

V.4- OXIDACIÓN ELECTROQUÍMICA DE Cu, Ni y Sn CONTENIDOS EN E-WASTE

Carmen Cortés ^a, V. E. Reyes Cruz ^a, M. A. Veloz Rodríguez ^a, J.A. Cobos Murcia ^{a,b}

^a Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, UAEH, Mineral de la Reforma, Hidalgo
reyescruz16@yahoo.com.mx

^b Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Depto. de Cátedras, Av. Insurgentes Sur 1582, Col. Crédito Constructor, Del. Benito Juárez, México D.F., C.P. 03940
catseven78@hotmail.com

* Autor de correspondencia: reyecruz16@yahoo.com.mx

RESUMEN

Se categoriza con el nombre de E-waste a todos los productos eléctricos y electrónicos que constituyen un desecho, al haber llegado al final de su vida útil. La fracción metálica de estos residuos representa una gran alternativa para la recuperación de metales valiosos entre los que se encuentran Cu, Ni y Sn. Las propiedades de los metales antes mencionados, los ubican dentro de una ventana de electro actividad muy alta en medios ácidos; por lo que pueden ser recuperados en sistemas electrolíticos de baja concentración bajo el efecto de un campo eléctrico. Es fundamental elucidar los intervalos de potencial de oxidación, como comportamiento característico de los metales, ya que las contribuciones energéticas de acuerdo a la concentración en la que se encuentren presentes modifican la cinética de su transformación. Es importante mencionar que dentro de las etapas de recuperación metálica selectiva de los sistemas como E-waste, es necesario realizarla en dos etapas principalmente: lixiviación y depósito. En el presente trabajo se evalúa la respuesta anódica de los metales de Cu, Ni y Sn contenidos en un electrodo compactado de E-waste con ácido nítrico al 10% como agente oxidante. Los resultados indican que para lograr la lixiviación de Ni y Sn con la menor interferencia de Cu, es necesario imponer potenciales por arriba de 1.0V vs SCE.

Palabras Clave: E-waste, Cobre, Níquel, Estaño, electrolixiviación.

ABSTRACT

It is categorized by the name of E-waste to all electrical and electronic products that are waste, because they have reached the end of its useful life. The metal fraction of the waste represents a great alternative for the recovery of valuable metals found among Cu, Ni and Sn. The properties of the above metals, locate them in a high electro activity window in acid media, so they can be recovered in low concentration electrolyte systems under the effect of an electric field. Is critical to elucidate the oxidation potential intervals as characteristic behavior of these metals, because the energy contributions according to the concentration at which they are present modify the kinetics of their transformation. It is noteworthy that in the steps of selective metal recovery systems like E-waste, is necessary to be perform mainly in two stages: leaching and deposits. This work presents the anodic response metals Cu, Ni and Sn contained in a compacted electrode of E-waste with 10% of nitric acid as an oxidizing

agent. The results indicate that to achieve leaching and Sn, Ni with the least interference of Cu it is necessary to impose potentials above 1.0V vs SCE.

Keywords: E-waste, Copper, Nickel, Tin, electroleaching.

1. INTRODUCCIÓN

Los desechos eléctricos y electrónicos, están constituidos por metales, plásticos y otras sustancias. Por ejemplo, un teléfono móvil puede contener 40 de los elementos de la tabla periódica incluyendo cobre (Cu), (Sn) y (Ni). La fracción metálica representa el 23% del peso de un teléfono, donde la mayor parte es cobre, mientras que el restante 77% se compone de plásticos y materiales cerámicos.

Si se considera la cantidad de teléfonos que se producen anualmente, se puede notar que los e-waste son una importante fuente de recuperación de metales valiosos. En la tabla 1 se muestran las principales aplicaciones de Cu, Sn. El Ni por su parte, no se tiene cuantificado, por lo general se encuentra acompañado de metales como: cobalto y cobre [1].

Tabla 1. Metales encontrados en los e-waste, de acuerdo a la demanda de 2012.

Metal	Producción t/y	Demanda para e-waste t/y	Principal aplicación
Cu	15 000 000	4 500 000	Cables, alambres, conectores
Sn	275 000	90 000	Soldaduras

La problemática de la recuperación de metales a partir de e-waste se ha realizado desde dos enfoques principalmente: la oxidación química y el depósito. Los agentes oxidantes empujados por diversos autores, van desde cianuros, tiosulfatos, FeCl₃, agua supercrítica, agua regia hasta ácidos corrosivos de alta concentración como ácido sulfúrico. Sin embargo, es preciso emplear agentes oxidantes de baja concentración que permitan hacer más sustentable el proceso de oxidación selectiva [2].

Las técnicas de oxidación electroquímica, son una herramienta muy útil en sistemas multielementales como los de e-waste. En estas técnicas es necesario, encontrar la ventana de electroactividad que permita lograr la recuperación de los metales de interés. En el presente trabajo, se aborda esta problemática realizando un estudio voltamperométrico y cronoamperométrico de oxidación de las especies de Cu, Ni y Sn en un medio electrolítico de HNO₃ 2.1M.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se empleó una celda típica de tres electrodos, en la cual el electrodo de trabajo consistió de una briqueta (compactado rectangular de 10g de polvo metálico comprimido a 25Ton, con dimensiones de 3x1.2x0.5 cm) y un contraelectrodo de titanio. Los potenciales encontrados en este trabajo serán reportados con respecto al electrodo de calomel (SCE).

Se efectuaron voltamperometrías lineales en dirección anódica desde 0.1 a 1.3V vs SCE, con una velocidad de 25mV/s. De igual manera, se realizaron cronoamperometrías imponiendo potenciales de 0.1V hasta 1.3V vs SCE en tiempos de electrólisis de 600s.

Todas las pruebas fueron realizadas en un potenciostato/galvanostato Princeton Applied Research con una interfaz del software Power Suite 5.0. Las soluciones obtenidas fueron caracterizadas mediante plasma acoplado inductivamente.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se ilustra el compactado metálico proveniente de los E-waste (briqueta) que fue utilizado como electrodo de trabajo. Se puede apreciar que en el compactado se tiene una distribución no homogénea de los diferentes metales presentes. Es importante mencionar que la presentación briqueta es una de las cuatro formas en que la empresa Corporación de Valores Reciclados S.A. de C.V. comercializa este producto a nivel internacional.

Antes de iniciar los estudios electroquímicos es necesario caracterizar mediante una técnica analítica precisa como Plasma acoplado inductivamente, el contenido de metales presentes en el polvo de E-waste.



Figura 1. Briqueta de 10g de E-waste compactado a 25Ton.

En la Tabla 2 se presentan las concentraciones promedio del polvo de E-waste contenido en un 1g. En ella se puede apreciar, que el elemento mayoritario es Cu con un 98.6% seguido de Ni y Sn con un 0.9 y 0.5%. Estos metales por su demanda en electrónica [1], representan un recurso valioso susceptible de ser recuperado selectivamente.

Tabla 2. Concentraciones de polvo metálico de E-waste obtenidas mediante ICP.

Elemento	ppm	%
Cu	18324	98.6
Ni	168.82	0.9
Sn	99.66	0.5

El comportamiento de los metales bajo el efecto del campo eléctrico está condicionado por i) la concentración de los metales presentes en el sistema, ii) el medio electrolítico utilizado y iii) la naturaleza de la superficie electroactiva. Con el fin de determinar los intervalos de potencial donde se

llevan a cabo los procesos de oxidación, de acuerdo a las condiciones específicas del sistema se llevan a cabo estudios voltamperométricos.

La figura 2, muestra las voltamperometrías lineales en sentido anódico que se realizaron a la briqueta de E-waste. En ella se puede observar que al incrementar el potencial, la corriente anódica aumenta progresivamente hasta 1.0V vs SCE, debido a la oxidación de los metales presentes en la briqueta. Sin embargo, después de este potencial, se tiene un aumento irregular de la corriente anódica. Este comportamiento en la corriente anódica es típico de interacciones galvánicas en sistemas multielementales. Al llegar a 1.3V vs SCE, se ve un aumento importante de la corriente anódica debido a la contribución de la reacción de evolución de oxígeno, que es muy abundante. Para acotar el intervalo de oxidación de los metales de interés (Cu, Ni y Sn) es necesario aplicar potenciales de 0.2 a 1.17 V vs SCE a tiempos de electrolisis 600 s.

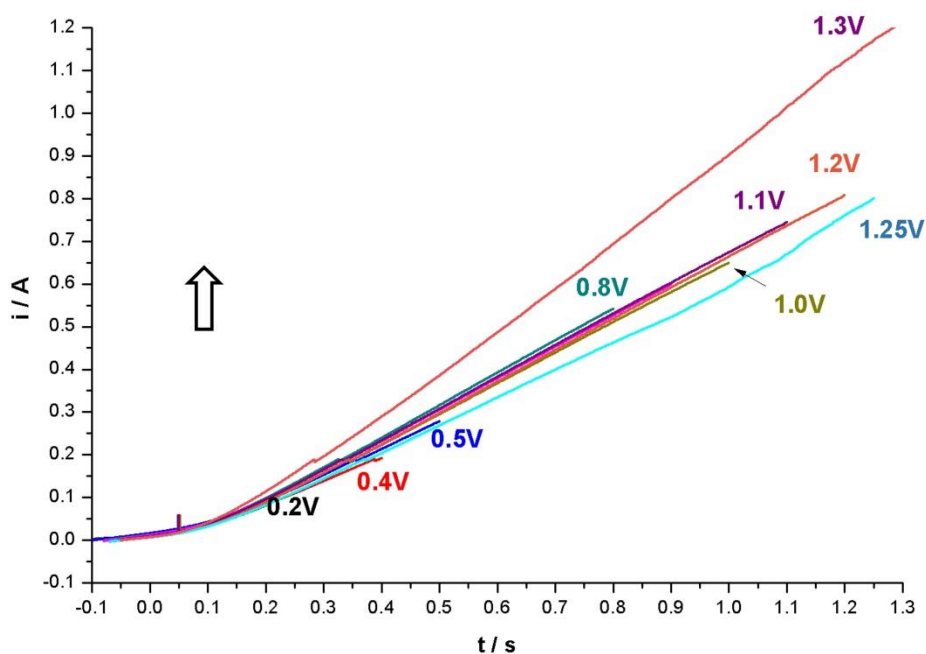


Figura 2. Voltamperometrías lineales en sentido anódico a 25mV/s de la briqueta de E-waste, empleando HNO_3 2.1M de 0.2V a 1.3V vs SCE.

La figura 3 muestra las cronoamperometrías de oxidación efectuadas a la briqueta de E-waste, con tiempos de electrolisis de 600s. Se puede observar que de la misma forma que en las voltamperometrías lineales, al incrementar el potencial hacia valores más positivos, la corriente anódica aumenta uniformemente hasta 0.8V vs SCE. Sin embargo, a partir de 0.9V y hasta 1.17V vs SCE la tendencia del aumento de corriente anódica es irregular. Este comportamiento confirma lo observado en las pruebas anteriores, estableciendo una zona de potencial donde comienzan las interacciones galvánicas de los metales presentes, además de la reacción de evolución de oxígeno que se intensifica, ya que aparece en 0.7V vs SCE.

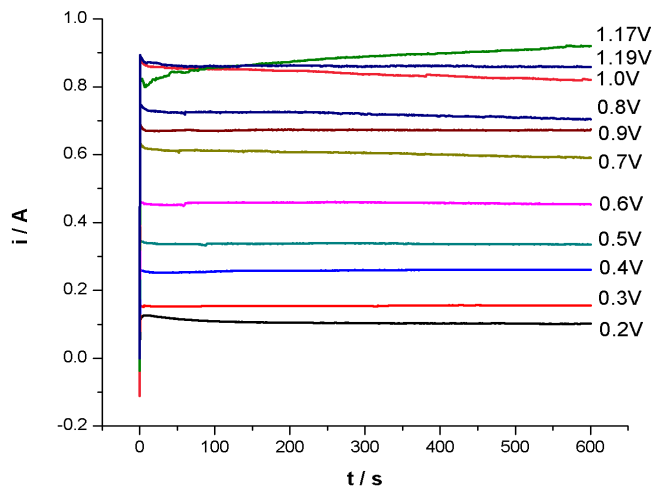


Figura 3. Cronoamperometrias de oxidación de la briqueta de E-waste, empleando HNO_3 2.1M imponiendo 0.2V a 1.17V vs SCE, en tiempos de electrolisis de 600s.

Es preciso, cuantificar los metales en solución con el fin de evaluar el efecto del campo eléctrico y el agente oxidante. En la figura 4 se muestran las concentraciones obtenidas mediante ICP de las oxidaciones realizadas en cada potencial. Se puede observar, que las concentraciones de los tres metales Cu, Ni y Sn conservan una tendencia al aumento, hasta que alcanzan un máximo en 1V vs SCE. Después de este potencial la concentración disminuye considerablemente con una tendencia a estabilizarse en potenciales 1.1V a 1.2V vs SCE. Esta fluctuación en las concentraciones indica que aunque la oxidación de Ni y Sn disminuye, es aún menor la oxidación de Cu. Por lo que para lograr la recuperación selectiva de Ni y Sn (con la menor inferencia de cobre) es necesario imponer un potencial por encima de 1.1 V. Además confirma el comportamiento observado en las cronoamperometrias y voltamperometrias con respecto a la aparición de una zona de potencial donde se tiene la predominancia de interacciones galvánicas.

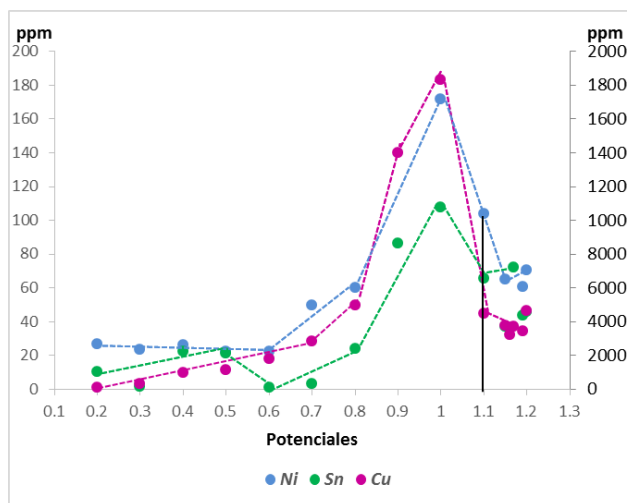


Figura 4. Concentraciones obtenidas mediante ICP de las cronoamperometrias efectuadas a la briqueta de E-waste.

4. CONCLUSIONES

Se puede concluir que en un sistema multielemental de E-waste, es necesario imponer potenciales por encima de 1.0V para lograr la oxidación de Ni y Sn con la menor interferencia de Cu en un medio electrolítico del 10% de HNO₃. Además en un sistema multielemental el comportamiento de la oxidación está sujeto a las interacciones galvánicas de los metales presentes en los E-waste.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Schlupe and co., M. (Julio de 2009). Recycling from e-waste to resources STEP program.
- [2]. Jadhov, U. (2012). Recovery of precious metals from industrial waste. *Journal of achievements in materials and manufacturing engineering* , 4 (2), 159-167.