



Aplicación de la Técnica de Modulación de Frecuencia Electroquímica (EFM) para Mediciones de Corrosión en Concretos.

M. Mora¹, W. Aperador^{1,2}, O. Fernandez¹, R. Mejía², E. Vera¹, C. Ortiz¹

¹ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Grupo de Superficies Electroquímica y Corrosión. Tunja-Colombia

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

Recibido 23 de Oct. 2007; Aceptado 6 de Mar. 2009; Publicado en línea 30 de Abr. 2009

Resumen

Se presenta la técnica Modulación de Frecuencia Electroquímica (EFM), como un nuevo método para la evaluación de la velocidad de corrosión y análisis electroquímico de materiales. La técnica consiste en la generación de dos potenciales de tipo sinusoidal de frecuencias 2Hz y 5Hz con amplitudes de 10mV sumados y aplicados simultáneamente a la muestra evaluada frente a la corrosión, midiendo a la salida la respuesta en corriente de los armónicos y frecuencias de intermodulación de las señales aplicadas. Para validar esta técnica se realizaron pruebas de curvas de polarización Tafel, sobre probetas de concreto Pórtland con varios niveles de carbonatación y estos resultados se confrontaron con los obtenidos en la técnica EFM [1, 2].

Palabras claves: Modulación de frecuencia electroquímica, curvas Tafel, velocidad de corrosión, frecuencia armónica y de intermodulación.

Abstract

The technical Electrochemical Frequency Modulation (EFM) is presented, as a new method for the evaluation of the corrosion rate and electrochemical analysis of materials. The technique consists in the generation of two potentials of sinusoidal type of frequencies 2Hz and 5Hz with amplitude of 10mV added and applied simultaneously to the sample evaluated front of the corrosion, measuring to the exit the answer in current of the harmonic and intermodulation frequencies of the applied signs. To validate this technique they were carried out tests of curved of polarization Tafel, on test tubes of concrete Portland with several carbonation levels and these results were confronted with those obtained in the technique (EFM).

Key Words: Electrochemical frequency modulation, curved Tafel, corrosion rate, harmonic and intermodulation frequencies.

©2009 Revista Colombiana de física. Todos los derechos reservados.

1. Introducción

La evaluación de la corrosión en aceros embebidos en concreto se ha convertido en motivo de estudio en muchos grupos de investigación debido a que es la principal causa de daño y deterioro prematuro de las estructuras de concreto reforzado [3]. Por tal motivo se han venido desarrollando nuevas técnicas electroquímicas para su correspondiente monitoreo, una de las más conocidas es las curvas de pola-

rización Tafel, pero esta técnica presenta ciertas desventajas que hacen que su uso sea muy limitado, debido a que es una técnica destructiva por los sobrepotenciales tan altos que se utilizan, es decir que esta técnica obedece termodinámicamente a un proceso irreversible. Por esta razón, surgió la necesidad de implementar por primera vez en el estudio de la degradación de los aceros de refuerzo la nueva técnica de modulación de frecuencia electroquímica (EFM) porque es una técnica no destructiva ya que utiliza un bajo

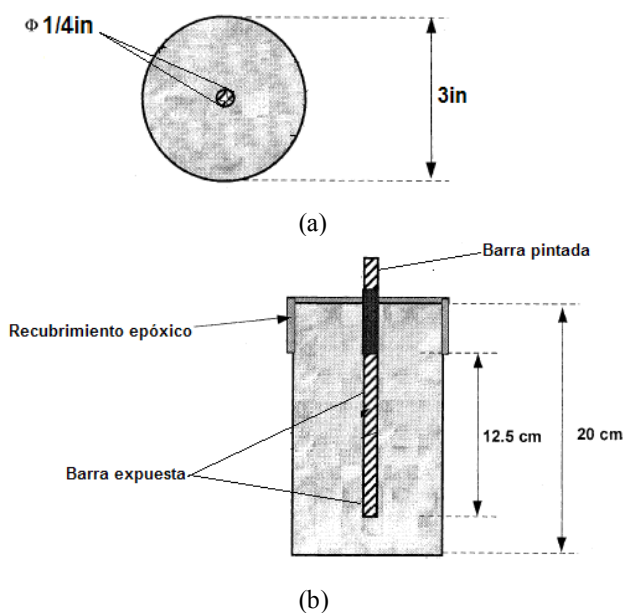


Fig 1. Representación esquemática de la muestra del concreto cilíndrico utilizado en este estudio.

sobrepotencial, la importancia de esta técnica en comparación a las curvas de polarización Tafel, es que recurrir a factores de causalidad para validar los datos experimentales de velocidad de corrosión encontrados luego de someter a la estructura de concreto a diferentes niveles de carbonatación.

2. Detalles Experimentales

Para el desarrollo del estudio se usarán muestras de concretos cilíndricas (3in de diámetro por 6in de alto) en donde la barra de acero se colocó en el centro del cilindro tal como se puede observar en la fig1. Las muestras fueron colocadas en una cámara de carbonatación con condiciones controladas (3%CO₂, 65% Humedad relativa y 25°C), este proceso fue realizado para acelerar el proceso de corrosión en las muestras de concreto, la evaluación de la corrosión se realizó en diferentes niveles los cuales eran dependientes del avance de la carbonatación en las muestras evaluadas, debido a lo demorado en completar la carbonatación al 100%, esta se realizó solamente en un 40% la cual se dividió en 5 niveles de forma equitativa.

3. Resultados y Discusión

3.1 Modulación de Frecuencia Electroquímica EFM.

Para el análisis electroquímico de EFM se utilizó el sistema potencioestático de la Fig.2., mediante el cual se aplicaron señales sinusoidales de frecuencias 2Hz y 5Hz durante 4 ciclos con una amplitud de 10 mV, los resultados se



Fig.2 Sistema potencioestático elaborado para implementar la técnica EFM.

obtuvieron a través del software diseñado en el lenguaje de programación Labview 7.1 (ver Fig.3.) [4]. La medida de EFM también da una auto-comprobación interna en la forma de dos factores de causalidad. Estos dos factores deben tener los valores 2.0 y 3.0 si todas las condiciones de la teoría de EFM se han resuelto correctamente.

Tabla No.1 Parámetros de corrosión del acero embebido en concreto y sometido a diferentes niveles de carbonatación obtenidos con la técnica EFM.

	i_{corr} [μ A]	CR [mpy]	F2	F3
1 nivel	3,6	4,3	2,2	3,3
2 nivel	3,1	3,7	1,7	4,7
3 nivel	2,9	3,3	1,3	2,5
4 nivel	2,5	3,0	1,9	2,8
5 nivel	1,8	2,1	1,6	2,4

Los resultados obtenidos con la técnica EFM y su respectiva validación mediante los factores de causalidad designados como F2 y F3, para los diferentes niveles de carbonatación a los cuales fueron expuestas las muestras se pueden observar con mayor detalle en la tabla 1.

3.2 Curvas de Polarización Tafel

La técnica de curvas de polarización Tafel (Fig.4.) permitió calcular los valores del comportamiento electroquímico presentes en las zonas anódicas y catódicas, las cuales se usaron para calcular la corriente de corrosión y posteriormente la velocidad de corrosión propia de la interfase concreto acero.

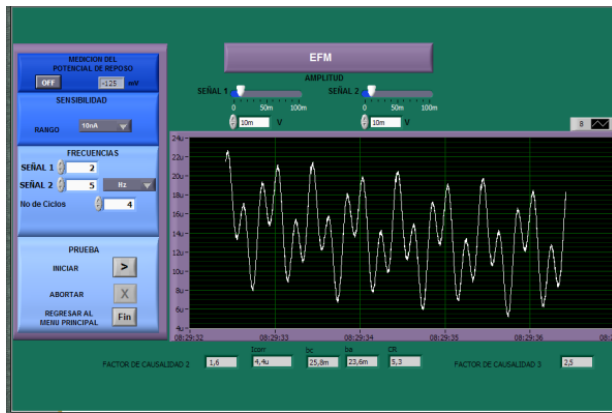


Fig.3 Software diseñado para obtención de parámetros de corrosión con la técnica EFM.

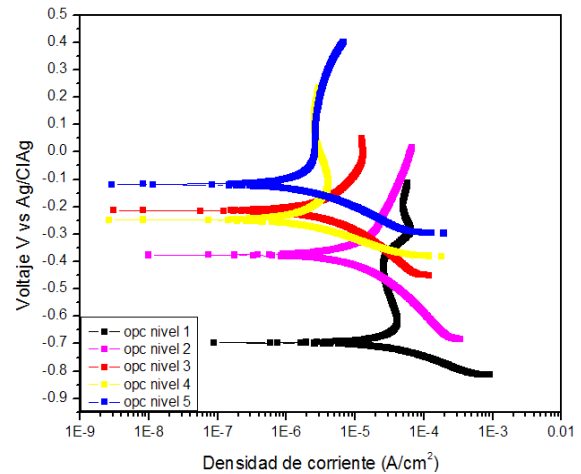


Fig.4 Curvas de polarización Tafel del acero embebido en concreto y sometido a diferentes niveles de carbonatación.

Como resultado la interfase sufre modificaciones termodinámicas irreversibles deteriorando la superficie de la varilla embebida en el concreto. En la tabla 2 se observan los parámetros de corrosión encontrados por las curvas de polarización Tafel, se observa que a medida que el proceso de carbonatación va aumentando la velocidad de corrosión disminuye esto se debe a que hasta este nivel evaluado la carbonatación no es perjudicial para el concreto debido a que no obstruye el desarrollo de las reacciones que suceden en el concreto las cuales generan una capa de pasivación sobre el acero la cual es la encargada de proteger de los fenómenos corrosivos al acero, se espera que esta velocidad de corrosión siga aumentando hasta que el concreto alcance una carbonatación del 100%.

Tabla No.2 Parámetros de corrosión reportados por las curvas Tafel de la Fig4.

	I _{corr} [μA]	CR [mpy]
1 nivel	34,72	40,03
2 nivel	11,48	13,23
3 nivel	4,36	5,03
4 nivel	2,69	3,10
5 nivel	1,77	2,04

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos se observa una correlación entre los datos de EFM y los reportados por curvas de polarización Tafel, especialmente para los últimos tres niveles de carbonatación lo cual nos demuestra que si es posible la utilización de la técnica EFM en la evaluación del deterioro del acero de refuerzo de las estructuras de concreto. Algunos de los primeros valores se encuentran desfazados esto es debido a que fueron las primeras pruebas que se hicieron utilizando la técnica EFM para este estudio y no se tuvieron las consideraciones necesarias para realizar una medición óptima.

La velocidad de corrosión tanto en EFM como en curvas de polarización presentó tendencia a disminuir a medida que avanzaba el frente de carbonatación debido a que el concreto en el que estaba embebido el acero tenía una edad temprana de curado, por tanto, las reacciones que se producen entre el CO₂ y los componentes del concreto son muy lentas, además, esta tendencia se debe también a que el frente de carbonatación no alcanzó a llegar a los niveles de la interfase concreto acero, por lo tanto en dichas condiciones el acero era inmune a la corrosión.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la dirección de investigaciones (DIN) de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia por la financiación de este proyecto.

Referencias

- [1] R.W. Bosch, W.F. Bogaerts, B.C. Syrett, Corrosion 57 (2001) 60.
- [2] R.W. Bosch, W.F. Bogaerts, Corrosión 52 (1996) 204.
- [3] S. Sathiyarayanan, Panjali Natarajan, K. Saravanan, S. Srinivasan, G. Venkatachari. M. Y. Castro. Cement and Concrete Composites 28 (2006) 630-637.
- [4] Kelly, R. Electrochemical Techniques in corrosion science and engineering New York: Marcel Dekker, Inc, 2003. ISBN: 0-8247-9917-8.