

RECUPERACIÓN DE COBRE DE CIRCUITOS IMPRESOS Y OTROS RESIDUOS ELECTRÓNICOS

Pérez González José Francisco (1), Gamiño Arroyo Zeferino (2)

1 [Licenciatura en Ingeniería Química, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: jfperezgonzalez1@gmail.com

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

3 [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 presentan los resultados de la recuperación de cobre de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), utilizando lixiviación y extracción líquido-líquido. Para este caso se realizó un estudio de selectividad de extracción con diferentes concentraciones del extractante comercial. Las pruebas experimentales se realizaron a partir de residuos de placas de circuitos impresos. El primer paso es someterla a la separación manual de algunos componentes electrónicos, después se trituro a un cierto tamaño de partícula, las cuales se obtuvieron tres granulometrías diferentes por los tamices menores a 3mm. El ataque químico con ácido sulfúrico y peróxido de hidrógeno se realizó a cantidad del material obtenido, después de la lixiviación, las muestras contenían 4,387.5, 4,427.8 y 4,546.5 mg/L de cobre en solución, lo cual puede ser un proceso factible de recuperación.

Abstract

In this paper the results of copper recovery of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) using leaching and liquid-liquid extraction are presented. For this case an extraction selectivity study with different concentrations of commercial extractant was performed. Experimental tests were performed in the residues from printed circuit boards. The first step is to subject the manual separation of some electronic components, then is crushed to a certain particle size, which three different particle sizes by lower sieves 3 mm were obtained. Etching with sulfuric acid and hydrogen peroxide was carried out amount of the material obtained after leaching, the samples contained 4387.5, 4427.8 and 4546.5 mg / L of copper in solution, which can be a feasible recovery process

Palabras Clave

Lixiviación; RAEE; Factor de Dilución; fase orgánica; Concentración, pH.

INTRODUCCIÓN

Se llaman RAEE o WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) a los residuos de los aparatos eléctricos y electrónicos, sus materiales, componentes, consumibles procedentes tanto de hogares particulares como de usos profesionales.

Los RAEE pueden contener sustancias químicas y metales pesados como berilio, cromo, cadmio, arsénico, selenio, antimonio, mercurio y plomo, además de oro, plata y cobre.

Las mejoras en la capacidad de procesamiento de los ordenadores se han acortado su vida media. Por lo tanto, cada año, la cantidad de residuos de aparatos electrónicos (RAEE); está aumentando tres veces más rápido que otras formas de residuos municipales [1].

El principal reto de este ramo es que contienen hasta 60 elementos diferentes y estos además están estrechamente relacionados con los conjuntos complejos y subconjuntos [2], tal como cobre, hierro, aluminio, plomo y estaño, así como metales preciosos, cuyas propiedades físicas y químicas son muy diferentes.

Los RAEE contienen grandes cantidades de metales preciosos y cobre, los cuales representan más del 95% de su valor total [3]. Los residuos de 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], [6] y [7]. Esto hace que los RAEE son una fuente secundaria para este metal, ya que es económicamente rentable y contribuye a la preservación de los recursos naturales [8], [9] y [10].

Para la recuperación de metales se pueden utilizar procesos hidrometalúrgicos y pirometalúrgicos, en general los procesos pirometalúrgicos son más contaminantes y costosos [11], [12], [13].

Los procesos hidrometalúrgicos 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. La precipitación, la cementación, la absorción, intercambio iónico, extracción electrolítica y la extracción líquido-líquido son métodos de purificación utilizados actualmente.

Por otra parte, el tratamiento de estos residuos tiene como ventajas la reutilización de los materiales recuperados y una menor explotación de minas. La composición de los WEEE es mucho más compleja que en las minas naturales, y por tanto los procesos de recuperación de estos metales valiosos tengan más etapas para un procesamiento eficiente y ambientalmente racional de los WEEE [14].

Esta investigación pretende ser un primer paso en el reciclaje y extracción de los RAEE que se realiza referenciada al cobre, por ser el elemento de mayor abundancia en la composición de los RAEE con casi un 20% en peso.

Hipótesis

Es posible realizar la separación de cobre mediante la lixiviación y la extracción líquido-líquido a partir de residuos de RAEE inservibles, usando agentes extractantes comerciales con alta selectividad por el metal.

Objetivo general

Realizar un estudio sobre la extracción de cobre de residuos de los RAEE, lixiviadas con ácido sulfúrico empleando como extractante ACORGA M5774 y determinar las condiciones de operación para obtener un alto rendimiento de extracción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de la materia prima, se obtuvo de la recolección de tarjetas de circuito en centros de recolección de residuos y en lugares de reparación de computadoras. Una vez teniendo una buena cantidad de tarjetas de circuito, se procede a desmantelarlas.

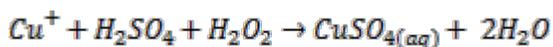
El procedimiento propuesto para desmantelar las Tarjetas de circuito es: Retirar todos los componentes (plásticos) manualmente, para evitar un posible ataque químico (capacitores de base electroquímica). Realizar cortes transversales a todas las tarjetas de circuito. Una vez obtenido las pias en cortes más pequeñas que van de 2 cm x 3 cm, se prosiguió con la pulverización en un molino de martillos.



IMAGEN 1: Molino de martillos, instrumento de desintegraciones mecánicas; laboratorio de ingeniería química, DCNE de la Universidad de Guanajuato.

Para la lixiviación, en base a la revisión bibliográfica, se encontraron condiciones a las cuales se obtiene un mayor porcentaje de disolución. El procedimiento propuesto para lixiviar los residuos electrónicos es:

10 g de polvo de residuo rico en cobre, 80 mL de H_2SO_4 2 mol/L, 20 mL de H_2O_2 30 % (P/V). Como reacción:



El procedimiento para llevar a cabo la lixiviación fue el siguiente en un matraz de 3 bocas de 500 mL, a temperatura con baño controlado y a reflujo con agua de enfriamiento. La lixiviación fue realizada a una temperatura de operación de $70^\circ C$ y con una agitación mecánica de 620 rpm. La prueba se hizo durante 180 min; a los 80 min de iniciada la prueba, se adicionó una cantidad de H_2O_2 (10 mL) equivalente al 50 % del estequiométrico.



IMAGEN 2: Sistema para llevar a cabo la lixiviación en un matraz de 3 bocas de 500 mL, a temperatura con baño maría y a reflujo con agua de enfriamiento

Para medir la concentración de cobre en la solución se realizaron diluciones apropiadas en el rango de la curva de calibración (1 - 5 mg/L). Después de obtener la lectura correspondiente a la muestra, en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica AAnalyst 200, Perkin Elmer.

Extracción líquido-líquido

Para el estudio de la extracción de cobre, fue utilizada la solución acuosa filtrada obtenida de la lixiviación. Para la fase orgánica, se preparó una solución del extractante (ACORGA M5774), diluido hasta una concentración de 10, 20, 30 y 50% (v/v) en queroseno. Por consulta bibliográfica el pH de extracción recomendado es 3 en esta serie de experimentos, se ajusta a ese valor de pH y se deja en contacto por 30 minutos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis granulométrico

Consiste en separar y clasificar por tamaños el material que compone la muestra.

Tabla 1. Porcentajes retenidos en peso de la muestra inicial a diferentes tamices.

Tamiz N°	Análisis granulométrico, para las muestra pulverizada de residuo TIC			
	Diámetro (mm)	Peso retenido. (g)	% Retenido	% que pasa
7	3	688.37	52.45	47.55
18	1	204.28	15.57	31.98
35	0.5	131.36	10.01	21.97
finos	N<0.5	288.39	21.97	

Analizando los porcentajes obtenidos, la distribución de los diferentes tamaños de partícula se ven reflejadas en el porcentaje retenido, ya que se trabajó con los tamices 18°,35° y los finos y la suma de los porcentajes retenidos casi es el 50 % de los residuos.

De la curva granulométrica se concluye que más del 40 % del material es de tamaño menor a 3 mm, que es el tamaño máximo para una buena liberación del cobre. Esto muestra como el proceso de reducción de tamaño realizado en el pulverizador en una sola etapa del material permite obtener el resultado deseado.

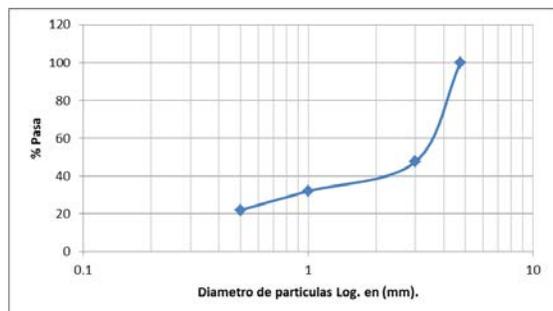


Figura 1. Curva granulométrica del material producto del pulverizador.

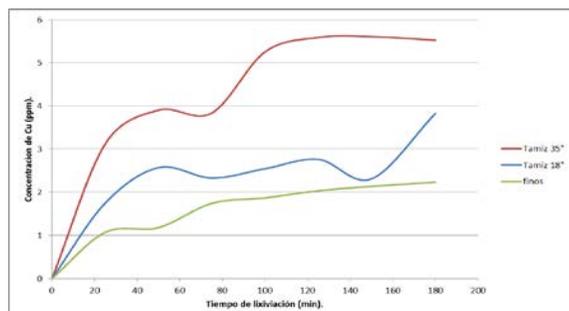


Figura 2: Curva de concentración de cobre vs tiempo de lixiviación, a los diferentes tamices.

El resultado del proceso de lixiviación se presenta en la Figura 2, a las dos horas de lixiviación se obtiene una concentración de cobre 36,372 mg Cu/L de solución equivalente al 87% del total del cobre en la muestra. A los 60 minutos la lixiviación de cobre es del 68%.

Se puede ver como a los 40 min no hay más lixiviación de cobre y a partir de los 60 min vuelve a haber disolución debido a que se agregó más peróxido de hidrógeno. Esto muestra que se debe ser agregado a intervalos de tiempo regulados ya que para la adición de una cantidad moderada de en un intervalo corto de tiempo, la liberación de ocasiona el derrame de la solución.

Para la extracción liquido-liquido.

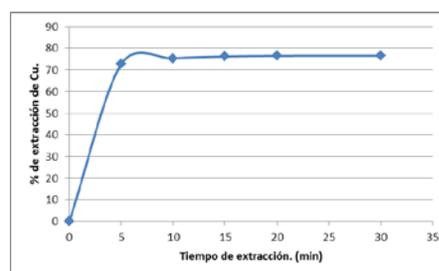


Figura 3. Rendimiento de Extracción de [Cu] en función de tiempo, pH = 3, al 50% v/v de extractante.

La reacción que gobierna la formación de este complejo se presenta a continuación $Cu^{+} + 2HR_{org} \rightarrow CuR_{2org} + 2H_{ac}^{+}$

Y como muestra la ecuación se necesitan 2 moles de extractante para poder extraer el metal. Los resultados del estudio cinético se muestran en la Figura 3 y se puede observar que con 10 minutos de contacto se logra alcanzar el equilibrio en la extracción con un porcentaje de extracción.

Ya que para la concentración de, 20 y 30% para los 3 tamices los porcentajes máximos de extracción son de 30 y 50 %

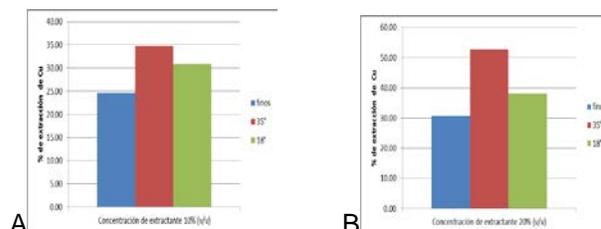


Figura 4 A y B: Extracción de [Cu] en función del extractante, pH = 3, a 20 y 30 % v/v de extractante, 30 min de tiempo de extracción.

En la cinética de extracción que se representa en la Figura 5 se puede apreciar que el rendimiento es próximo al 80%, por lo tanto la concentración de extractante recomendable es de 50%(v/v) para esta concentración de cobre en fase acuosa.

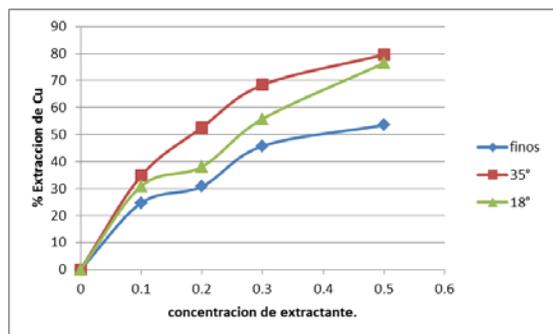


Figura 5 Rendimiento de Extracción de [Cu] en función de la concentración del extractante, pH = 3, a diferentes tamices y 30 min de tiempo de extracción.

El análisis de esta Figura 5 indica que el rendimiento de la extracción aumenta directamente con el incremento de la concentración de, ACORGA M5774 alcanzado un rendimiento próximo al 80 % para una concentración del 50%(v/v) del extractante.

Conclusiones

En este trabajo, se pudieron determinar las mejores condiciones para la extracción de cobre proveniente de la lixiviación de los residuos de RAEE. Tales condiciones son: pH de 3, un tiempo de contacto de 10 minutos, y usando una concentración de 50%(v/v) de ACORGA M5774 en queroseno como agente extractante.

En general, se pudo comprobar la eficiencia del proceso de extracción de cobre a partir de los residuos de los RAEE, pero con un control riguroso de las condiciones de operación, que pueden afectar de manera considerable al rendimiento del proceso.

AGRADECIMIENTOS

Debo agradecer de manera especial al Dr. Zeferino Gamiño Arroyo, después de este intercambio de conocimiento, ha despertado en mí persona, la necesidad de seguir profundizando en esta metodología de análisis.

A la Universidad de Guanajuato, por la oportunidad de llevar a cabo esta grata experiencia de tener un acercamiento directo con la investigación.

REFERENCIAS

- [1] EV Eygen, SD Meester, HP Tran, J. Dewulf ahorro de recursos por la Minería urbana: El caso de los Ordenadores de sobremesa Portátiles y en Bélgica Resour. Conserv. Recycl., 107 (2016), 53-64
- [2] Hagelüken and Corti, 2010, C. Hagelüken, C.W. Corti Recycling of gold from electronics: cost-effective use through 'design for recycling' Gold Bull., 43 (3) (2010), 209-220
- [3] NN Joda, F. Rashchi La Recuperación de grano fino de cobre de ultra plata y de los Desechos de placa de circuito Impreso Tratamiento septiembre. Technol., 92 (2012), 36-42
- [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] S. Ilyas, MA Anwar, SB Niazi, MA Ghauri. La biolixiviación de Metales A partir de chatarra electrónica por bacterias acidófilas moderadamente termófilas Hidrometalurgia, 88 (2007), 180-188.
- [7] F.-R. Xiu, F.-S. Zhang. Electrocinética Recuperación de Cd, Cr, As, Ni, Zn y Mn se de Placas de Circuito Impreso de desecho: efecto de los Agentes asistentes J. Peligro. Mater., 170 (2009), 191-196
- [8] I. Birloaga, I. De Michelis, F. Ferella, M. Buzatu., Estudio de la influencia f Varios de factors En El Procesamiento hidrometalúrgico.
- [9] 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
- [10] S. Ilyas, MA Anwar, SB Niazi, MA Ghauri La biolixiviación de Metales A partir de chatarra electrónica por bacterias acidófilas moderadamente termófilas Hidrometalurgia, 88 (2007), 180-188
- [11] F.-R. Xiu, F.-S. Zhang electrocinética Recuperación de Cd, Cr, As, Ni, Zn y Mn se de Placas de Circuito Impreso de desecho: efecto de los Agentes asistentes J. Peligro. Mater., 170 (2009). 191-196
- [12] I. Birloaga, I. De Michelis, F. Ferella, M. Buzatu, F. Veglio Estudio de la influencia f Varios de factors En El Procesamiento hidrometalúrgico de placas de circuito Impreso de Residuos para la Recuperación de cobre y oro Residuos Administrar., 33 (2013), 935-941
- [13] J.Y. Mella, K. Poikela, U. Lehtinen, R.L. Keiski, E. Pongrácz "Implementation of Waste Electrical and Electronic Equipment Directive in Finland: evaluation of the collection network and challenges of the effective WEEE mangagemen Resour. Conserv. Recycl., 86 (2014), pp. 38-46
- [14] Hagelüken and Corti, 2010, C. Hagelüken, C.W. Corti Recycling of gold from electronics: cost-effective use through 'design for recycling' Gold Bull., 43 (3) (2010), 209-220