

EFFECTO DEL pH EN LA CORROSIÓN DE ACERO AL CARBONO EN AGUAS AMARGAS

Esparza Zúñiga Estella María^{1,*}, Veloz Rodríguez María Aurora¹, Uruchurtu Chavarín Jorge², Reyes Cruz Víctor Esteban¹

¹ Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Carr. Pachuca Tulancingo Km 4.5, Col. Carboneras, Mineral de la Reforma, Hgo.

² Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Mor.

*e-mail: estellaez@yahoo.com

Resumen

En este trabajo, se presentan los resultados obtenidos de la evaluación electroquímica de un sistema que está compuesto de un acero al carbono AISI 1018, inmerso en una muestra de agua amarga colectada en la industria del petróleo, modificando el pH desde 5.5 hasta 8.5 con incrementos de 0.25, sin agitación y a 50°C. La evaluación y la caracterización de la superficie del electrodo, fueron realizadas utilizando curvas de polarización de Tafel y Microscopía Electrónica de Barrido (MEB). Los resultados de las curvas de polarización mostraron que la rama anódica no es muy sensible al cambio en el pH, contrario a la rama catódica, además en las imágenes de MEB se observó la ausencia de productos de corrosión y la presencia de algunas cavidades o picaduras, menos a pH 8.5 donde se visualizó la formación de productos de corrosión. Estos resultados denotan que dependiendo de los valores de pH se pueden formar productos de corrosión y en sentido opuesto, ocasionar daños al material debido a las picaduras o cavidades.

Palabras claves: Corrosión, aguas amargas, acero AISI 1018, pH.

Introducción

Prácticamente todos los medios ambientes son corrosivos en algún grado, entre éstos se encuentran los relacionados con el petróleo; ya que se presentan una gran cantidad de fallas en las tuberías que están en contacto con medios amargos [1], durante los procesos de producción, tales como la refinación.

Entre los factores importantes para la evaluación de la corrosión en los medios amargos se encuentran los cloruros y el pH [1], ya que dependiendo de los niveles de este último, se puede modificar el potencial de corrosión a circuito abierto o no alterar directamente el comportamiento de la corrosión. Además en la literatura [2] se menciona que en presencia de cloruros a un pH ácido e incluso neutro se observan picaduras y cavidades, así como una acumulación de iones de cloruros en las picaduras. En algunos otros sistemas, el potencial de corrosión del hierro disminuye cerca de 58mV por unidad de pH [3]. Algunos otros trabajos [4] han encontrado algún incremento en las velocidades de corrosión con un incremento en la acidez, y un cambio del potencial menor a 58mV por unidad de pH, sin embargo los medios alcalinos con potenciales altos, son asociados con el estado pasivo, en el cual la corrosión del acero es fuertemente inhibida.

Lo anterior, indica que es importante realizar el estudio del comportamiento del acero al carbono AISI 1018, variando el pH en el medio corrosivo real, que permita caracterizar los fenómenos que ocurren en el sistema. En este trabajo se presentan los resultados modificando el pH, obtenido de la evaluación electroquímica del acero al carbono AISI 1018, sumergido en una muestra de agua amarga colectada en la industria del petróleo.

Materiales y/o Procedimiento Experimental

Se utilizó una celda típica de tres electrodos con el acero al carbono AISI 1018 como electrodo de trabajo, una barra de grafito como contraelectrodo y finalmente un electrodo de calomel saturado como referencia. Dichos electrodos fueron sumergidos en una muestra de agua amarga proveniente de la industria del petróleo variando el pH entre 5.5 y 8.5 a intervalos de 0.25, en una temperatura de 50°C y sin agitación. Se trazaron curvas de Polarización con una velocidad de barrido de 1 mVs^{-1} , en el intervalo de potenciales de $E_{\text{corr}} \pm$

300 mV. El equipo utilizado fue un potenciostato-galvanostato Autolab Mod. PGSTAT 30 con el software proporcionado por la misma compañía. Posteriormente, las muestras obtenidas en cada experimento, y un electrodo que no estuvo expuesto al medio corrosivo (blanco), se analizaron en el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) y en el detector de energía dispersiva (EDS).

Resultados y Discusión

En la figura 1 se presentan las curvas de polarización obtenidas para el sistema, cuando se modifica el pH. En ésta, se observa que las corrientes anódicas no son sensibles al cambio en el pH ya que todas son muy similares entre sí. Las imágenes obtenidas por MEB muestran la ausencia productos de corrosión y la presencia de algunas cavidades o picaduras en los pH de 5.5 a 8.25 (figura 2), pero a pH 8.5 se observa la formación de productos de corrosión porosos (figura 3).

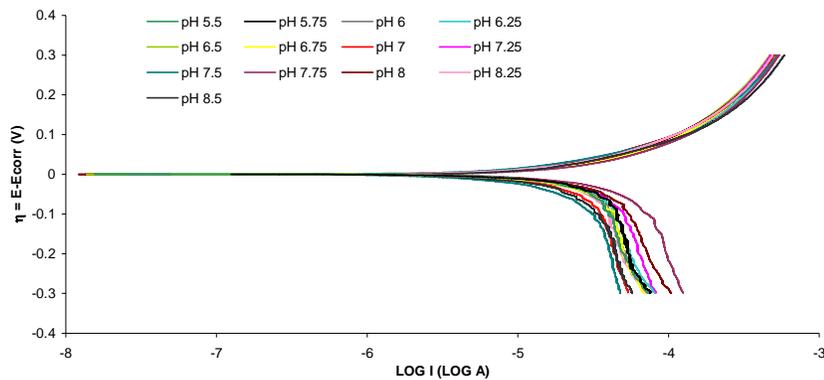


Figura 1. Curvas de polarización modificando el pH, a una temperatura de 50°C.

Por otro lado, en la rama catódica (figura 1), se observa que las corrientes de reducción son menores para pH's de 7, 7.5, y 8.5, contrario al pH 7.75, que es el que tiene mayores corrientes de reducción. Sin embargo, todas las corrientes de reducción, indican un probable control por difusión. Ahora bien, al igual que en el barrido anódico, las imágenes de MEB del barrido catódico (figura 2), no muestran la formación de productos de corrosión, pero si la

presencia de algunas cavidades o picaduras de 5.5 a 8.25 pH (figura 2), pero a un pH 8.5 se observa la formación de una pequeña cantidad de productos de corrosión, debido probablemente al cambio brusco de pH interfacial (figura 3).

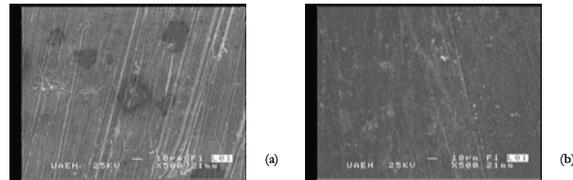


Figura 2: Superficie resultante al realizar un barrido anódico pH 8 (a) y catódico pH 7.75(b).

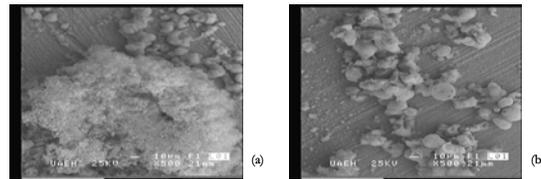


Figura 3: Superficie resultante a pH 8.5, a 50°C, realizando un barrido anódico (a) y catódico (b).

Asimismo los resultados de EDS indican la ausencia de oxígeno, por lo que no se tienen productos de corrosión de 5.5 a 8.25 pH, pero en algunos casos se observan cloruros los cuales podrían estar acumulados en las cavidades o picaduras [2]. Sin embargo a pH 8.5 se observa la presencia de oxígeno, cloruros y de calcio, lo que indica que se están formando productos de corrosión tal como se observó en la literatura [5].

Tabla 1. Parámetros de corrosión obtenidos de las curvas de polarización, modificando el pH, a 50°C.

pH	E_{corr} (V vs ESC)	R_p (Ωcm^{-2})	b_a (Vdec^{-1})	b_c (Vdec^{-1})
5.5	-0.7359	1695	0.2251	-1.3872
5.75	-0.7323	1556	0.2227	-1.4377
6	-0.7289	1763	0.2212	-1.2447
6.25	-0.7254	1736	0.2106	-0.9835
6.5	-0.7257	1927	0.2276	-1.2789
6.75	-0.7277	1830	0.2180	-1.4720
7	-0.6941	2275	0.2002	-1.1836
7.25	-0.7346	1625	0.2466	-0.9256
7.5	-0.6972	3555	0.2042	-1.5842
7.75	-0.7362	1320	0.2707	-0.9518
8	-0.7603	1619	0.2423	-0.8564
8.25	-0.7265	1878	0.2064	-1.0575
8.5	-0.6635	2673	0.1938	-1.2938

Con el fin de realizar un análisis cuantitativo se construyó la tabla 1. En ésta se muestran el Potencial de corrosión (E_{corr}), la Resistencia a la polarización (R_p), y las Pendientes de Tafel anódica (b_a) y catódica (b_c). Se observa que los valores del potencial de corrosión, son más catódicos que a pH 8.5, lo que implica que la reacción de reducción se ve favorecida con la disminución en el pH. Esto se corrobora con las pendientes catódicas que se obtienen ya que son valores muy altos indicativos de la presencia de procesos difusivos, posiblemente del hidrógeno o de los cloruros entrando por las cavidades. Por otro lado la resistencia de polarización muestra valores altos a pH 7, 7.5 y 8.5, contrario a pH 5.75, 7.75 y 8 indicando superficies más activas en estas últimas.

Conclusiones

Los resultados anteriores, indican que la variación en el pH, sin agitación, no presenta la formación de productos de corrosión, salvo a pH de 8.5, aunque son visibles las picaduras o cavidades y el efecto se presenta principalmente en la reacción de reducción.

Agradecimientos

Los autores agradecen a SEP-CONACyT (proyecto 023889) y a PROMEP (UAEHGO-PTC-293). Al M.C. J. Hernández, por su apoyo en MEB. E. Esparza al CONACyT por su beca.

Referencias

- [1] FOROULIS. *Role of solution pH on wet H₂S craking in hydrocarbon production*. Corrosion Prevention & Control. England. Vol. 40, No. 4. 1993. 84-89 p.
- [2] MCCAFFERTY, HACKERMAN. *Kinetics of Iron Corrosion in Concentrated Acidic Chloride Solutions*. Electrochemical Science and Technology. Vol. 119, No. 8. 1972. 999-1009 p.
- [3] CHRISTIANSEN, HOEG, MICHELSEN, BECH, NORD. *Anodic Dissolution of Iron* Acta Chemica Scandinavica. Vol. 15. No. 2. 1961. 300-320 p.
- [4] BONHOEFFER, K. F., HEUSLER, K. E. Physik. Chem. N. F. Vol. 8. 1956. 390 p.
- [5] MARÍN. *Estudio de los procesos de corrosión e incrustación del acero al carbono, en agua de sistemas de enfriamiento*. Tesis Doctoral, UAM-Iztapalapa, México, 2004.