

ESTUDIO PARA LA ELECTRODEPOSICION DE COBRE A PARTIR DE RESIDUOS ELECTRONICOS

Sánchez González Juanita del Carmen (1), Gamiño Arroyo Zeferino (2)

1 [Licenciatura en Ingeniería Química, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [juanitasan95@gmail.com]

2 [Departamento de Ingeniería Química, División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [gaminoz@ugto.mx]

Resumen

En este trabajo, se presenta un estudio sobre la recuperación de cobre a partir de placas de circuitos impresos desechadas. El primer paso inicia con la recolección de las placas, continuando con la reducción de tamaño del material y su clasificación, lo que permite obtener cuatro diferentes granulometrías. Posteriormente se realiza la etapa de lixiviación con ácido sulfúrico y peróxido de hidrógeno a temperatura controlada, registrándose concentraciones de cobre en solución para tamaño de los tamices 6 y 10 que corresponden a valores de: 9705 y 12157 mg/L, respectivamente. Para separar el cobre de la solución se utiliza la extracción líquido-líquido con un agente extractante. Finalmente, se efectúa la electrodeposición para la obtención de cobre metálico con excelentes valores de eficiencia de extracción.

Abstract

In this work, a study on the recovery of copper from discarded printed circuit is showed. The first step begins with the collection of the plates, continuing with the reduction of size of the material and its classification, which allows to obtain four different granulometries. Subsequently, the leaching stage with sulfuric acid and hydrogen peroxide at controlled temperature with concentrations of copper in solution for size of sieves 6 and 10 corresponding to the values of 9705 and 12157 mg/L, respectively. To separate the copper from the solution liquid-liquid extraction is used with an extractant. Finally, the electrodeposition is made to obtain metallic copper with excellent extraction efficiency values.

Palabras Clave

RAEE; Lixiviación; Extracción; pH; Concentración

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas el desarrollo de los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) ha aumentado rápidamente, de igual forma se ha incrementado cada vez más el número de éstos Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) que se desechan. Anualmente se generan entre 20 y 50 millones de toneladas de RAEE a nivel mundial, con un incremento de 3-5% al año. [1].

México es el tercer país con más basura electrónica (per capita) en América, sólo después de Estados Unidos y Canadá [2].

Los RAEE o WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) pueden contener metales pesados como cromo, arsénico, cadmio, berilio, antimonio, selenio, plomo, además de metales preciosos como oro, plata y cobre. Lo anterior constituye un problema ambiental emergente y un desafío en cuanto al desarrollo de tecnologías de proceso sostenibles que sean capaces de hacer frente al volumen y complejidad de RAEE, con métodos de bajo costo y ecológicamente sostenibles [2], [3].

Los RAEE contienen alrededor del 20% de cobre, que es 10 veces más que la cantidad de cobre presente en algunos tipos de minerales [4], [5]. Por ello se dice que los RAEE son una fuente secundaria para este metal, debido a que además de que busca la preservación de los recursos naturales, también es accesible económicamente [6].

El reciclaje de estos residuos se ha convertido en una muy aceptable alternativa. Para ello se inicia con el desmantelamiento, retirando elementos peligrosos y materiales no reciclables, se realiza una disminución de tamaño mediante el uso de molinos y pulverizadores.

Se han empleado procesos de alta temperatura, pero estos tienen un gran inconveniente, que es la emisión de contaminantes y la formación de escorias con contenido múltiple de metales de donde es complicada la recuperación final [7].

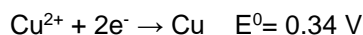
En la última década la atención se ha centrado en los procesos acuosos (hidrometalúrgicos), los cuales representan una opción prometedora

debido a los relativos bajos costos de capital, reducidos impactos ambientales, potencial para recuperaciones altas de metales, y son métodos adecuados para su aplicación a pequeña escala [8]. Estos procesos consisten en una primera etapa en la que los metales se extraen en la solución de lixiviación química en medio ácido o alcalino, y luego un segundo paso que consiste en la purificación de la solución.

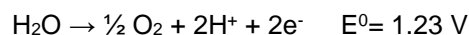
Actualmente los métodos de purificación más empleados son la precipitación, la absorción, intercambio iónico, extracción electro-catalítica y la extracción líquido-líquido.

La precipitación de cobre a partir de la solución electrolítica obtenida a partir de la desextracción, se realiza por medio de una electrodeposición, en la que los cationes Cu^{2+} , se desplazan hacia el cátodo (con carga negativa) y los aniones van hacia el ánodo (cargado positivamente). En el cátodo ocurre la reacción de reducción de cobre y en el ánodo ocurre la oxidación. Una fuente de poder regulada proporciona la energía necesaria para lograr la reacción de reducción. Las reacciones realizadas en este proceso son las siguientes:

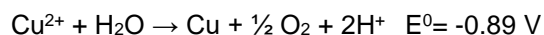
Reacción catódica:



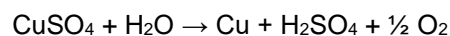
Reacción anódica:



Reacción de celda (iónica):



Reacción global de la celda electrolítica:



En esta investigación se realizó la extracción de cobre a partir de los RAEE, mediante procesos físicos y químicos de la metalurgia extractiva. Seguida por la etapa de electrodeposición, la cual permite obtener el metal con altas eficiencias, y de esta manera contribuir a la disminución del impacto ambiental, reutilizar la materia prima y reducir los costos de operación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección y preparación de la muestra

La materia prima se obtuvo de la recolección de tarjetas de circuito impresas provenientes de centros de recolección de residuos.

Se realizó el desmantelamiento de las tarjetas, retirando los componentes plásticos (capacitores, resistencias, diodos entre otros) y se cortaron transversalmente, obteniendo partes más pequeñas, para posteriormente triturarlas en un molino de martillos.

Lixiviación

En base a la revisión bibliográfica se encontraron condiciones a las que se obtiene un mayor porcentaje de disolución. El procedimiento a seguir para la lixiviación de los RAEE es el siguiente: 10 g de muestra previamente triturada, con 80 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 2 mol/L y 10 mL de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) 30 % (P/V), son adicionados en un matraz de tres bocas de 250 mL, a reflujo con agua de enfriamiento, como se presenta en la IMAGEN 1.

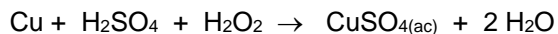


IMAGEN 1: Equipo para la lixiviación del cobre.

El proceso fue realizado a una temperatura de 70°C, la cual es controlada por un baño de agua y agitación magnética de 650 rpm. El tiempo de lixiviación fue de 180 minutos y a los 80 minutos se adicionaron 10 mL de H_2O_2 .

Se tomaron muestras cada 20 minutos durante la lixiviación, se realizaron las disoluciones pertinentes en el rango de la curva de calibración (1- 5 mg/L). Para posteriormente obtener la lectura

de concentración de cobre en la muestra en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica AAAnalyst 200, Perkin Elmer. La reacción realizada es:



Extracción líquido – líquido/ Desextracción

Se empleó la solución filtrada obtenida de la lixiviación como fase acuosa y se ajustó su valor a un pH de 3, que es el valor recomendable para la extracción [9]

Para la fase orgánica se preparó una solución del extractante (ACORGA M5774) a 30% (v/v) en queroseno. El tiempo de contacto entre las fases fue de 10 minutos, con agitación magnética, la IMAGEN 2 es antes de la extracción y la IMAGEN 3 después de la extracción.

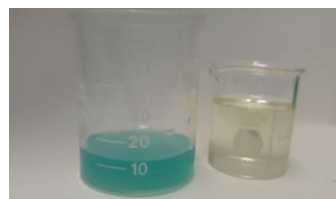


IMAGEN 2: Izquierda fase acuosa (azul), derecha fase orgánica (ligeramente transparente).



IMAGEN 3: Izquierda fase orgánica (extracto), derecha fase acuosa (refinado).

La desextracción consiste en el contacto entre la fase orgánica (cargada con cobre) y H_2SO_4 2 mol/L durante 10 min, con volúmenes iguales de ambas fases. La finalidad es la recuperación del extractante y obtener al metal en solución ácida, que permite la electrodeposición.

Electrodeposición

Para este proceso se montó el sistema que se presenta en la IMAGEN 4. Con volumen de solución acuosa proveniente de la desextracción

Como cátodo se utiliza una placa de acero inoxidable, que se conectó al polo (-) y como ánodo, una placa de plomo conectada al polo (+). La prueba se realizó durante 60 min a una temperatura de 50-55°C, la fuente de poder utilizada fue DC POWER SUPPLY modelo PRL-25.



IMAGEN 4: Sistema para la electrodeposición de cobre.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis granulométrico

Una vez triturado y molido el material, se registró el peso, obteniéndose un total de 135.53 g (sin capacitores, resistores, plásticos) y que posteriormente fue tamizado. La curva granulométrica obtenida se muestra en la IMAGEN 5.

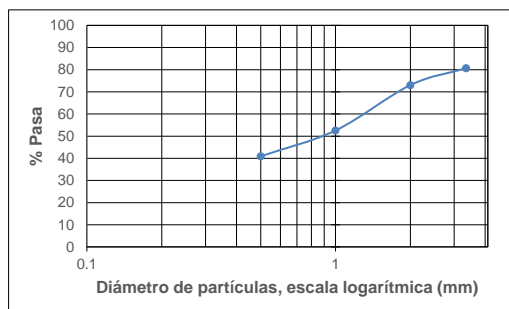


IMAGEN 5: Curva granulométrica obtenida a partir de la pulverización de la muestra.

Como se puede apreciar en la gráfica anterior, que la mayor parte del material se encuentra clasificado entre diámetros 2 y 3.35 mm, correspondientes al 73 y 80% respectivamente.

Lixiviación

Para esta prueba, se empleó ácido sulfúrico como agente lixivante y peróxido de hidrógeno como agente oxidante. Los resultados de esta prueba se muestran en la IMAGEN 6.

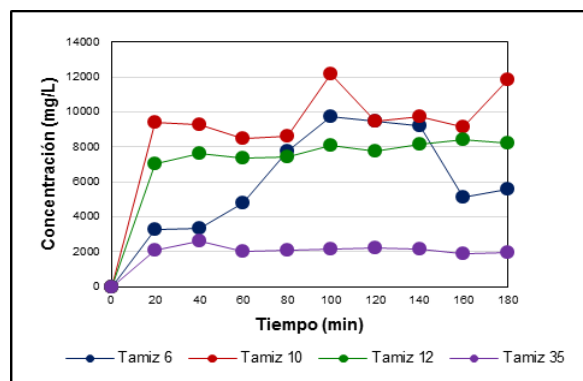
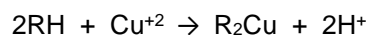


IMAGEN 6: Disolución de cobre en función del tiempo para diferentes tamaños de tamices

En la gráfica se puede apreciar que para los tamaños de partícula que corresponden a los tamices 6 y 10 se obtienen altas concentraciones de cobre en solución, 12157.5 y 9705 mg/L, respectivamente a un tiempo de contacto de 100 min.

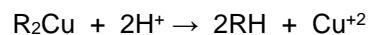
Extracción líquido – líquido / Desextracción

Para la extracción del metal, se obtuvieron porcentajes que oscilan entre 93 y 99% para los cuatro tamices. La reacción que se lleva a cabo es la siguiente:



El extractante de fase orgánica es un componente químicamente activo que extrae el Cu^{+2} de la solución rica de lixiviación.

En la regeneración del extractante, el mayor rendimiento fue del 94.3% del tamiz 6, la reacción que se efectúa es la siguiente:



En la siguiente IMAGEN 7, se muestran los resultados de porcentaje de extracción y desextracción.

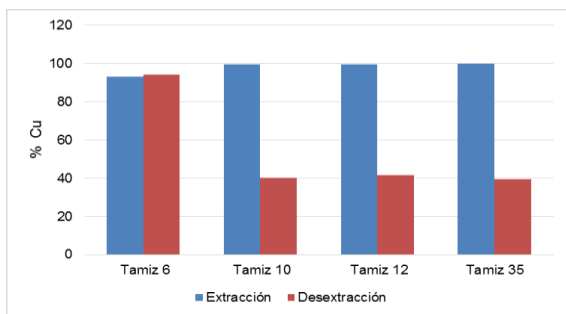


IMAGEN 7: Porcentaje de extracción/desextracción del cobre en función de los diferentes tamices.

Electrodeposición del cobre

Las condiciones a las que se realizó este proceso fueron: 3 voltios y 1 ampere, durante 60 min. El porcentaje de electrodeposición fue de 95%. En la IMAGEN 8 se presenta el electrodo con el depósito de cobre.

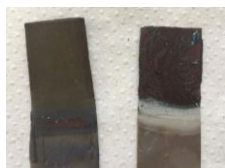


IMAGEN 8: Depósito de cobre en la placa de acero inoxidable (derecha) y placa de plomo (izquierda).

CONCLUSIONES

En este trabajo se obtuvo cobre a partir de los RAEE, empleando un proceso hidrometalúrgico que consistió en la lixiviación del cobre, seguida de la etapa de extracción y desextracción, para finalmente depositarlo de forma electrolítica.

Este proceso es factible ya que permite tener altas eficiencias de recuperación de este metal, que oscilan entre el 93 y 99% en la etapa de extracción y puede proponerse como una alternativa de solución al problema de disposición final de los RAEE y que además es amigable con el medio ambiente, contribuyendo así al desarrollo sostenible global.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Dr. Zeferino Gamiño Arroyo por sus conocimientos aportados y el apoyo que me brindó

a lo largo de éste verano de investigación. Del que he aprendido mucho y despertó en mí el interés por continuar en este increíble y fascinante camino de la investigación. Un agradecimiento especial a la Dra. Beatriz Rubio Campos por su apoyo, entusiasmo y dedicación.

REFERENCIAS

- [1] A. Tuncuk, V. Stazi, A. Akcil, E. Y. Yazici, and H. Deveci, "Aqueous metal recovery techniques from e-scrap: Hydrometallurgy in recycling," *Miner. Eng.*, vol. 25, no. 1, pp. 28–37, 2012.
- [2] M. Saidan, B. Brown, and M. Valix, "Leaching of electronic waste using biometabolised acids," *Chin. J. Chem. Eng.*, vol. 20, no. 3, pp. 530–534, 2012.
- [3] A. Das, A. Vidyadhar, and S. P. Mehrotra, "A novel flowsheet for the recovery of metal values from waste printed circuit boards," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 53, no. 8, pp. 464–469, 2009.
- [4] J. Li, Z. Xu, Y. Zhou. La Aplicación de Descarga de corona y la fuerza electrostática de Metales y no metales por Separado A partir de Partículas trituradas de placas de circuito Impreso de Residuos J. Electrostat., 65 (2007), 233-238
- [5] G. Liang, Y. Lu, Q. Zhou. Nuevas Estrategias de metales de biolixiviación de placas de circuito Impreso (PCB) en el cultivo mixto de dos acidophiles Enzyme Microb. Technol., 47 (2010), 322-326.
- [6] I. Birloaga, I. De Michelis, F. Ferella, M. Buzatu. Estudio de la influencia de varios de factores en el procesamiento hidrometalúrgico.
- [7] H. Long Le, J. Jeong, J.-C. Lee, B. D. Pandey, J.-M. Yoo, and T. H. Huyunh, "Hydrometallurgical process for copper recovery from waste printed circuit boards (PCBs)," *Miner. Process. Extr. Met. Rev.*, vol. 32, no. 2, pp. 90–104, 2011.
- [8] A. Tuncuk, V. Stazi, A. Akcil, E. Y. Yazici, and H. Deveci, "Aqueous metal recovery techniques from e-scrap: Hydrometallurgy in recycling," *Miner. Eng.*, vol. 25, no. 1, pp. 28–37, 2012.
- [9] Segoviano, M. (2017). Recuperación de cobre a partir de baterías de teléfonos móviles. Tesis de licenciatura. División de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Guanajuato.