

ESTUDIO DE LIXIVIACIÓN ELECTROQUÍMICA DE COMPACTADOS METÁLICOS DERIVADOS DE E-WASTE

Cortés López Carmen¹, V. E. Reyes Cruz^{1*}, M. A. Veloz Rodríguez¹, J.A. Cobos Murcia^{1, 2}, Dr. Juan Hernández Ávila¹.

¹ Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carr. Pachuca-Tulancingo km 4.5 C.P.42184,

² Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Depto. de Cátedras, Av. Insurgentes Sur 1582, Col. Crédito Constructor, Delegación Benito Juárez, México D.F., C.P. 03940.

* E-mail: reyescruz16@yahoo.com.mx

RESUMEN

La falta de tecnologías sustentables para el reciclaje de desechos electrónicos (e-waste), ha originado la extracción clandestina, insegura y tóxica de los metales valiosos que contienen. En el presente trabajo se aborda esta problemática mediante la propuesta de una lixiviación electroquímica de ánodos compactados de e-waste que contienen los metales Cobre (Cu), Zinc (Zn), Níquel (Ni), Plata (Ag) y Oro (Au), evaluando la respuesta voltamperométrica y cronoamperométrica con el fin de encontrar las condiciones energéticas de recuperación en solución de los metales provenientes de e-waste en un medio ácido de baja concentración. Los resultados determinaron que la lixiviación de todos los metales de interés es posible mediante técnicas electroquímicas en potenciales desde 0.2 V a 1.19V vs ECS.

Palabras Clave: E-waste, electroquímica, lixiviación, metales.

1. INTRODUCCIÓN

El avance tecnológico siempre a la vanguardia, ha promovido la sustitución indiscriminada de equipos electrónicos obsoletos. No obstante, la falta de conciencia de los consumidores sobre el reciclaje de estos residuos ha originado una red de tráfico de desechos; desde su reventa como “equipos de segunda mano” en países en vías de desarrollo, hasta la extracción clandestina de los metales valiosos. Los grandes generadores de residuos como USA, envían sus remanentes a otros países en lugar de invertir en plantas recicladoras [1]. México requiere de tecnologías que optimicen la recuperación de metales valiosos provenientes de los desechos de la industria electrónica, además de la disminución de los desechos contaminantes [2]. Los procesos electroquímicos son una gran alternativa para la recuperación metálica en solución debido al bajo costo de operación. En el presente trabajo se aborda esta problemática de la recuperación de metales provenientes de e-waste a partir de la lixiviación electroquímica de Cu, Zn, Ni, Ag, Au a través del uso de ánodos compactados de desechos electrónicos.

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

1.1. Caracterización de la muestra

La muestra de polvo metálico, fue proporcionada por la empresa Cooperación de valores reciclados S.A. de C.V. Se realizó una caracterización exhaustiva mediante Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP), empleando un equipo OPTIMA 8300 de Perkin Elmer, para lo cual se digirió 1g de muestra en parrilla de calentamiento con HNO₃ y HCl concentrados en relación de 2:1, por 15 min.

2.2. Estudio electroquímico

1.1.1. Análisis termodinámico

Se obtuvieron Diagramas de Pourbaix con el Software libre HSC Chemistry 5 de los elementos de interés en una concentración de ácido nítrico al 10%, para observar las posibles zonas de oxidación de los metales.

1.1.2. Pruebas electroquímicas

Se utilizó como ánodo un compactado metálico (briqueta), compactando 10g de material con una prensa hidráulica a 25 Ton. Se usó como referencia un electrodo de calomel saturado (ECS) y como contraelectrodo, se estudiaron tres materiales diferentes; titanio, rutenio y grafito. Como solución de trabajo se emplearon 40ml de HNO₃ al 10%.

Para efectuar todas las pruebas electroquímicas se empleó un potenciostato galvanostato PAR 263A con una interfaz de usuario PowerSuite 2.56. Se evaluó la respuesta voltamperométrica en potenciales desde 0.2V a 1.2V vs ECS a una velocidad de barrido 25mV/s; mientras que la respuesta cronoamperométrica se evaluó imponiendo potenciales desde 0.2 a 1.17V vs ECS a tiempos de electrólisis de 600 s.

Todas las soluciones resultantes fueron caracterizadas mediante ICP.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla I muestra las concentraciones obtenidas mediante ICP de Cu, Ni, Zn, Ag y Au contenidos en el polvo metálico, previa digestión.

Tabla I. Concentraciones de los metales de interés obtenidas vía ICP

<i>Elemento</i>	<i>ppm</i>	<i>%</i>
<i>Cu</i>	18324.00	97.64
<i>Ni</i>	168.82	0.90
<i>Zn</i>	155.52	0.83
<i>Ag</i>	9.82	0.05
<i>Au</i>	8.40	0.04
<i>Sn</i>	99.66	0.53

En la tabla se aprecia la presencia de los metales Cu, Au, Ag, Zn y Ni. La cantidad de Au y Ag es del 0.04% y 0.05% por gramo de muestra, lo que hace de estos desechos una fuente potencial de metales valiosos debido a que la cantidad que se tiene en la explotación minera (0.000567% y 0.01% respectivamente) [3].

La Figura 1 presenta los Diagramas de Pourbaix obtenidos para Ag, Ni y Au para una concentración de HNO₃ del 10%. Se puede apreciar que en las ventanas de potencial de 0.5V a -0.495V, 0.5V a 0.755V y 1.255V a 1.755V se encuentran como especies iónicas el Ni, la Ag y el Au respectivamente, dentro de un intervalo de pH de 0 a 2. El pH de la solución de HNO₃ al

10%, se encuentra en 1.6; por lo que se espera lograr la lixiviación de todos los metales de interés en una zona de potencial de -0.5V a 1.755V vs ECS, aun con evolución de oxígeno que se presenta a partir de 1.05V .

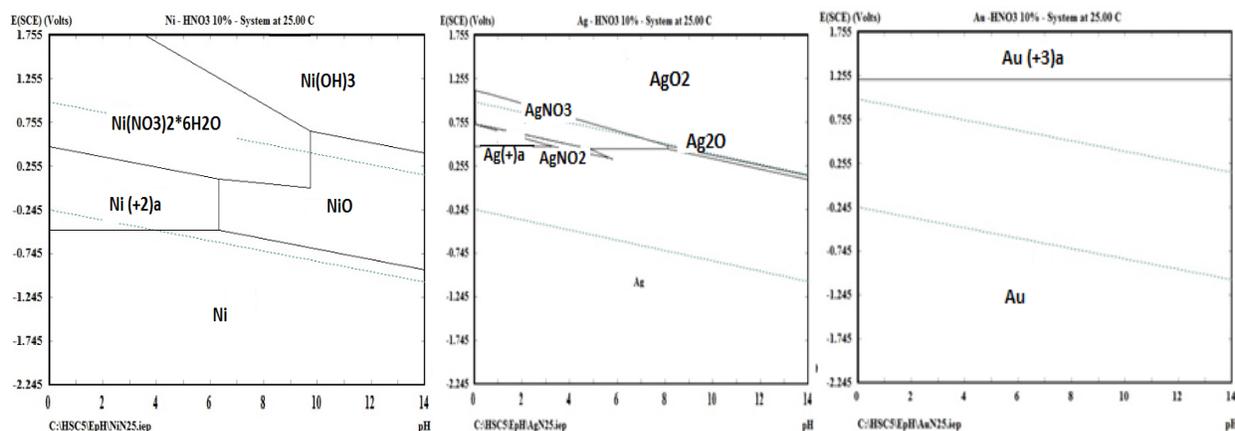


Figura 1. Diagramas de Pourbaix para Ni, Ag y Au en HNO_3 al 10%.

En la Figura 2 se ilustra la comparación voltamperométrica de los tres materiales utilizados como contraelectrodo (rutenio, grafito y titanio); en una ventana de potencial de -2.0V a 2.0V en sentido anódico a una velocidad de barrido de 25mV/s . Se observan los correspondientes procesos de óxido-reducción en los intervalos de 0.5 a 2V vs ECS y de -0.4 a -2V vs ECS respectivamente; atribuidos a la lixiviación metálica y su correspondiente reducción. El arreglo con mayor densidad de corriente es el que se encuentra conformado por briqueta/rutenio con 1.2A/cm^2 , seguido de briqueta/grafito con 0.8A/cm^2 y briqueta/titanio con 0.6A/cm^2 . A pesar de ello, se elige trabajar con el arreglo briqueta/titanio por su adecuada estabilidad estructural durante la experimentación.

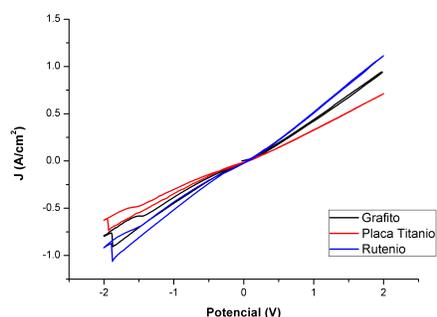


Figura 2. Voltamperometrías comparativas de tres contraelectrodos (rutenio, grafito y titanio) iniciados en dirección anódica en HNO_3 al 10% a 25mV/s .

En la Figura 3 se presentan las cronoamperometrías realizadas imponiendo potenciales de 0.2V a 1.19V vs ECS durante 600s , usando el arreglo briqueta/titanio. Se puede apreciar que al

aumentar el potencial se incrementa la corriente de oxidación gradualmente hasta 0.8V. A partir de 0.8V los cambios en la corriente son irregulares, esto debido a los cambios superficiales y a la evolución de oxígeno.

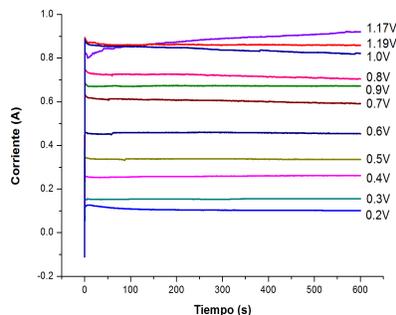


Figura 3. Cronoamperometría imponiendo potenciales 0.2V a 1.19V vs ECS durante 600s

En la Tabla II, se presentan las lecturas obtenidas mediante ICP en ppm de las soluciones generadas en las cronoamperometría anteriores. Estas lecturas revelan que las concentraciones de los metales aumentan en solución debido al incremento de potencial. Sin embargo, la presencia de oro ocurre hasta potenciales de 1.17V y 1.19V vs ECS, lo que indica que para lograr la lixiviación de todos los metales es necesario trabajar en potenciales altos.

Tabla II. Concentraciones de los metales de interés obtenidos vía ICP en ppm de las soluciones generadas por las cronoamperometría en potenciales de 0.2V a 1.19V vs ECS durante 600 s cada una.

Potencial	Cu	Ni	Zn	Ag	Au	Sn
0,2	65.3	26.62	50.32	0.392		10.07
0.3	295.21	23.2	45.22	0.408		1.238
0,4	991.50	25.99	95.45	0.537		22.2
0.5	1,154.88	22.2	233.12	0.473		21.28
0.6	1,786.75	22.29	404.62	0.472		1.089
0,7	2,806.25	49.7	145.25	0.516		2.939
0,8	4,945.00	24.14	454.75	0.489		23.67
0,9	14 021.0	173.5	544	0.47		86.25
1,0	18,341.00	172	587.9	0.23		107.88
1.16	3232	120.2	74.59	0.0197	0.4983	104.8
1.17	3728	80.55	62.69	0.5377	0.0246	71.84

3. CONCLUSIONES

El estudio termodinámico indica que la lixiviación de los metales de interés como la Ag y el Au es posible en un intervalo de potencial de -0.5V a 1.755V vs ECS. Mientras que el estudio voltamperométrico permite determinar que el mejor arreglo para la lixiviación es el de briqueta/titanio; esto debido a su estabilidad en una ventana de potencial de -0.2V a 2.0V vs ECS. Por otra parte, el estudio cronoamperométrico permitió acotar el intervalo donde se lleva a cabo la lixiviación de los metales de interés que es de 0.2V a 1.19V vs ECS, a tiempos de 600s. La caracterización de las soluciones verifica que es posible la electrolixiviación de todos los metales en potenciales de 1.17V y 1.19V vs ECS.

4. AGRADECIMIENTOS

Los autores externan su gratitud al PROFOCIE por el apoyo financiero otorgado para el desarrollo de esta investigación. Al Dr. Juan Hernández, Dr. Félix Sánchez y la Quim. Verónica García por el soporte brindado durante este trabajo. Carmen Cortés agradece al CONACYT por la beca otorgada para la realización de sus estudios de Doctorado.

5. REFERENCIAS

- [1] U. Jadhov, *Journal of achievements in materials and manufacturing*, vol. IX, Núm 2, pág. 159, (2012).
- [2] G. Benítez, *Revista científica y tecnológica de la Universidad Veracruzana*, vol. XXIII, pág. 1, (2010).
- [3] J. Newton, *An introduction to Metallurgy*, segunda edición, pág 123, (2002)