



Caracterización Mediante Espectroscopia de Impedancia Electroquímica de Películas Anódicas Crecidas Sobre Al 2024-T3

A. Camargo¹, W. Aperador^{1,2}, A. Rios¹, C. Ortiz¹, E. Vera¹

¹Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Escuela de Física, Grupo de Superficies Electroquímica y Corrosión, Tunja- Colombia

²Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería de Materiales, Grupo de Materiales Compuestos, Cali-Colombia

Recibido 23 de Oct. 2007; Aceptado 3 de Mar. 2009; Publicado en línea 30 de abr . 2009

Resumen

Se presenta la producción de películas anódicas en una solución de ácido sulfúrico 15 % v/v con una temperatura de 20 °C, agitación constante (100 rpm), y tres densidades de corriente (10, 15 y 20 mA/cm²), esto con el propósito de sustituir el ácido crómico en el proceso de anodizado de la aleación de aluminio 2024-T3. La espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) y las curvas de polarización Tafel fueron las técnicas empleadas para observar el proceso de corrosión. Los circuitos equivalentes apropiados son detectados mediante EIS con base en estos circuitos se hallan los parámetros correspondientes de la capa porosa y la capa barrera. Adicionalmente se encuentra que las propiedades anticorrosivas de las películas anódicas formadas en ácido sulfúrico varían con la densidad de corriente empleada.

Palabras claves: Anodizado, Al 2024 -T3, densidad de corriente, EIS.

Abstract

The production of films anodic is presented in a solution of sulfuric acid 15% v/v and to a temperature of 20 °C, with constant agitation (100 rpm), and to three different current densities (10, 15 and 20 mA/cm²), to substitute the chromic acid in the process of anodizing of the aluminum alloy 2024-T3. The electrochemical impedance spectroscopy (EIS) and the polarization curves Tafel was the techniques employees to observe the process of corrosion. The appropriate equivalent circuits are detected by means of EIS with base in these circuits they are the parameters corresponding of the porous layer and the layer barrier. Additionally it is found that the anticorrosive estates of the movies anódicas formed in sulfuric acid vary with the density of current employee.

Key Words: Anodizing, current density, Al 2024-T3, EIS.

1. Introducción

En la industria aeronáutica las aleaciones de aluminio 2024-T3 son utilizadas para la producción de piezas de fuselaje. Piezas destinadas a este uso deben tener como características alta resistencia mecánica, bajo peso y elevada resistencia a la corrosión. Estas aleaciones atienden adecuadamente a los dos primeros requisitos, sin embargo sobre el punto de vista de resistencia a la corrosión las mismas necesitan ser recubiertas con una película anódica. Actualmente el pretratamiento utilizado para las aleaciones de aluminio con uso en la industria aeroespacial es la cromatación. A pesar del alto grado de protección contra la

corrosión conferida a partir del uso del cromo este proceso no es el adecuado por lo quebranta normas ambientales y de salud, debido a las características contaminantes y cancerígenas presentadas, siendo necesaria su sustitución por otros pre tratamientos más amigables desde el punto de vista ambiental. Las películas anódicas crecidas en ácido sulfúrico, han sido investigadas como posibles sustitución. En este trabajo se presenta el comportamiento electroquímico de la aleación de aluminio 2024-T3 con y sin película anódica a partir de ácido sulfúrico. [1][2]

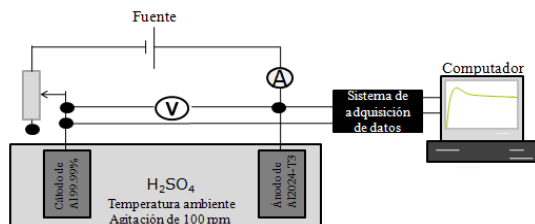


Fig.1 Representación esquemática del montaje usado para la obtención de las películas anódicas.

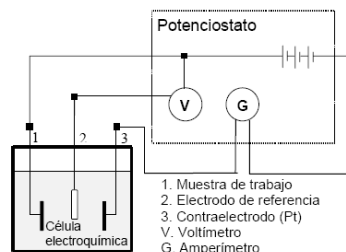


Fig.2 Diagrama esquemático de Celda utilizada para los análisis de EIS y Tafel.

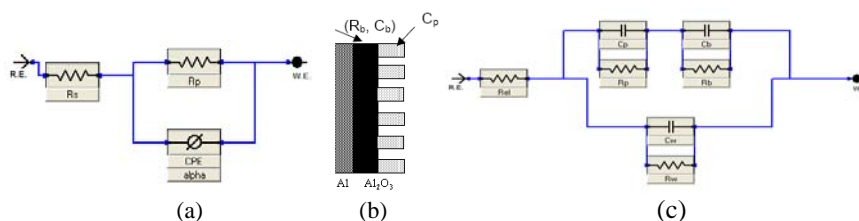


Fig.3 (a) Circuito equivalente para los diagramas de impedancia obtenidos de el sustrato Al 2024-T, (b) Diagrama esquemático de la formación del óxido de aluminio, (c) circuito equivalente para una doble capa de óxido de aluminio, con capa exterior porosa (C_p) y capa exterior densa (R_b, C_b).

2. Desarrollo Experimental

2.1. Características de la celda Electroquímica y Conformación del Recubrimiento

La Fig.1 muestra esquemáticamente el sistema usado para la obtención de las películas de óxido de aluminio con dos electrodos de aluminio conectados a la fuente de corriente continua. Un voltímetro o en este caso el sistema de adquisición de datos y un amperímetro en paralelo y en serie, respectivamente, completan el circuito eléctrico. El electrolito usado en este trabajo es una solución de ácido sulfúrico, H_2SO_4 al 15% v/v a temperatura ambiente el cual se agito durante el proceso a 100 rpm. [2][3] [4][5]

2.2. Pruebas Electroquímicas

La caracterización electroquímica se realizó en un equipo Gamry modelo PC4 mediante las técnicas de Espectroscopia de Impedancia Electroquímica (EIS) y curvas de polarización Tafel, a temperatura ambiente, empleando una celda compuesta por el electrodo de trabajo con un área expuesta de 0.4 cm^2 , un electrodo de referencia de $Ag/AgCl$ y un alambre de grafito como contra electrodo todo inmerso en una solución de cloruro de sodio, $NaCl$ al 3.5% w/v preparada con agua destilada, se eligió esta solución debido a que simula una solución marina además corroe metales activos formando los cloruros sobre el metal. Los diagramas de Bode se obtuvieron realizando barridos de frecuencia en el rango de 0.001 Hz hasta 100 KHz, empleando una amplitud de la señal sinusoidal de 10 mV. Los diagramas de Tafel se obtuvieron a una velocidad

de barrido de 0.5 mV/s en un rango de voltajes de $-0.25V$ a $0.3V$ empleando un área expuesta de 0.4 cm^2 . El montaje usado en los ensayos electroquímicos se encuentra esquematizado en la Fig. 2.

3. Resultados y discusión

3.1. Espectroscopia Electroquímica de Impedancias

La interpretación de los datos obtenidos requieren la modelización mediante un circuito eléctrico análogo al sistema físico estudiado, también llamado circuito equivalente. En el presente caso el encontrado en la muestra de Al 2024-T3 sin tratar (sustrato) y el sistema físico de las muestras con película anódica. En el caso de la muestra no tratada, el modelo que proporcione mejor ajuste fue el presentado en la Fig.3 (a). En el caso de las muestras con recubrimiento anódico, fue necesario utilizar un circuito equivalente más complejo, debido a la presencia de una capa de oxido superficial pasivante (capa barrera), y una segunda capa porosa, como se muestra en la Fig. 4. La Fig. 4 muestra los diagramas de Bode obtenidos para los anodizados y el sustrato. De los diagramas de impedancia se observa que el comportamiento de las películas presenta un comportamiento diferente al comportamiento obtenido para la muestra sin anodizado ($R_p = 78.57 \text{ Kohm}$).

La resistencia a la polarización o resistencia a la transferencia de carga para las películas de óxido de aluminio fue calculada con la suma de la resistencia de la capa porosa y la resistencia de la capa barrera, para la

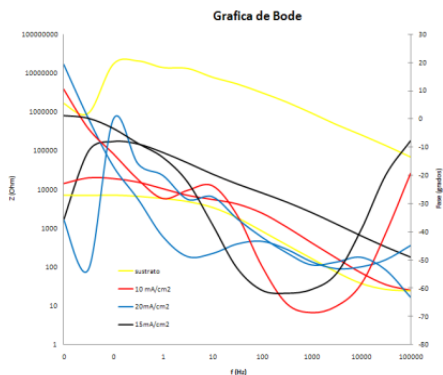


Fig.4 Diagrama de Bode para la películas anódicas y para el sustrato

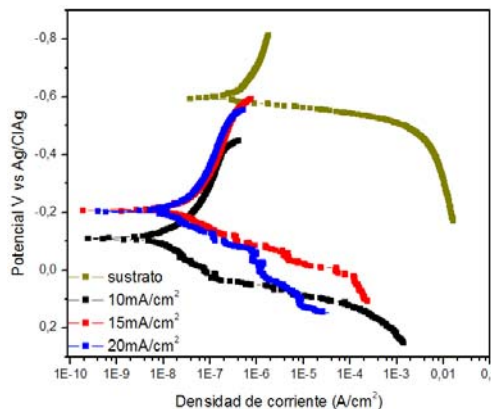


Fig.5 Curvas de polarización para el sustrato y las películas anódicas de 10 mA/cm², 15 mA/cm² y 20 mA/cm²

muestra de 10 mA/cm² la resistencia a la transferencia de carga tiene un valor de 145.3 Kohm; la resistencia a la transferencia de carga de las películas anódicas obtenidas con densidades de corriente de 15 mA/cm² y 20 mA/cm², presentaron un aumento significativo con valores de 243.3 Kohm y 975,7 Kohm respectivamente, observándose que la resistencia que se opone al paso de carga la película de óxido de aluminio obtenida con una densidad de corriente de 20 mA/cm² es de más de siete veces mayor con respecto a la obtenida con una densidad de corriente de 10 mA/cm². La variación significativa de resistencia al paso de carga es debido a que el espesor de la capa crecida el cual se incrementa con la densidad de corriente usada para obtenerla. Se puede observar que hay una ligera variación de la capacitancia de las capas porosa y barrera (C_p y C_b) en función de la densidad de corriente empleada en la obtención de las películas, esto probablemente se debe a variaciones de espesor y área de la capa más superficial (capa porosa), así como a cambios en las relaciones geométricas entre capas de óxido, observadas en otros estudios.

3.2. Curvas de Polarización Tafel

El parámetro principal calculado mediante curvas de polarización Tafel (Fig 5.) es la velocidad de corrosión de las películas anódicas como también del sustrato. Se pudo establecer que la película que tiene una tasa de corrosión menor es la anodizada con 20 mA/cm² con un valor de 3.739 mpy, y que la tasa de corrosión mas alta se obtiene para el sustrato, se puede concluir que a medida que aumenta la densidad de corriente de anodización disminuye la tasa de corrosión. El hecho de obtener estos resultados de los ensayos electroquímicos nos hace pensar que la película que presenta mejores propiedades anticorrosivas es la película

anódica crecida con una densidad de corriente de 20 mA/cm², y que la que refleja más deterioro y menos propiedades anticorrosivas es la película obtenida con 10mA/cm².

Conclusiones

Mediante espectroscopia de impedancia electroquímica EIS se determinó la resistencia a la transferencia de carga (la suma de R_p y R_b), obteniendo como resultado que la película que más resistencia presenta a la transferencia de carga es la película crecida con una densidad de corriente de 20 mA/cm², con un valor de 975,7 Kohm, mientras que la que menos resistencia opone a la transferencia de carga es la obtenida con 10 mA/cm², con una magnitud de 145.3 Kohm. Así mismo mediante curvas de polarización Tafel se determinó la velocidad de corrosión la cual aumenta tanto como disminuya la magnitud de la densidad de corriente usada para la obtención de la película de óxido.

Referencias

- [1] L. Postigo, *Química General Aplicada*, p. 314. , España, Ed. Sopena 1982
- [2] H. Habazaki, K. Shimizu, P. Skeldon, G. E. Thompson, "Effects of Alloying Elements in Anodizing of Aluminium", *Corrosion Science*, Vol. 39, Edición N° 4, p 731-737, Japan, (1997).
- [3] G.E. Thompson and G.C. Wood, "Corrosión Aqueous Processes and Passive Films, Treatise on Material Science and Technology", Ed. J.C. Scully, Academic Press Inc, London Vol 23, pp 205, (1983).