



## CARACTERIZACIÓN MULTITÉCNICA DEL ATAQUE POR CORROSIÓN EN ACEROS INOXIDABLES NITRURADOS POR PLASMA

Lisandro Escalada (1), Martina Avalos (2), Sonia Brühl (3) y Silvia Simison (1)

(1) INTEMA-CONICET, Mar del Plata, Argentina. (2) IFIR-CONICET, Rosario, Argentina.

(3) UTN, Facultad Regional Concepción del Uruguay, Argentina.

[lescalada@fi.mdp.edu.ar](mailto:lescalada@fi.mdp.edu.ar)

Los aceros inoxidable austeníticos son utilizados en industrias como la automotriz, química, petroquímica y alimentos, entre otras. Pese a sus excelentes propiedades anticorrosivas, presentan pobres propiedades mecánicas en la superficie. Para mejorar estas características se realizan sobre estos aceros tratamientos superficiales asistidos por plasma, como la nitruración. Estos tratamientos poseen entre sus ventajas la utilización de bajas temperaturas, evitando así la sensibilización de estos aceros, manteniendo de esta forma las buenas propiedades anticorrosivas. Se ha observado que los procesos de nitruración modifican la morfología de ataque típica del acero inoxidable en medios ricos en cloruros, haciendo que la resistencia a la corrosión sea dependiente del espesor de capa nitrurada [1].

El objetivo de este trabajo es caracterizar la morfología de ataque en el acero nitrurado por métodos asistidos por plasma. Las partículas de segunda fase tienen un rol importante en la morfología reportada, por lo cual se pretende caracterizar las mismas y determinar el efecto del nitrurado en éstas. Para el desarrollo de este trabajo, fueron utilizadas muestras nitruradas mediante tres métodos diferentes asistidos por plasma: nitruración en una descarga DC pulsada, e implantación de iones baja y alta energía, métodos que se conocen con denominación abreviada LEII y PI3 [2].

Los ensayos de corrosión se llevaron a cabo en una celda de tres electrodos, en la cual la muestra fue el electrodo de trabajo, platino como electrodo auxiliar y un electrodo de calomel saturado como referencia. Los ensayos consistieron en la polarización anódica de las muestras, incrementando el potencial hasta alcanzar un valor en el cual la densidad de corriente tuviera un valor de  $200\mu\text{A}/\text{cm}^2$ , asegurando un daño que fuera apreciable sin llegar a destruir la superficie a examinar. Para observar el ataque se utilizó microscopía óptica, electrónica de barrido (SEM), haz de iones focalizados (FIB), para observar secciones transversales en regiones de interés y para la obtención de muestras para microscopía de transmisión electrónica (TEM) y difracción de electrones retrodifundidos (EBSD) y TEM para caracterizar la capa nitrurada y la estructura de las partículas.

En la Figura 1a, se puede observar la morfología de ataque en la superficie corroída. Es posible ver pequeños puntos negros, rodeados de productos de corrosión, que han sido identificados como inclusiones no metálicas en análisis posteriores realizados con SEM/FIB. En las regiones donde se visualizó el ataque se realizaron observaciones en los cortes transversales usando un SEM/FIB (Figura 1b), pudiendo visualizar dos particularidades: i) El ataque se encuentra localizado en inclusiones no metálicas, ii) El ataque es mayoritariamente subsuperficial, debajo de la capa nitrurada. Esto ha sido observado para los tres tipos de tratamiento de nitruración. Los resultados obtenidos mediante EBSD, muestran la presencia de dos partículas distintas: unas con estructura cristalina BCC y otras del tipo FCC. Se comprobó que las partículas BCC incorporan nitrógeno en el proceso de nitruración, y en su entorno la capa nitrurada es de mayor espesor. La Figura 3 muestra el análisis químico de una lámina de TEM, donde se puede visualizar el contenido de nitrógeno en esta partícula, que se encuentra, en parte, debajo de la capa nitrurada. Mediante perfiles de composición química a través de la capa nitrurada se pudo determinar una discontinuidad en el contenido de carbono en la interfase entre la capa nitrurada y el sustrato. En la Figura 3 se observa cómo el carbono aumenta cuando el nitrógeno empieza a disminuir. La aplicación de diferentes técnicas de microscopía ha permitido la caracterización de la capa nitrurada, de la interfase entre dicha capa y el metal base y de las inclusiones. En este caso se ha demostrado que poseen distintas estructuras cristalinas, que están compuestas por varias fases (principalmente óxidos y sulfuros) y que el efecto del ingreso de nitrógeno así como los defectos generados por el proceso de nitruración, son dependientes de la naturaleza de dichas partículas.

**REFERENCIAS**

- [1] Li, C.X. and Bell, T., (2004) "Corrosion properties of active screen plasma nitrided 316 austenitic stainless steel" *Corros. Sci.* 46(6): 1527-1547.
- [2] Escalada, L. et al. (2014) "Microscopic Investigation of Pitting Corrosion in Plasma Nitrided Austenitic Stainless Steel", *Practical Metallography (Praktische Metallographie)* 51(9): 689-698.

**AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen la colaboración de F. Soldera y S. Suárez de la Universidad del Sarre, Alemania, por los análisis de SEM/FIB y de S. Bruyere de la Universidad de Lorraine, por la operación del TEM.

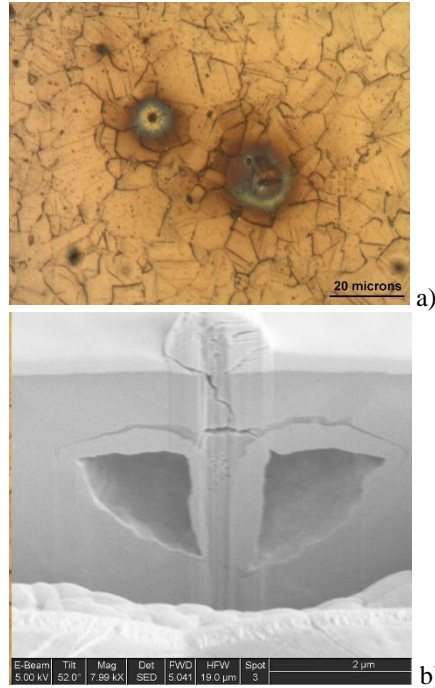
**FIGURAS**

Figura 1: a) microscopía óptica de la superficie mostrando dos pits y los productos de corrosión. b) Corte con FIB mostrando la morfología del pit con el ataque subsuperficial.

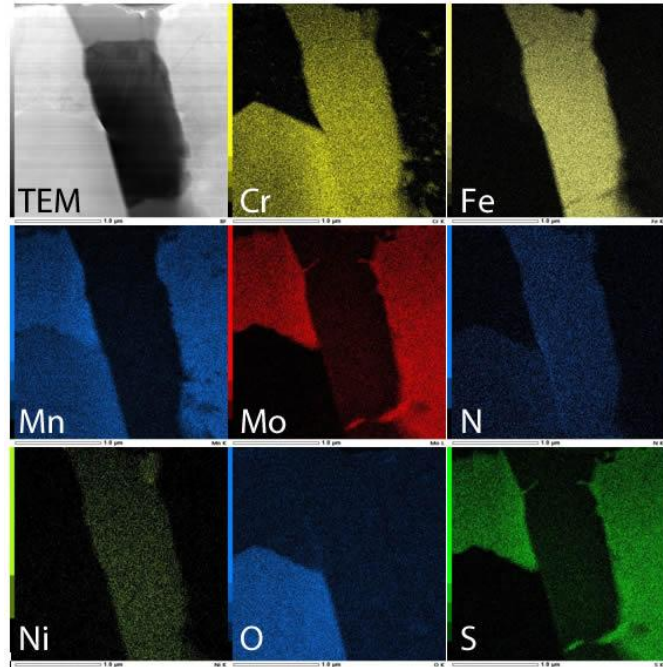


Figura 2. Mapas de composición por EDS de una de las partículas

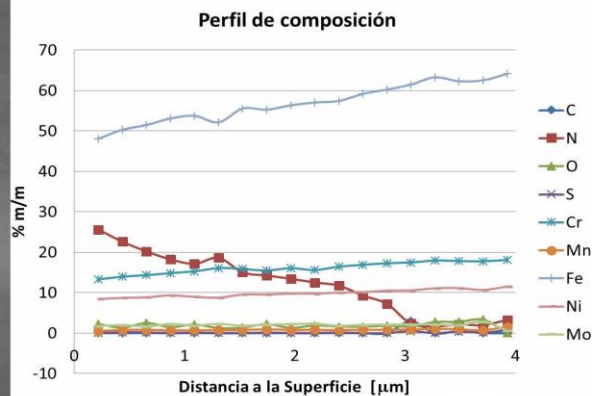


Figura 3. Lámina TEM de una partícula y análisis de composición química en profundidad usando EDS.