

Evaluación de la corrosión por picadura en aluminio AA1050

Pitting corrosion evaluation in aluminum alloy AA1050

Luis Garita-Arce¹
Javier E. Rodríguez-Yáñez²

*Fecha de recepción: 23 de setiembre del 2013
Fecha de aprobación: 10 de noviembre del 2013*

Garita-Arce, L; Rodríguez-Yáñez, J. Evaluación de la corrosión por picadura en aluminio AA1050. *Tecnología en Marcha*. Vol. 27, N° 3, Julio-Setiembre 2014. Pág 13-21.

- 1 Centro de Investigación en Corrosión. Instituto Costarricense de Electricidad. San José, Costa Rica. Teléfono: (506) 22205109. Correo electrónico: lgaritaa@ice.go.cr
- 2 Centro de Investigación en Corrosión. Instituto Costarricense de Electricidad. San José, Costa Rica. Teléfono: (506) 22205112. Correo electrónico: urutico@gmail.com

Palabras clave

Corrosión por picadura; microscopía; ensayos electroquímicos; aleación de aluminio.

Resumen

El aluminio presenta una gran diversidad de usos en la vida actual. La posibilidad de deterioro de este metal debido a la corrosión por picadura es una de las consideraciones principales de los fabricantes, con el fin de evitar reclamos.

La norma ASTM G100-89 plantea una metodología de valoración del aluminio por medio de la evaluación del potencial frente a la aplicación de polarizaciones galvánicas cíclicas, obteniéndose de ella los potenciales de protección (E_{prot}) por debajo de los cuales el aluminio puede ser expuesto sin esperar corrosión por picadura.

En el presente trabajo se plantea la evaluación de la técnica, valorando la corrosión por picadura en aluminios del tipo AA1050, utilizados para la mayoría de las aplicaciones usuales. Las variables consideradas fueron las de exposición habitual para el aluminio en ambientes normales: composición, pH, temperatura y porcentajes de deformación.

Los ensayos realizados según la norma ASTM G100-89 para las aleaciones consideradas no indicaron diferencias significativas, aunque sí se observó que la aleación AA1050 presenta mayor susceptibilidad a la picadura en ámbitos de un $\text{pH} = 7$ y con deformaciones elevadas.

Key words

Pitting corrosion; microscopy; electrochemistry and aluminum alloy.

Abstract

The aluminum poses a versatility of uses in modern life. The possibility of deterioration of pitting them is one of the main considerations for the manufacturer, in order to avoid claims.

In this sense ASTM G100-89 proposes a method of assessment of aluminum by means of the evaluation of potential versus applying cyclic galvanic polarizations afford it protection potentials (E_{prot}) below which it can be exposed without waiting aluminum pitting.

In this work pose assessment technique, evaluating pitting in AA1050 type aluminum, used for most of the usual applications. The variables considered were the usual exposure to aluminum in normal environments: composition, pH, temperature and strain rates.

The tests performed according to ASTM G100-89 for alloys showed no significant differences considered, although it was observed that the AA1050 alloy has a greater susceptibility to pitting in areas of $\text{pH} = 7$ and with high deformations.

Introducción

Se obtuvieron discos de aluminio AA 1050 de una planta procesadora primaria del material, que lo vende a otros fabricantes para sus usos finales en distintas formas. El problema de la corrosión por picadura es una de las variables principales del aluminio y se consideran modificaciones en la aleación según el uso final y los procesos industriales aplicables.

Este tipo de corrosión localizada se caracteriza por la formación de cavidades irregulares en la superficie

del metal. El diámetro y profundidad de la cavidad dependen de varios parámetros relacionados con el metal, el medio y las condiciones de servicio. En general, la corrosión por picadura se desarrolla en las primeras semanas de exposición (Vargel, 2004).

La composición de la aleación de aluminio elegida definirá sus características frente al medio para evitar la corrosión por picadura. Posteriormente se puede determinar el potencial de protección (E_{prot}) para la aleación en cuestión, utilizando la técnica electroquímica de Polarización Cíclica Galvanostática Escalonada (PCGE) según la norma ASTM G100-89.

Polarización Cíclica Galvanostática Escalonada (PCGE)

Los potenciales de picadura (E_{pic}) y de protección (E_{prot}) son parámetros que definen el comportamiento electroquímico de un material frente a la pasivación (Rivolta, 2008). Estos parámetros se pueden obtener mediante la polarización galvanostática cuasiestacionaria, también llamada Polarización Cíclica Galvanostática Escalonada (PCGE), la cual aplica cambios de corriente en escalones predeterminados a tiempos dados.

Con esta técnica se registran las variaciones en el potencial del electrodo, al ir aplicando los escalones de densidad de corriente en los tiempos establecidos. Los cambios de estos escalones de densidad de corriente están acotados por un mínimo de 0 y un máximo de $120 \mu A cm^{-2}$ establecido por la norma ASTM G100-89, constituyendo la rama ascendente

de la curva, para luego finalizar el ensayo con la rama descendente desde el máximo valor establecido hasta cero, como se ve en la figura 1.

La determinación de los potenciales de picadura y de protección del material se obtiene al extrapolar a una recta cada uno de los potenciales cuasiestacionarios de la rama de ascenso, para los potenciales de picadura (E_{pic}), y de la rama de descenso para los potenciales de protección (E_{prot}), dando como resultado lo que se muestra esquematizado en la figura 2.

Comercialmente, el interés se centra en los E_{pro} , ya que son potenciales menores que E_{pic} e indican la región en la cual el material será resistente a la picadura.

Las ventajas de esta técnica son la exactitud y la rapidez, debido a su reproducibilidad en

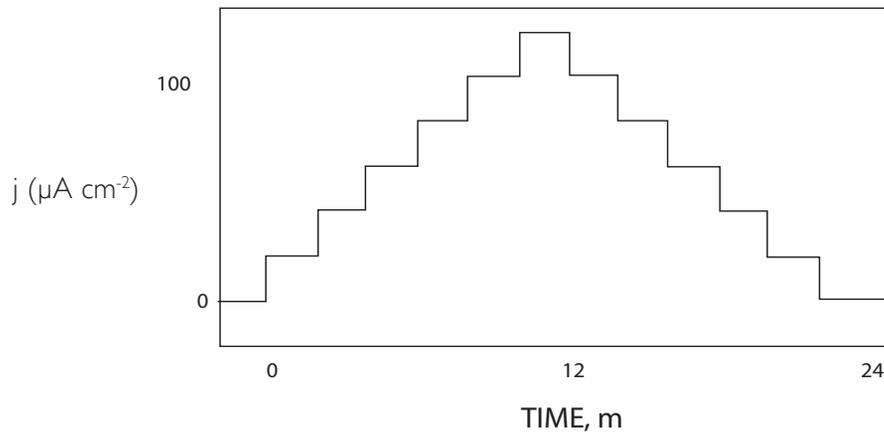


Figura 1. Esquema de aplicación de corrientes en la PCGE según la norma ASTM G100-89.

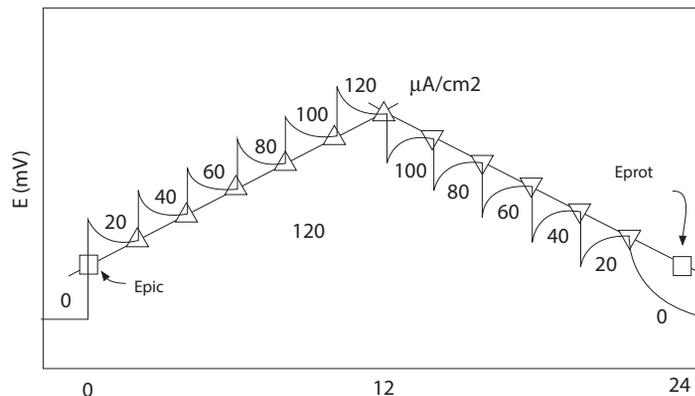


Figura 2. Curva PCGE esquemática para un material susceptible de desarrollar corrosión por picadura (Rivolta, 2008).

Cuadro 2. Entornos de E_{oc} inicial y final para los distintos pH considerados.

	pH 5	pH 7	pH 8
E_{oc} inicial (mV)	-550 a -600	-500 a -550	-790 a -850
E_{oc} final (mV)	-500 a -600	-450 a -550	-650 a -800

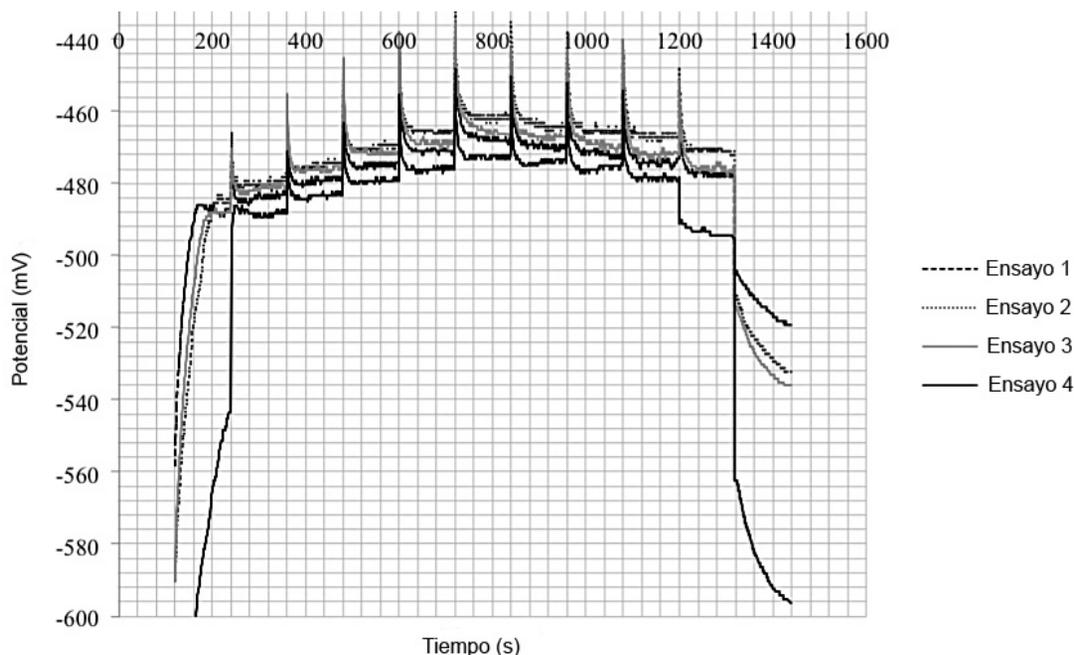


Figura 3. Polarización cíclica galvanostática escalonada para la aleación de aluminio AA1050 a un pH 5.

En algunos casos, al inicio de la aplicación de las pruebas de PCGP se presentaron curvas de crecimiento en vez de decaimiento del potencial con la corriente, posiblemente asociadas a la carga de la superficie pasiva o a la formación de esta. Este comportamiento fue más marcado a un pH 8, posiblemente por los bajos potenciales iniciales en algunas medidas y por el efecto del pH en la formación de la capa pasiva.

Además, no se observaron curvas de crecimiento en la secuencia de potenciales descendentes para la evaluación de E_{prot} , lo que hace suponer un proceso de formación constante de la superficie, considerándose para la medida los puntos de potencial previos al salto de corriente.

Los potenciales de protección (E_{prot}) obtenidos aumentaron con el alejamiento de pH 7, siendo más marcado el efecto a pH 8 que a pH 5.

Los valores promediales obtenidos se presentan en el cuadro 3 para los distintos ensayos.

Los valores obtenidos plantean una variación del potencial de protección (E_{prot}) dependiente del pH, siendo aproximadamente constante a pH ácidos o neutros, en el entorno de -500 mV; mientras que es más negativo a pH alcalinos, cercano a los -650 mV.

Debido a esto, se puede considerar que el aluminio AA1050 es más sensible a la picadura en medios neutros, en este caso posiblemente asociados a la aplicación de los reactivos utilizados para el control del pH.

En este sentido, algunos autores indican que los valores de E_{prot} pueden ser dependientes del reactivo que genera el cambio de pH, considerando al bicarbonato y al acético como activadores de la corrosión (Vargel, 2004).

Cuadro 3. Valores medios de los potenciales de protección obtenidos en cada pH y su diferencia con los valores de potencial de circuito abierto.

Ensayos	E_{prot} (mV) vs AgCl/Ag		
	pH 5	pH 7	pH 8
Promedio (mV)	-515	-484	-648
Desviación (mV)	22	22	3
E_{oc} prom. (mV)	-558	-500	-791
$E_{oc} - E_{prot}$ (mV)	-43	-16	-142

Este resultado también concuerda con otras investigaciones, en las cuales para una aleación de aluminio AA3003 la corriente de pasivación no varía entre un pH de 4 y 8, pero aumenta considerablemente para valores de pH superiores a 8 (Hirozawa, 1986).

La diferencia de potencial encontrada promedialmente entre los valores de E_{oc} y E_{prot} nos marca una mayor separación para potenciales a pH básicos, asociados con la facilidad de pasivación de la superficie en ese medio (Vargel, 2004).

Análisis electroquímico a diferentes temperaturas

Se realizaron ensayos a distintas temperaturas para evaluar la influencia de este parámetro en los valores del potencial de protección (E_{prot}).

Los valores de temperaturas utilizados fueron 25, 50 y 80 °C, a pH 7. Un ejemplo de las curvas obtenidas se muestra en la figura 4 para 50 °C.

Al inicio de las curvas la polarización galvánica, en los primeros escalones se presenta una distorsión de la curva esperada, asociada posiblemente a una situación inestable de la capa pasiva. Se tiene un intervalo inicial de carga compitiendo con un proceso de decaimiento, por la recuperación de la superficie pasiva luego de su ruptura parcial debido a la polarización.

Esta distorsión se da principalmente en la rama ascendente de la polarización galvánica, siendo más acentuada en las primeras polarizaciones y al aumentar la temperatura.

En la rama descendente de la polarización también se aprecia dicha competencia entre procesos, aunque mucho más leve y de forma opuesta. Esto indicaría la heterogeneidad del material en la respuesta

obtenida, presentando áreas que se corroen en forma preferencial.

Estas distorsiones en las secciones ascendentes de las curvas mencionadas anteriormente se pueden ver en otros estudios, realizados a una aleación AA3003 a 80 °C (Hirozawa, 1986).

En el cuadro 4 se muestran los potenciales de protección para las temperaturas en estudio.

Se puede observar que al aumentar la temperatura existe un cambio en los potenciales de protección, de forma que al pasar a la temperatura de 50 °C, el potencial se hace más negativo con respecto a la temperatura de 25 °C, mientras que los potenciales de protección a 80 °C son menos negativos que los de 50 °C.

La variación de la temperatura produce una variación de los valores de E_{oc} asociados a la competencia entre formación de la capa pasiva y la corrosión, haciéndose más pasivo inicialmente pero luego disminuyendo su pasivación con la continuación del aumento de la temperatura.

Mientras que el valor de E_{prot} está asociado a la variación del E_{oc} con la temperatura, alejándose inicialmente y luego acercándose a este con el aumento de la misma, por ende, ganando inicialmente protección para luego ir perdiéndola progresivamente.

Análisis electroquímico para diferentes porcentajes de deformación

Las pruebas de PCGE se desarrollaron también para distintas deformaciones del material, utilizando deformaciones de 0%, 30% y 50%, a pH 7 y 25 °C.

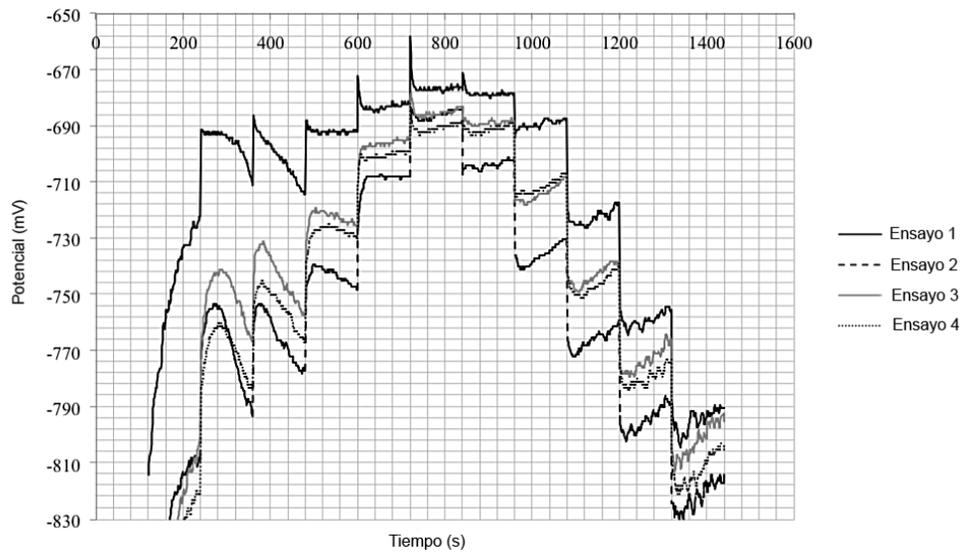


Figura 4. Polarización cíclica galvanostática escalonada para la aleación de aluminio AA1050 a una temperatura de 50 °C.

Cuadro 4. Valores medios de los potenciales de protección y circuito abierto, en función de la temperatura a pH 7.

Ensayos	E_{prot} (mV) vsAgCl/Ag		
	25 °C	50 °C	80 °C
Promedio (mV)	-484	-794	-657
Desviación	22	16	14
E_{oc} inicial (mV)	-500 a -550	-920 a -820	-850 a -670
E_{oc} final (mV)	-450 a -550	-820 a -780	-670 a -630
E_{oc} prom. (mV)	-500	-832	-690
$E_{oc} - E_{prot}$ (mV)	-16	-38	-33

En la figura 5 se muestran las curvas tipo obtenidas para una deformación del 30%, mientras que en el cuadro 5 pueden observarse los valores obtenidos para el E_{prot} .

El potencial de protección no presenta una variación de importancia con el porcentaje de deformación, pero el aumento de la deformación genera mayor variabilidad de la respuesta de las muestras, indicada en la desviación del potencial de protección obtenido.

Las diferencias promediales estimadas entre los E_{oc} y los E_{prot} disminuyen con el porcentaje de estiramiento, lo que implica un aumento de la posibilidad de picadura.

Conclusiones

De acuerdo con el análisis del potencial de protección (E_{prot}), según la norma ASTM G100-89, la aleación de aluminio AA1050 presentó mayor susceptibilidad a la picadura en el ámbito de pH 7, ya que en promedio el potencial de protección presenta una menor diferencia de potencial con el E_{oc} con respecto a pH básicos o ácidos.

El análisis del efecto de la temperatura en el potencial de protección (E_{prot}), según la aplicación de la norma ASTM G100-89, mostró que el E_{prot} varía con la temperatura, pero que dicha variación no sigue un comportamiento descendente del E_{prot} con el aumento de la temperatura, que sería lo esperado. La relación entre el E_{oc} y el E_{prot} mostró un aumento

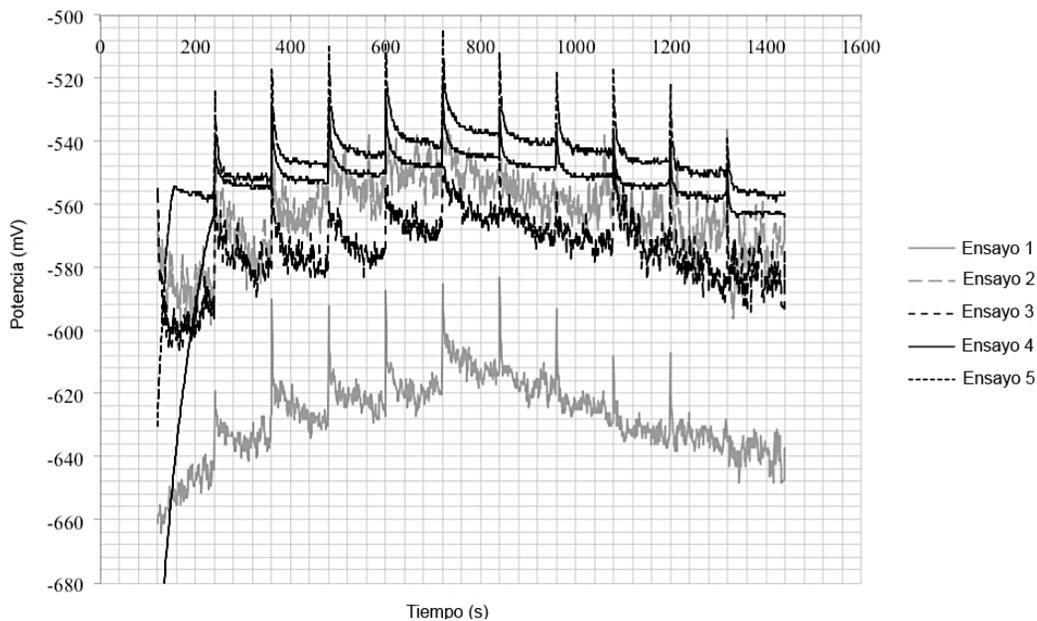


Figura 5. Polarización cíclica galvanostática escalonada para la aleación de aluminio AA1050 con una deformación del 30%.

Cuadro 5. Potencial de protección y de circuito abierto con distintas deformaciones, a pH 7 y 25 °C.

Deformación	E_{prot} (mV) vs AgCl/Ag		
	0%	30%	50%
Promedio (mV)	-484	-584	-538
Desviación	22	35	62
E_{oc} inicial (mV)	-500 a -550	-715 a -620	-630 a -430
E_{oc} final (mV)	-450 a -550	-615 a -550	-605 a -470
E_{oc} prom. (mV)	-500	-590	-540
$E_{oc} - E_{prot}$ (mV)	-16	-6	-2

de la diferencia de potencial entre ambos al aumentar la temperatura y manteniéndose posteriormente en el rango evaluado.

De acuerdo con los resultados de los análisis del potencial de protección (E_{prot}), según la norma ASTM G100-89, el porcentaje de deformación del material durante su fabricación no modifica el valor medio del potencial de protección, pero sí su

dispersión, por lo tanto es importante su influencia en la susceptibilidad de la corrosión por picadura, dado que disminuye la diferencia entre E_{oc} y E_{prot} .

Agradecimientos

Se agradece el apoyo brindado por el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) para el desarrollo de este proyecto.

Bibliografía

American Society for Metals (ASM). (1992). *Corrosion* (Vol. 13). US: McGraw-Hill.

American Society for Metals (ASM). (1998). *Metals Handbook*. US: ASM Handbook Committee.

American Society Testing Materials (ASTM). (2004). Standard Test Method for Conducting Cyclic Galvanostaircase Polarization. *Annual Book of Standards*.

ASTM B 209-10. *Standard Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy Sheet and Plate*. Recuperado de <http://www.astm.org/Standards/B209.htm>

Ávila, J. & Genescà, J. (1996). *Mas allá del herrumbre* (Vol. 1). México: Fondo de Cultura Económica.

Hirozawa, S.T. (1986). Corrosion monitoring by Galvanostaircase Polarization. En R. Baboin (Ed.). *Electrochemical Techniques for Corrosion Engineering*.

Rivolta, L. (2008). *Efecto del Vanadio sobre la Temperatura Crítica de Picado*. Caracas.

Vargel, C. (2004). *Corrosion of Aluminium*. US: Elsevier.