Los resultados de la recuperación de Ag en el reactor rectangular indican que el comportamiento en el reactor tipo prensa de la disminución de la Ag al aumentar la velocidad de flujo son debido a que los precipitados que se forman en el proceso de reducción, quedan atrapados en aditamentos de este. Por esta razón en lugar de observar un aumento en la disminución de la concentración de Ag al aumentar la velocidad de flujo aumenta la concentración en la solución.

Los productos de reducción que se obtiene sobre la superficie del A304 en el reactor tipo prensa y los precipitados en el reactor rectangular se analizaron por microscopia electrónica de barrido. Los resultados en el reactor tipo prensa muestran que lo que se obtiene es Ag metálica. Mientras que el reactor rectangular se tiene la presencia de plata y sulfuro de plata.

El análisis de los precipitados obtenidos por medio de análisis de EDS, nos demostró que conforme aumenta la cantidad de corriente aplicada a la solución, aumenta la cantidad de azufre contenido en dichos precipitados. Esta tendencia se sigue a lo largo de todas las corriente y concuerda con la existencia de la reacción del medio para formar AgS.

4. Conclusiones

1.- Es posible llevar a cabo la recuperación de Ag en el reactor electroquímico tipo prensa. Sin embargo, la mayor recuperación de Ag que se alcanza es de 11 % a velocidades de flujo de 7.5 Lmin⁻¹

2.- Es posible realizar la recuperación de Ag hasta un 95 % sin que se presente la reducción del medio en un reactor electroquímico rectangular. Las condiciones para llevar a cabo la recuperación son: 24 hrs. y -1.555 mA/cm^2 .

3.-La recuperación de Ag proveniente de los efluentes de los desechos de la industria fotográfica y radiográfica se debe realizar en una configuración rectangular debido a la presencia de precipitados.

5. Referencias.

1. A. Alan Melo López, Tesis de Licenciatura UAEH, Pachuca Hidalgo, México, 2006
2. Environment Information from Kodak, Eastman Kodak Company, referencia J-212 (1999).
3. Ramírez Ortega Pedro Alberto, Reyes Cruz Victor E. , Veloz Rodríguez María Aurora, XXII congreso de SMEQ, Pachuca Hidalgo, México 2007.