

CORROSIÓN POR CORRIENTES PARÁSITAS DE UN TANQUE DE LIMPIEZA ELECTROLÍTICA

Denise C. Zujur*, Adalberto Rosales

Departamento de Ciencia de los Materiales, Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela

* e-mail: dzujur@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo se evaluó el grado de deterioro por corrosión de un tanque de acero estructural de limpieza electrolítica y se determinó la influencia de los factores que afectan dicho proceso. Un análisis global de: a) valores de diferencia de potencial medidos en planta, b) curvas potenciodinámicas construidas en laboratorio, y c) cálculos de la efectividad de los rectificadores que suministraban la corriente para el proceso de limpieza, dio a conocer que la corrosión estaba asociada a corrientes parásitas. Estas corrientes no eran aprovechadas debido a la baja eficiencia del proceso y eran fácilmente transportadas desde la solución conductora hasta la superficie del tanque produciendo la corrosión en su salida. Además, una deficiencia en el aterramiento de la estructura demostró acelerar el proceso corrosivo.

Palabras Claves: Limpieza electrolítica, corrosión electroquímica, corrientes parásitas.

EDDY CURRENT CORROSION OF A CLEANING ELECTROLYTIC TANK

ABSTRACT

This work evaluated the deterioration degree of an electrolytic-cleaning structural steel tank due to corrosion and determined the influence of the factors affecting this process. A global analysis of: a) potential difference values measured in situ b) potentiodynamic curves constructed in the laboratory, and c) calculation of the effectiveness of current rectifiers for supplying the cleaning process, revealed that corrosion was associated to eddy currents. These currents were not used due to the low efficiency of the process and were easily transported from the conductive solution to the tank surface, producing corrosion at its output. In addition, a deficiency in the grounding of the structure accelerated the corrosion process.

Keywords: electrolytic cleaning, electrochemical corrosion, Eddy current

1. INTRODUCCIÓN

La limpieza electrolítica es un proceso comúnmente utilizado en la industria siderúrgica para la remoción de contaminantes en superficies de bandas metálicas. Este proceso se lleva a cabo en dos etapas. En la primera etapa de pre-limpieza, la banda de acero es sumergida en una solución alcalina (solución de limpieza) contenida en el tanque de prelimpieza y con una unidad de cepillado, se remueve hasta un 80% de la película contaminante. En la segunda etapa, se realiza la limpieza electrolítica. Este proceso se lleva a cabo en el tanque de limpieza electrolítica el cual cuenta con 8 pares de electrodos (parrillas) sumergidos en la misma solución limpiadora de la etapa inicial y entre los cuales se hace pasar la banda. Las parrillas se encuentran empalmadas a cuatro rectificadores que suministran la corriente (6000A cada uno) a través de un voltaje de corriente continua (30V). Así, la limpieza se puede realizar en corriente catódica o corriente anódica, alternándose de rectificador en rectificador. En la primera modalidad, el metal recibe una carga negativa, la corriente fluye de la parrilla (ánodo) al metal y se produce gas hidrógeno en la superficie de la banda. En la segunda, el metal recibe una carga positiva, la corriente catódica fluye del metal a la parrilla (cátodo) y se produce gas oxígeno en la superficie del metal ⁽¹⁾. Este burbujeo de gases es lo que promueve el desprendimiento de la película de suciedad de la superficie de la banda de acero.

Una causa poco frecuente de corrosión son las corrientes parásitas o vagabundas (especialmente las de corriente continua). Se trata de corrientes que circulan por algún medio conductor (electrolito, suelos), y que antes de volver a su circuito de origen se conducen hacia estructuras metálicas. Las zonas de entrada de corriente son catódicas mientras que las de salida son anódicas y por lo tanto, éstas últimas se corroen. La velocidad de corrosión depende de la densidad de corriente anódica, disolviéndose el acero a razón de 9.1 Kg. por cada amperio y año (ley de Faraday) [2-4].

Así, en este trabajo se propone estudiar el deterioro por corrosión de un tanque de limpieza electrolítica tomando en cuenta posibles corrientes parásitas que puedan estar siendo inducidas en las paredes del tanque a través de la solución de limpieza.

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Estudio del Sistema Tanque-Solución

Se tomaron muestras representativas del metal de construcción de los tanques de limpieza electrolítica y pre-limpieza y a través de espectrometría de emisión óptica fueron halladas las composiciones químicas. La caracterización microestructural se llevo a cabo a través de microscopía óptica, previa preparación metalográfica y ataque químico.

La composición química de la solución utilizada en el proceso de limpieza fue suministrada por el proveedor de la misma. El pH fue determinado en laboratorio haciendo uso de un phmetro. Y la temperatura fue suministrada por un sistema de medición continua en planta a través de un electrodo que se encontraba sumergido en la solución dentro del tanque.

Se hicieron mediciones de espesor por ultrasonido de las paredes de los tanques de limpieza y prelimpieza electrolítica.

La eficiencia del proceso fue determinada midiendo el consumo de corriente eléctrica por parte de los rectificadores de la línea de limpieza cuando ésta es puesta en marcha con y sin banda. Finalmente, la revisión de la puesta a tierra del tanque se llevó a cabo mediante inspección visual.

2.2 Mediciones electroquímicas

Se construyó en laboratorio una celda electroquímica que simulaba el sistema tanque-solución. Se sometió la pieza metálica a barridos de potenciales tanto en dirección anódica como en dirección catódica, respecto al potencial de equilibrio y se construyó la curva de polarización del metal en la solución de limpieza. Los equipos utilizados fueron: un potencióstato, una base de tiempo, un adquisidor de datos y una computadora.

En planta, se midieron diferencias de potencial entre las paredes del tanque y la solución de limpieza durante el procesamiento de la banda mediante la conexión de un multímetro a la pared del tanque en el extremo positivo y un electrodo de referencia sumergido en la solución en el negativo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. Estudio del Sistema Tanque-Solución

El análisis químico reveló una alta similitud en las proporciones de los elementos constituyentes de los aceros de construcción de los tanques de prelimpieza y limpieza electrolítica lo cual sugirió que se trataba del mismo acero estructural de bajo carbono (resultados no mostrados).

En cuanto a la microestructura, en la figura 1(a), se observa la presencia de la fase ferrítica (áreas claras) y la fase perlítica (áreas oscuras). Estas fases pueden ser identificadas haciendo un sencillo análisis del diagrama de fases hierro carbono el cual indica que para el porcentaje de carbono contenido en el acero (0.242%) estas son las fases que debieron haberse formado luego de un tratamiento térmico de recocido o normalizado.

La ferrita es siempre más anódica (activa) que la fase perlítica (noble). Las diferencias entre las propiedades de estas fases están vinculadas al carácter conductor de éstas, que en presencia de un electrolito facilita la formación de un par galvánico. De esta manera, la pila de corrosión puede desarrollarse en el sistema de estudio ya que existe una conexión eléctrica (solución de limpieza) entre las fases que constituyen las paredes de los tanques.

La solución de limpieza electrolítica utilizada en el proceso de limpieza proviene de Henkel Corporation. La composición química general es de 20% a 30% de hidróxido de sodio, 45% a 55% de silicato de sodio y agua como solvente. El elevado contenido de silicato de sodio asegura una alta conductividad eléctrica.

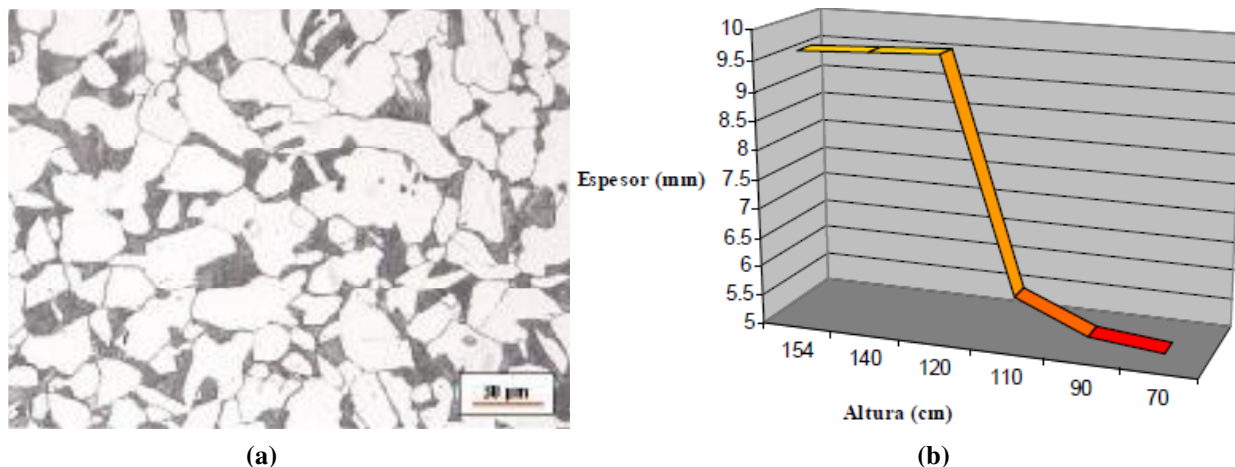


Figura 1. (a) Microestructura de acero de construcción del tanque de limpieza electrolítica (200X) (b) Variación de espesor medido por ultrasonido de las paredes del tanque de limpieza electrolítica

La temperatura de la solución oscila entre 70°C y 80°C y el pH determinado en la solución fue de 13.21, esto supone que esta solución no representa por sí sola un medio agresivo para el material de los tanques de prelimpieza y limpieza electrolítica. Sin embargo, para este último, en donde se utilizan grandes corrientes para el proceso de hidrólisis, el carácter conductor de la solución facilita la transferencia de carga eléctrica hacia las paredes internas del tanque en contacto con este líquido lo cual podría promover la aparición de procesos de corrosión electroquímica.

En la figura 1(b), se encuentra un gráfico del promedio de los espesores medidos en las dos paredes que conforman el tanque de limpieza electrolítica en función de la altura de las mismas.

Existe una clara tendencia a disminuir el espesor de las paredes del tanque conforme disminuye la altura de éstas, es decir, el espesor es máximo en la parte superior de las paredes y mínimo en la parte inferior, lo que indica que en términos de corrosión la parte inferior de las paredes, que es la que está en contacto con la solución electrolítica, se comporta como ánodo frente a la parte superior.

De manera sencilla, este fenómeno encuentra su explicación ya que el óxido de hierro requirió energía para su transformación en el acero que actualmente constituye las paredes de este tanque, esta energía se acumuló de manera similar a la acumulada en una batería voltaica y fue almacenada hasta que se colocó en contacto con el electrolito para fluir de ánodos a cátodos y así agotarse [4], es decir, la solución de limpieza es el medio por el cual la energía fluye. A fin de establecer comparaciones entre la disminución de espesor de las paredes del tanque de limpieza y de prelimpieza, se realizaron mediciones de espesor en este último (resultados no mostrados), los cuales mostraron una pérdida mínima. Así, en relación a los resultados obtenidos en la variación de espesor del tanque de prelimpieza y el de limpieza electrolítica, es claro que debe existir un fenómeno que acelere la corrosión en las paredes de este último ya que los tanques de prelimpieza, a pesar de

usar la misma solución, estar contruidos del mismo material y tener el mismo tiempo en servicio, no se encuentran en tal estado de deterioro.

La eficiencia eléctrica del proceso fue apenas del 40% aproximadamente. Tomando en cuenta que el sistema no se encuentra aislado, el valor de la eficiencia nunca alcanzará el 100%, sin embargo, el valor encontrado es sumamente bajo por lo cual se infiere que existe una desviación de la corriente mayor a la esperada que se distribuye entre todos los componentes metálicos en contacto con la solución electrolítica, incluyendo las paredes del tanque de limpieza.

En cuanto al sistema de puesta a tierra, consiste en un conductor de conexión a tierra cableado de cobre desnudo que se encuentra atornillado a la estructura de la pared del tanque. Este conductor posee el otro extremo conectado a una larga barra de cobre que se encuentra en el sótano y en donde se conectan todos los aterramientos de los equipos eléctricos de la línea de limpieza electrolítica. Los contactos deben disponerse limpios, sin la presencia de humedad y de tal forma que los posibles efectos electroquímicos no destruyan con el tiempo las conexiones realizadas [5]. Sin embargo, mediante la inspección visual de la puesta a tierra del tanque de limpieza electrolítica se determinó que la conexión no era efectiva al encontrarse el área de contacto entre el conductor y el tanque completamente obstruida por residuos. Además se observó evidencia de corrosión en el conductor de conexión a tierra, al encontrándose zonas con tonalidades de colores verdes a azules típicos de muchos de los óxidos de cobre

El área transversal del conductor de cobre es de aproximadamente 575mm² (1000MCM-1250MCM), para estas características y a la temperatura de trabajo, la cantidad de corriente máxima es de 1065A. Sin embargo, revisando los valores de corriente medidos durante la prueba de determinación de la efectividad de los rectificadores, se encontró que los valores actuales de corriente que deben llevarse a tierra alcanzan valores cercanos a los 8000A [5].

Esta situación de deterioro e insuficiencia de la puesta a tierra disminuye su eficacia. Es decir, la corriente que no se aprovecha en el proceso de electrólisis no está desembocando por completo a tierra, por lo cual hace evidente que parte de esta corriente que está siendo inducida por parte de la solución electrolítica en el tanque, polarizando las paredes y provocando la corrosión en su salida al no encontrar un camino de menor resistencia.

3.2 Mediciones electroquímicas

En la figura 2, se muestra la curva de polarización del acero de construcción del tanque de limpieza, se observa que el potencial de corrosión con respecto al electrodo de referencia calomelanos saturado (ECS), donde convergen la reacción anódica y catódica, se aproxima a -325mV aproximadamente.

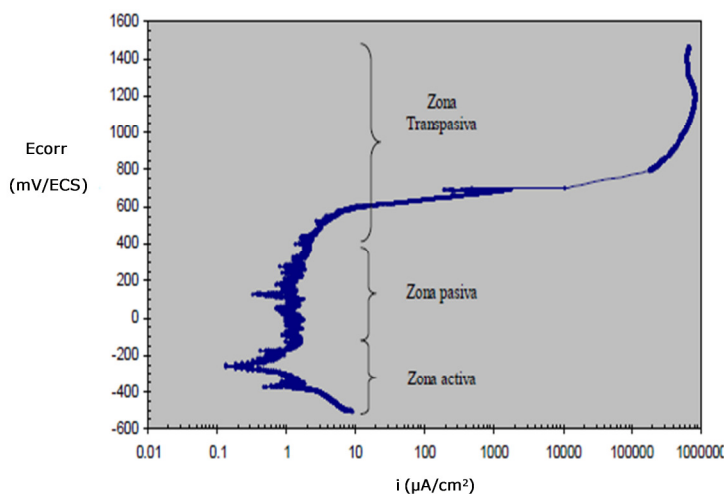


Figura 2. Curva de polarización del acero de construcción del tanque de limpieza electrolítica

Por otra parte, en esta curva se encuentran varias zonas identificadas: la zona activa corresponde a los valores de potencial para los cuales el metal se está disolviendo, la zona pasiva es aquella en que la velocidad de corrosión se torna muy lenta por la presencia de productos de corrosión que se han formado en la superficie del metal y que sirven de protección, y la zona transpasiva que indica la ruptura de la capa pasiva [4].

Tomando valores más restringidos en la zona activa de la curva de polarización y ajustando una recta, a partir de éstas fue posible elaborar las pendientes de Tafel (resultados no mostrados) con las cuales se obtuvo la densidad de corriente de corrosión, valor que representa la velocidad a la que se corroe el metal al potencial de corrosión que en este caso fue de $6.62\mu\text{A}/\text{cm}^2$. Con este valor se calculó la pérdida de espesor del tanque a través de la ley de Faraday, el cual resultó ser $0.0769\text{mm}/\text{año}$.

Al analizar el valor obtenido para la pérdida de espesor anual, es fácil notar una vez más que la solución electrolítica no representa un medio agresivo para el material de construcción del tanque de limpieza, lo cual cobra sentido al reconocer que se trata de un acero al carbono en un medio básico. En 32 años de servicio, deberían haberse consumido aproximadamente 2.46mm de metal en las paredes de este tanque. Sin embargo, cuando se hace una comparación entre este último valor y los que se midieron por ultrasonido, la gran diferencia indica que existe otro factor en las condiciones de operación que está acelerando el proceso corrosivo.

En la figura 4, se observa también que para valores de potencial superiores a 400mV el metal del tanque de limpieza se ubica en la zona transpasiva, lo cual indica que en la superficie se formaron productos de corrosión que ya han perdido su capacidad protectora, esto es lo que ocurre en el tanque en estudio cuando el proceso de limpieza es realizado en polaridad catódica cuyos potenciales medidos en planta ascienden 1060mV y 978mV . Sin embargo, en la polaridad anódica, se encontró un fenómeno bastante interesante pues los potenciales (-884mV y -743mV), indican que el metal se encuentra protegido catódicamente.

4. CONCLUSIONES

La naturaleza de la solución de limpieza empleada en el proceso no representa un factor influyente en el deterioro por corrosión de los tanques de limpieza electrolítica. Sin embargo la alta conductividad eléctrica que posee ésta, permite la inducción de corrientes parásitas en las paredes del tanque de limpieza, lo cual acelera el proceso de corrosión cuando el proceso es llevado a cabo en polaridad catódica. Así, la corrosión por corrientes parásitas es un proceso que no se limita a tuberías enterradas sino que es común en sistemas donde se manejen altas densidades de corriente y cuya puesta a tierra sea insuficiente o ineficiente. La combinación del uso de técnicas electroquímicas en planta y laboratorio permite la comprensión de fenómenos de corrosión que pueden sufrir componentes metálicos en la industria a fin de aplicar soluciones más acertadas.

5. REFERENCIAS.

- [1]. Brown T, LeMay E, Bursten B, Burdge J. Química la ciencia central. 9na Ed. Pearson Prentice Hall. p. 812-813.
- [2]. Donald R. Askeland. Ciencia e ingeniería de los materiales, 4ta Ed. Madrid (España): International Thomson Editores., 2001.
- [3]. Wilson G. Pipeline & Gas J, 2006; (June): 51-53.
- [4]. ASM, Metals Handbook, Corrosion, Vol 13, 9na Ed, 1992, p. 3296-3298.
- [5]. Gonzalez-Longatt F. "Sistemas de puesta a tierra: Una introducción a la seguridad". Seminario: seguridad eléctrica en la industria y riesgos en la empresa. p. 1-2, 6-7. <http://www.giaelec.org/Articulos/A2005-04.pdf>. (última consulta: Julio 2011).