

CORROSION ASISTIDA POR ESFUERZO DEL ACERO INOXIDABLE SUPER-DÚPLEX S322760.

G. K. Pedraza Basulto^{1*}, A. Borunda Terrazas¹, J. A. Cabral Miramontes², C. Gaona Tiburcio²,
F. Almeraya Calderón^{1,2}, J. G. Chacón Nava¹, E. A. Martínez M.[†]

¹Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV),
Departamento de Integridad y Desarrollo de Materiales Compuestos/ Grupo Corrosión,
Miguel de Cervantes 120, Complejo Industrial Chihuahua, Chihuahua, Chih., México.
² Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Facultad de Ingeniería Mecánica (FIME),
Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica (CIIA).
Aeropuerto Internacional del Norte. Carr. Salinas Victoria Km. 23, Apodaca, N.L. México.
E-mail ^{1*}: gabriela.pedraza@cimav.edu.mx

† Este trabajo es dedicado a la memoria del Dr. Enrique A. Martínez Martínez

RESUMEN

Las aleaciones de aceros inoxidable súper dúplex (AISD) son utilizadas en la industria petrolera y química, en plataformas marinas, así como en medios donde se requiera una alta resistencia a la corrosión. Debido a ello resulta importante evaluar su comportamiento en diferentes medios, mediante el ensayo CERT (ensayo a velocidad de extensión constante) para la determinación de la susceptibilidad al agrietamiento por corrosión asistida por esfuerzo (CAE), del mismo modo se utiliza la técnica de Curvas de polarización cíclicas para correlacionarla con el ensayo CERT y corroborar si el material es susceptible o no al medio, los resultados muestran que el acero inoxidable súper-dúplex no es susceptible a corrosión bajo tensión en los medios ensayados.

Palabras Clave: Súper-Duplex S322760, Corrosión Asistida por Esfuerzo.

ABSTRACT

The petroleum and chemical industry, offshore platforms and media which require a high resistance to corrosion, and alloys like super duplex stainless steels (SDSS) are widely used. It is important to evaluate their behavior in different ways, by CERT (Constant Extension Rate Tester) technique for the determination of susceptibility to stress corrosion cracking (SCC), likewise using the technique of cyclic polarization curves for correlating with the CERT test and verify whether or not material is susceptible to the environment, the results found in this work is that the wing susceptible AISD is stress corrosion cracking in the media tested.

1. INTRODUCCIÓN

Una de los ámbitos más importantes a considerar en materia de fuentes fósiles de energía, es la que existe entre los recursos y las reservas, en este punto, las recursos se encuentran en toda aquella región subterránea, que en muchas ocasiones debido a la profundidad a la que se localiza el crudo, la extracción de éste, rebasa los estándares nominales de operación, requiriéndose de este modo, métodos y materiales capaces de resistir los nuevos parámetros, que permitan la explotación del yacimiento. Las reservas a diferencia de los recursos, se refieren a una extracción de fácil acceso con la tecnología disponible, el tamaño de las reservas, por definición, es más pequeño que el de los recursos y a menudo esta diferencia es dramática [1]. El pozo Kunah 1, el de mayor profundidad alcanzado hasta ahora en México, con dos mil 147 metros de tirante de agua, está siendo perforado por la plataforma Centenario de sexta generación, a una profundidad de cuatro mil 179 metros, incluyendo el lecho marino [2], no obstante a los logros y a la posibilidad de extracción de crudo en aguas profundas, la preocupación por los desastres ecológicos, como consecuencia de los derrames de petróleo, tiene precedente a lo largo de la historia, al respecto se puede citar el desastre del buque Prestige, que se accidentó el 13 de noviembre de 2002 frente de Galicia y derramó unas 77.000 toneladas de crudo, el 15 de enero de 1999, en la localidad argentina de Magdalena, un buque tanque de la compañía Shell causó el mayor derrame de petróleo en aguas dulces del mundo, fueron 5.000 toneladas de crudo [3]. Éste tipo de fallas son originadas, en su mayoría, por problemas de corrosión que afectan la estructura de los materiales, en aguas ultra-profundas las concentraciones de cloruros oscilan arriba de 140,000 ppm, mientras que la temperatura suele alcanzar hasta 100 °C. De los diversos tipos de corrosión, en agua de mar, la corrosión por picado, generalmente es la que causa los daños más severos, generando sitios preferenciales donde por fatiga, se inicia el agrietamiento del material, así como corrosión asistida por esfuerzo (CAE) [4-5]. Como respuesta ante esta necesidad los aceros inoxidables súper dúplex (AISD), debido a su microestructura bifásica de ferrita y austenita, posee altas propiedades mecánicas y de resistencia a la corrosión, específicamente de acuerdo a lo reportado en la literatura, presenta alta resistencia a la corrosión por picaduras [6- 8]. En consecuencia al excelente comportamiento del material a la corrosión por picaduras y a su resistencia a los cloruros, lo ubica como un material que puede ser utilizado en la extracción de crudo en aguas profundas, lo cual implica que sea necesario evaluar la susceptibilidad de este material ante la CAE [9], además en esta investigación se utiliza la Técnica Electroquímica de Curvas de Polarización Cíclicas, como una técnica de correlación para determinar la susceptibilidad en la CAE.

2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

2.1. Preparación de la Muestra

Las probetas de AISD, para el ensayo en la máquina CERT se maquinaron de acuerdo a la norma NACE TM0177- 05 [10], al término del maquinado y con el fin de eliminar las marcas ocasionadas por el mismo, las probetas se prepararon superficialmente hasta lija 1200 y antes del montaje se desengrasaron para evitar contaminación en la solución y obtener una superficie homogénea, la velocidad nominal de deformación fue de 10^{-6} s^{-1} , en la figura 1 se observa el montaje para el ensayo en la máquina CERT.



Figura 1. Máquina CERT (Constant Extension Rate Test).

2.1.1. Preparación electroquímica

Para las pruebas de curvas de polarización cíclicas, las probetas del AISD se embebieron en resina, dejando 1 cm^2 de área de exposición, la prueba se realizó con una velocidad de barrido de 10 mV/min , polarizando de -600 mV a 1100 mV , el arreglo electroquímico utilizado es de tres electrodos, como electrodo de referencia se utiliza un electrodo de Ag/AgCl , como electrodo auxiliar un electrodo de platino, el electrodo de trabajo es del AISD como se muestra en la figura 2.

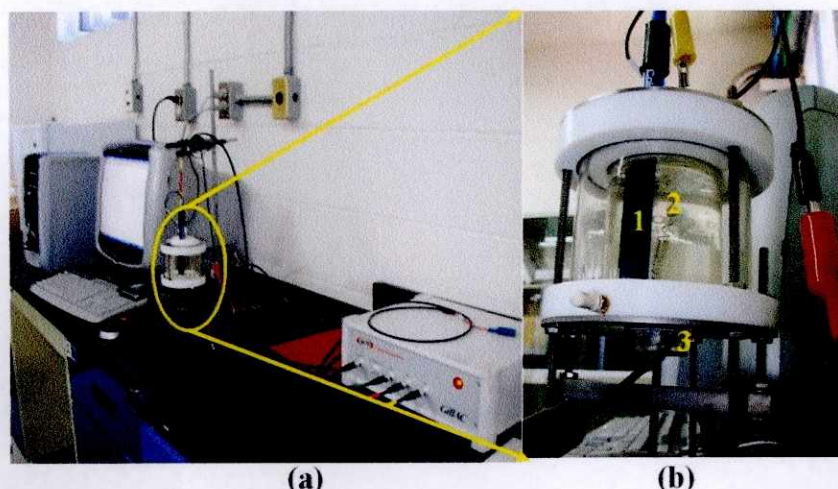


Figura 2. Arreglo electroquímico de tres electrodos, (a) celda de picado & Gill 1 ACM , (b) arreglo de tres electrodos (1) electrodo de referencia de Ag/AgCl, (2) electrodo auxiliar de platino (3) electrodo d trabajo de AISD.

Como soluciones de trabajo se prepararon dos electrolitos a temperatura ambiente (25 °C) NaCl al 3.5% e NaOH al 5% , ambos porcentaje en peso. El equipo utilizado es Gill 1 ACM.

Tabla I. Matriz de experimentación

NOMENCLATURA
Blanco
NaCl3.5
NaOH5

Al finalizar la prueba en la maquina CERT, la superficie de fractura de cada muestra fue observada en un microscopio electrónico de barrido Jeol 5800LV.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las probetas de estudio se comparan los resultados obtenidos para los medios NaCl 3.5% y NaOH 5% así como el medio blanco en glicerina, observando que, en ambos casos y de acuerdo a la figuras 3, la curva esfuerzo deformación presenta un comportamiento similar.

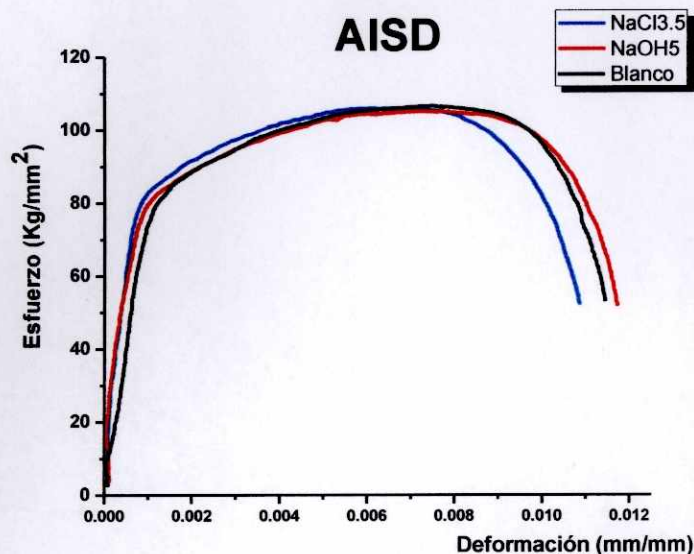
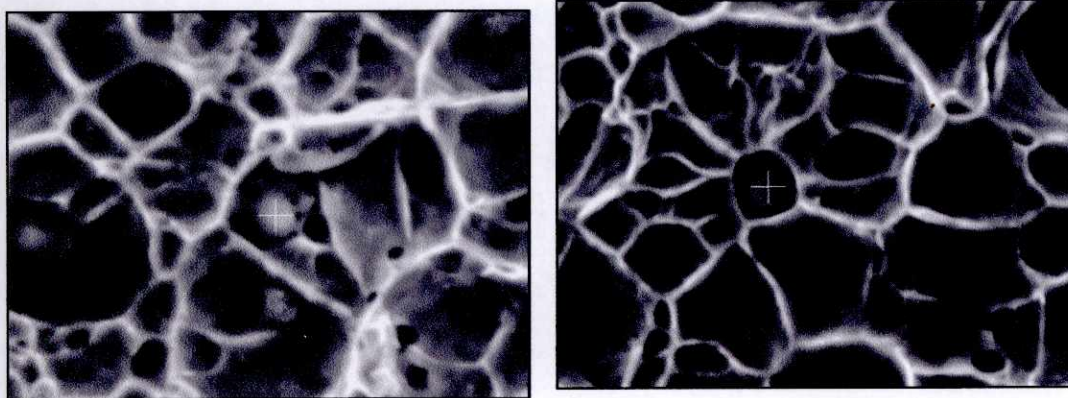


Figura 3. Curva esfuerzo-deformación en NaCl al 3.5%, NaOH 5%, y el medio patrón en glicerina para el Acero AISD

De acuerdo a los resultados por MEB, la figuras 4 muestra la morfología de la superficie de fractura para las muestras expuestas en las soluciones NaCl 3.5% y NaOH 5%, estas morfologías son indicativas de una fractura de tipo dúctil, la cual se caracteriza por formación de dimples y microcavidades.



(a)

(b)

Figura 4. Morfología de la superficie de fractura del acero con un aumento de 9000X (a) NaCl 3.5%, (b) NaOH5%.

La figura 5 presenta los resultados de las curvas esfuerzo-deformación obtenidos para las probetas de acero AISD en cada electrolito de prueba. Es evidente que las muestras presentaron un comportamiento muy similar. Por ejemplo, los resultados para las muestras expuestas en glicerina y en el medio NaOH son casi idénticos en comportamiento mecánico y en el tiempo de fractura. Sin embargo, las superficies de fractura en todos los casos mostraron evidencia de falla de tipo dúctil. Los valores de los parámetros de ductilidad en el tiempo de falla de las probetas ensayadas nos indican que las muestras están en la categoría I del llamado diagrama de McIntyre para determinar la susceptibilidad del material a CAE, de acuerdo a esta categoría definida por los parámetros de ductilidad los resultados dentro de la categoría I nos señalan que el material no es susceptible, mientras que resultados dentro de la categoría V revelan que el material es susceptible a CAE en el medio de prueba.

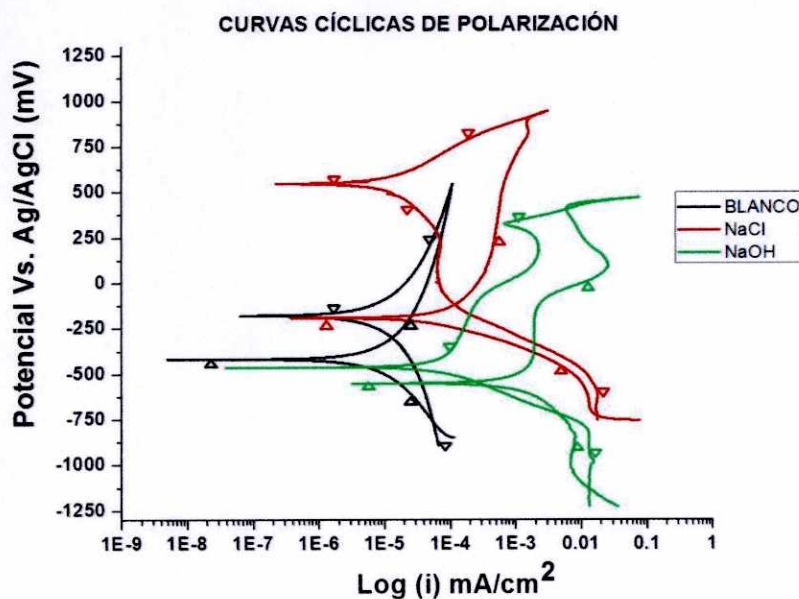


Figura 5. Curvas Cíclicas de Polarización.

De acuerdo a la figura 5 se puede observar, en la rama anódica para el Cloruro de Sodio, se presenta un proceso de activación con tendencia a la pasivación, mientras que en la rama catódica existe una polarización por concentración de iones cloruro. Para el hidróxido de sodio en la rama anódica se encuentra en un proceso de activación, del mismo modo se presenta una disminución en la demanda de corriente, la cual se atribuye a un intento de formación de la película pasiva para la rama catódica se presenta una polarización por concentración de hidr u

Oxígeno. Sin embargo, en ambos casos, no se presentan en la rama anódica transiciones activo-pasivo o viceversa, los cuales son indicativos de zonas de potencial susceptibles a la CAE. Además cabe mencionar que el mecanismo de corrosión por picadura no está presente, a pesar de que las muestras se encuentran en un proceso de activación.

4. CONCLUSIONES

- El AISD no es susceptible a la Corrosión Asistida por Esfuerzo, en los medios estudiados.
- Existe una correlación en las Curvas de Polarización Cíclicas que indican que el AISD no es susceptible a la CAE, debido que no existen transiciones activo-pasivo o viceversa en las muestras ensayadas.
- El mecanismo de corrosión por picadura no se presenta en el AISD.

5. REFERENCIAS

¹ O. Probst., "El Fin del Petróleo Barato y las Opciones Energéticas Del Futuro" Transferencia Revista Digital de Posgrado, Investigación y Extensión del Campus Monterrey", Ed. 53, No. 77 (2007).

² Periódico Excelsior, S.A. de C.V., "Pemex perfora el pozo más profundo de su historia" 2012-03-27,

http://www.excelsior.com.mx/index.php?m=nota&seccion=dinero&cat=13&id_nota=821890 (accesado 2012-08-19)

³ P. Barakat, *Los Derrames De Petróleo Más Catastróficos De La Historia*, Medio Ambiente Biodiversidad, desarrollo sostenible y educación ambiental., 2010-05-19, <http://www.blogdemedioambiente.com/biodiversidad-ecosistemas/los-derrames-de-petroleo-mas-catastroficos-de-la-historia/> (accesado 2012-08-20)

⁴ H. Tan, Y. Jiang, B. Deng, T. Sun, J. Xu, J. Li, *Materials Characterization*, **60**,1049,(2009)

⁵ A.M. Elhoud, N.C. Renton , W.F. Deans, *International Journal of Hydrogen Energy*, **35**, 6455, (2010).

⁶ I.N. Bastos, S.S.M. Tavares, F. Dalard, R.P. Nogueira, *Effect of microstructure on corrosion behavior of superduplex stainless steel at critical environment conditions*, Scripta Materiala, p. 913–916 Vol. **57** (2007).

⁷ S.S.M. Tavares, J.M. Pardal, J.A. de Souza, J.M. Neto, M.R. da Silva, *Magnetic phase quantification of the UNS S32750 superduplex stainless steel*, Alloys and Compounds p. 179–182, Vol. **416** (2006)

⁸ B. Deng, Y.M. Jiang, J. Gao, J. Li, *Effect of annealing treatment on microstructure evolution and the associated corrosion behavior of a super-duplex stainless steel*, Alloys and Compounds, p. 461–464, Vol. **93** (2010).

⁹ C.T. Kwok, H.C. Man, L.K. Leung, *WEAR*, **211**, 84, (1997).

¹⁰ NACE, NACE Standard TM0177-2005, *Laboratory Testing of Metals for Resistance to Sulfide Stress Cracking and Stress Corrosion Cracking in H₂S*, (2005) Environments

Autorización y renuncia

Los autores del presente artículo autorizan a los organizadores del 34 Congreso Internacional de Metalurgia y Materiales para publicar el escrito en el libro electrónico "Memoria del 34 Congreso Internacional de Metalurgia y Materiales". Los organizadores o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.