

CORROSION-EROSION: COMPORTAMIENTO DEL ACERO Y EL COBRE EN CORO

Prato de Arias, María del Rosario; Fernández de Laguna, Mariela; Rincón, Alvaro.

Laboratorio de Corrosión. Centro de Investigaciones Tecnológicas (CITEC). Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda (UNEFM). Apdo. Postal 7506. Coro. Falcón. Venezuela.

Abstract

The corrosion-erosion due to atmospheric exposure of materials is a new aspect of research in the corrosion field, and in Venezuela. It is of great importance the ability to evaluate the process taking into account uniform corrosion and localized corrosion, or corrosion-erosion, during a short period of study.

This work was designed to evaluate the behavior of metallic materials under to corrosion-erosion, located in a dune zone with strong winds, in Coro, Venezuela. Steel plates SAE 1010 of 170cm² approximately, and steel and copper wires of 1.5 m long, and 1.3 mm and 0.5 mm diameter respectively, were used as samples exposed to the Coro's atmosphere for twelve months using the traditional method of weight loss and the variation of electric resistance.

The variation of electric resistance allowed to establish kinetic equations of the type $C=At^n$. These equations describe the corrosion-erosion, in the first year exposure of steel and copper. Comparing this method with the traditional method of weight loss, it was found that the first, not only allows the evaluation of the effect of corrosion due to the reaction of metals with the environment, but also the effect of erosion due to the impact of particles transported by the characteristic strong winds of the zone.

Resumen

La corrosión-erosión debido a la exposición a la atmósfera es un aspecto de reciente investigación en el campo de la corrosión, y en Venezuela. Es de gran importancia, en estudios de corta duración, el poder evaluar el proceso tomando en cuenta los daños ocasionados por corrosión uniforme y por corrosión localizada o corrosión-erosión.

Siendo Coro, capital del Estado Falcón, zona de médanos y fuertes vientos, se planteó un estudio para conocer el comportamiento de materiales metálicos sometidos al fenómeno de corrosión-erosión. Se utilizaron placas de acero SAE 1010 de 170cm² aproximadamente, y alambres de acero y cobre de 1.5 m de largo y 1.3 mm y 0.5 mm de diámetro, respectivamente, para evaluar el comportamiento de estos materiales por exposición a la atmósfera de Coro durante doce meses, utilizando el método tradicional por pérdida de peso y la variación de la resistencia eléctrica.

Las mediciones de resistencia eléctrica en el tiempo, han permitido establecer ecuaciones cinéticas del tipo $C = At^n$, que describen la corrosión-erosión del acero y cobre durante el primer año de exposición. Comparando este método con el tradicional por pérdida de peso, se ha encontrado que el mismo no sólo permite evaluar la corrosión debido a la reacción del metal con el medio ambiente, sino también el efecto de erosión ocasionado por el choque de partículas transportadas por los fuertes vientos que imperan en la zona.

I. INTRODUCCION

En climas tropicales áridos, en donde existen fuertes vientos que arrastran arena, la corrosión se acentúa por la presencia de otro fenómeno, la erosión. En ciertas regiones de Venezuela y más específicamente en la región falconiana, en donde la corrosión-erosión alcanza grandes magnitudes debido a la existencia de terrenos arenosos y altas velocidades de viento marino, se exige un estudio prioritario del mismo, y más aún si tomamos en cuenta que el ambiente tiende a empeorarse por la contaminación del aire provocada por la industrialización.

Muchos autores han analizado la influencia de efectos como: humedad relativa, contaminación ambiental, ambiente marino, duración de las exposiciones, etc., sobre la corrosión atmosférica. Sin embargo la influencia del viento y la arena apenas comienza a ser estudiada [1].

Las medidas de corrosión atmosférica tradicionales no son convenientes cuando existe una corrosión-erosión, por lo cual la degradación del material metálico requiere para su evaluación de otros métodos en donde se considere este tipo de daño. La evaluación de la corrosión-erosión a través de mediciones de la variación de la resistencia eléctrica, es quizás una de las técnicas

mas convenientes al permitir la determinación, no sólo de la degradación global del material metálico, sino también, de la primera etapa del proceso, lo cual es fundamental para comprender el proceso global de la corrosión [2].

Se realizó un estudio donde se compara este método con el método tradicional por pérdida de peso para el acero al carbono. Además, se evaluó el grado de corrosión-erosión del acero y del cobre durante el primer año de exposición.

II. MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS

a. Método tradicional por pérdida de peso (TPP).

El material ensayado, fueron placas de acero SAE 1010 con la siguiente composición porcentual: C: 0.07-0.14, Mn: 0.25-0.60, P: 0.04 max., S: 0.05 max.; con un área aproximada de 170 cm², densidad de 7.28 gr/cm³ y resistencia específica de 13.2x10⁻⁶ ohm.cm.

Las placas fueron rotuladas debidamente para su identificación y preparadas para su exposición a la atmósfera de acuerdo a la norma ASTM G-1 [3]. Posteriormente fueron pulidas, medidas, pesadas y fijadas en bancos de acero con inclinación de 45 grados. Al término de cada mes, tres placas fueron desmontadas decapadas y pesadas.

b. Método de la variación de la resistencia eléctrica (VRE)

Se ensayaron alambres de 1.5 m de largo y de diámetro de 1.3 y 0.5 mm para el acero y el cobre, respectivamente. El alambre de acero era de igual característica que las placas, mientras que el de cobre presentó una pureza del 99% y una resistencia específica de 16.9x10⁻⁶ ohm.cm.

Antes de su exposición a la atmósfera, los alambres se prepararon de acuerdo a la norma ASTM G-1 [3]; posteriormente fueron lijados, medidos, pesados y fijados en bancos de madera con inclinación de 45 grados.

Las mediciones de la resistencia eléctrica se realizaron sobre los alambres al inicio del ensayo y después de cada semana con un puente doble de Kelvin, marca General Radio 1666 DC con una precisión de 10⁻⁶ ohm a escala completa. Al final

del ensayo los alambres fueron desmontados, decapados y pesados.

La magnitud de la corrosión por este método [4], se expresa como sigue:

$$\% Kr = [(R_t - R_0) / R_0] \times 100 \quad (1)$$

donde:

% Kr: indicador eléctrico de la corrosión, adimensional

R₀: resistencia eléctrica medida en el tiempo t = 0, ohm

R_t: resistencia eléctrica medida en el tiempo t, ohm

III. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de la evaluación de la corrosión atmosférica del acero obtenidos por los dos métodos estudiados son representados en las Figuras 1 y 2.

En la Figura 1, se representan los datos obtenidos con el método TPP durante los doce meses de exposición. Un análisis de regresión lineal simple genera la ecuación del tipo C=Atⁿ:

$$C = 3.546 t^{0.275} \quad r^2: 0.86 \quad (2)$$

La Figura 2, muestra los valores obtenidos por el nuevo método de evaluación que estudiamos, expresados como %Kr, los cuales a través de un análisis de regresión lineal generan la ecuación:

$$C = 20.666 t^{0.197} \quad r^2: 0.80 \quad (3)$$

Aunque la ecuación 2 explica una mayor proporción del fenómeno, presenta una mayor dependencia con el tiempo (n=0.275), si la comparamos con la ecuación 3 (n=0.197), lo que concuerda con las experiencias de campo, donde el método TPP reproduce la acción de la atmósfera sobre los materiales en estudios de 5 o más años. Al realizar un examen visual de las muestras, se observa el efecto de la erosión, ocasionada por el choque de las partículas de arena con la superficie metálica.

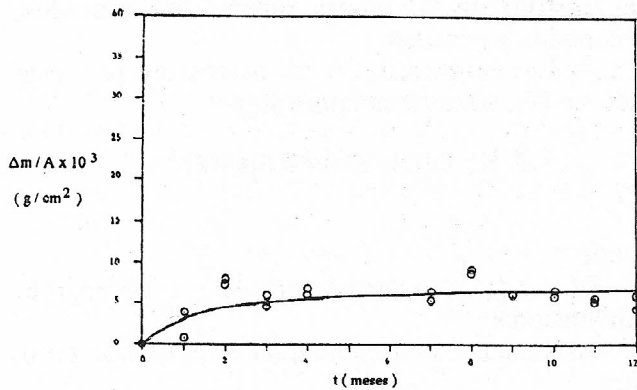


Figura 1 Representación de la pérdida de peso del acero en función del tiempo

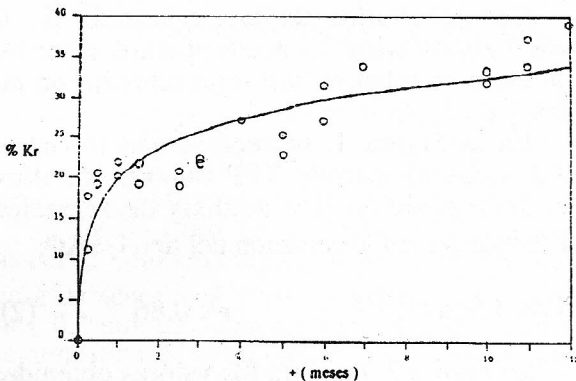


Figura 2. Representación del porcentaje de variación de la resistencia eléctrica del acero en función del tiempo.

En la Figura 3, se ilustra la parte del material que se evalúa por cada uno de los métodos utilizados: el parámetro "a" representa el diámetro del alambre que el método VRE considera no dañado ni por corrosión uniforme ni por corrosión localizada, como por ejemplo, picaduras originadas por la erosión producida por las partículas de polvo presentes en el aire, al chocar con el alambre. El parámetro "b" define el diámetro del alambre que el método TPP considera no corroído, el cual no es más que aquel no afectado por la corrosión uniforme, es decir, no considera los daños locales ocasionados por la corrosión-erosión.

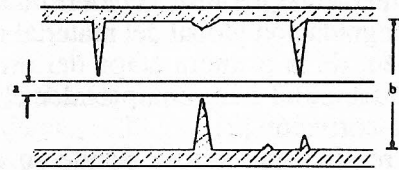


Figura 3. Representación del diámetro del alambre evaluados por ambos métodos.

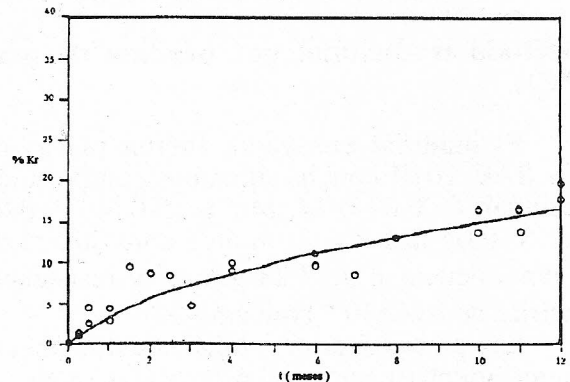


Figura 4. Representación del porcentaje de variación de la resistencia eléctrica del cobre en función del tiempo.

La figura 4, muestra el comportamiento del alambre de cobre, evaluado por el método VRE, expuesto a la atmósfera de Coro por un período de doce meses. El análisis genera la ecuación:

$$C = 3.681 t^{0.608} \quad r^2: 0.93 \quad (4)$$

Los valores de los coeficientes A y n para el acero y el cobre (ecuaciones 3 y 4) obtenidos por el método VRE, indican que la corrosión global es mayor para el acero que para el cobre al inicio de la exposición, pero a medida que el fenómeno avanza en el tiempo, la situación se invierte, observándose para el cobre un mayor efecto de los factores ambientales (mayor pendiente de la curva) hacia el final del período de evaluación.

En los primeros momentos de la exposición, la reacción del metal con el medio ambiente es la que gobierna el proceso de

corrosión, pero una vez formada la película de productos de corrosión, son sus características como: adherencia, fragilidad, compactación, permeabilidad, etc., las que determinan la cinética del proceso corrosivo. Cuando la corrosión se presenta por la exposición a la atmósfera, la erosión producida por las partículas de polvo en el aire, juega un papel importante. Es así como, un material metálico expuesto a la atmósfera y recubierto de una película adherente, compacta y no frágil de productos de corrosión, presentará un buen comportamiento en ese ambiente aún cuando las condiciones atmosféricas sean adversas.

En resumen, el método VRE evalúa al mismo tiempo los daños provocados por la corrosión uniforme y la erosión, donde los valores obtenidos representan la parte del material que no ha sido afectado por su exposición en un medio donde se pueden encontrar factores que ocasionan todo tipo de daño, mientras el método TPP es recomendado cuando el fenómeno de erosión no es importante o en ensayos de larga duración, donde pueden producirse grandes pérdidas por corrosión.

IV. CONCLUSIONES

- De acuerdo con las ecuaciones cinéticas obtenidas en este estudio, la magnitud de la corrosión para el acero expuesto a la atmósfera de Coro por períodos de tiempo muy cortos, presenta una mayor influencia de los factores ambientales que el cobre expuesto en iguales condiciones.

- El método tradicional por pérdida de peso no es adecuado para la evaluación de la corrosión-erosión en cortos períodos de exposición debido a:

1. Toda la superficie del material no recibe de la misma forma la influencia de los factores ambientales.
2. La eliminación de los productos de corrosión, necesaria para determinar las pérdidas de peso, se hace difícil por la rugosidad de la superficie.

- El método de la variación de la resistencia eléctrica es el más adecuado para predecir el comportamiento de materiales metálicos en atmósferas donde puede existir corrosión-erosión.

- Por ser este último método no destructivo y altamente sensible, permite estudiar la cinética del proceso corrosivo de un determinado material de una manera mas controlada y desde los primeros instante del mismo.

V. REFERENCIAS

1. Jatoh, K. Corrosion Eng 30 (1981) 337.
2. Arias, M. del R.; Fernández, M.; Rincón, A. "Etude d'une nouvelle methode d'évaluation de la corrosion atmospherique". Proceedings 9th International Congress on Metallic Corrosion. Toronto, 1 (1984) 402.
3. American Society for Testing and Materials. Annual Book of ASTM Standards. Easton, USA. ASTM 03.02 (1987) 89.
4. Leighton, B.; Pérez, M. Act. Cient. Venez., 32 (1981) 212.