



INFLUENCIA DE LA NITRURACIÓN IÓNICA EN LA RESISTENCIA A LA CORROSIÓN Y AL DESGASTE SOBRE DOS TIPOS DE ACERO AISI 316L

Lucrecia M. Pitter^{(1)*}, Luisina Scarbol⁽¹⁾ y Sonia P. Brühl⁽¹⁾

(1) *Grupo de Ingeniería de Superficies, Facultad Regional Concepción del Uruguay, Universidad Tecnológica Nacional, Ing. Pereira 676, E3264BTD*

(* *Correo Electrónico (autor de contacto): lucreciapitter@hotmail.com*

El acero AISI 316L posee muchas aplicaciones industriales. La nitruración iónica es un tratamiento que se utiliza con el propósito de mejorar sus propiedades mecánicas, pero frecuentemente su resistencia a la corrosión se ve comprometida. En este trabajo se compara el comportamiento ante la corrosión y al desgaste entre el acero AISI 316L fabricado bajo la norma ASTM F138 y otro AISI 316L de uso común. Si bien se conoce que el acero F138 tiene mejor desempeño que el de uso común, no hay suficientes estudios para determinar si esto perdura luego de la nitruración iónica.

Los aceros inoxidable austeníticos se caracterizan por tener buena resistencia a la corrosión y por esto presentan un comportamiento favorable en ambientes agresivos; pero su escasa resistencia mecánica e insuficientes propiedades tribológicas han motivado numerosas investigaciones para mejorarlas. La nitruración iónica asistida por plasma es un tratamiento superficial apto para este tipo de aceros, ya que la temperatura del tratamiento permite preservar su resistencia a la corrosión, aunque en muchos casos se ve comprometida igualmente [1]. Numerosos estudios señalan que el endurecimiento superficial conseguido mediante la nitruración iónica asistida por plasma en aceros inoxidable austeníticos se debe a la formación de una capa de austenita expandida, pero a su vez indican que otros factores, como el stress del material, la deformación, las condiciones superficiales o la presencia de inclusiones no disueltas pueden tener fuertes efectos en la resistencia al desgaste y a la corrosión [1-3]. La norma ASTM F138 determina la metalurgia y composición química del acero para reducir la cantidad de inclusiones presentes en el material y que sea apto para implantes quirúrgicos. El objetivo de éste trabajo es comparar el comportamiento ante la corrosión y el desgaste del acero AISI 316L que se fabrica bajo esa norma (de ahora en más denominado F) con el de uso comercial (de ahora en más denominado L), nitrurados y sin nitrurar (acero patrón).

Las superficies de las muestras de ambos aceros, cortadas de dos barras de 25mm de diámetro, fueron devastadas con papel esmeril y pulidas con pasta de diamante. A continuación, fueron nitruradas en un proceso de descarga DC pulsada, de 8 horas de duración a 420°C, con una atmósfera de 20% de nitrógeno en un equipo industrial de IONAR S.A. Se realizó, en primer lugar, un ensayo de caracterización superficial provocando un ataque revelador de bordes de grano en ambos tipos de aceros patrón para determinar el tamaño de grano promedio de cada uno mediante microscopía óptica. Las muestras fueron cortadas transversalmente e incluidas en resina fenólica, pulidas para metalografía y atacadas con reactivo de Marble. Mediante microscopía óptica se determinó el espesor de la capa nitrurada. Se realizaron tres tipos de ensayos para estudiar la corrosión de las muestras nitruradas de ambos tipos de aceros con el objetivo de determinar si las mejores características del AISI 316L ASTM F138 sobre el acero de uso común se mantienen luego de ser nitrurados. En primer lugar, un test por hisopado de CuSO₄ ácido pentahidratado sobre la superficie de la muestra. A continuación, se ensayaron en una cámara de niebla salina para evaluar resistencia a la corrosión atmosférica, según

las normas IRAM 121 y ASTM B-117. Por último, los ensayos electroquímicos fueron llevados a cabo a temperatura ambiente, y presión atmosférica en una celda de tres electrodos utilizando como electrolito NaCl al 3.5%. Como referencia se utilizó un electrodo de calomel saturado (SCE) y alambre de platino como contraelectrodo. La velocidad de barrido de potencial en los ensayos fue de 1 mV/seg y el límite superior de corriente se estableció en 500 μ A. Para analizar la resistencia al desgaste y el coeficiente de fricción de las muestras se realizaron ensayos de deslizamiento rotacional tipo Pin-on-Disk en una máquina diseñada bajo la norma internacional ASTM G99 y se ensayaron las muestras con los siguientes parámetros: carga de 5 N; contraparte de Al₂O₃ (6 mm de diámetro); distancia recorrida, 500 m; velocidad tangencial, 10 cm/s; radio de la trayectoria, 5 mm.

Al estudiar y analizar los resultados obtenidos, en principio se observa que el tamaño promedio de grano de ambos tipos de aceros de las muestras patrón es similar, para la F, ASTM G 4,1 y para L= ASTM G 4,3. Se observa al microscopio que los granos de la muestra L presentan un tamaño más uniforme que la muestra F (Figura 1). También puede observarse una diferencia significativa en el proceso de manufactura de ambos aceros, notándose en las muestras F una superficie más limpia, al contrario de las muestras L que evidencian gran cantidad de inclusiones. Por otro lado, la dureza medida de muestras L y F patrones dan valores entre 250 y 300 HV, mientras que las L nitruradas están entre 750 y 850 HV y las F nitruradas entre 1000 y 1200 HV, resultando estas últimas de mayor dureza que las primeras.

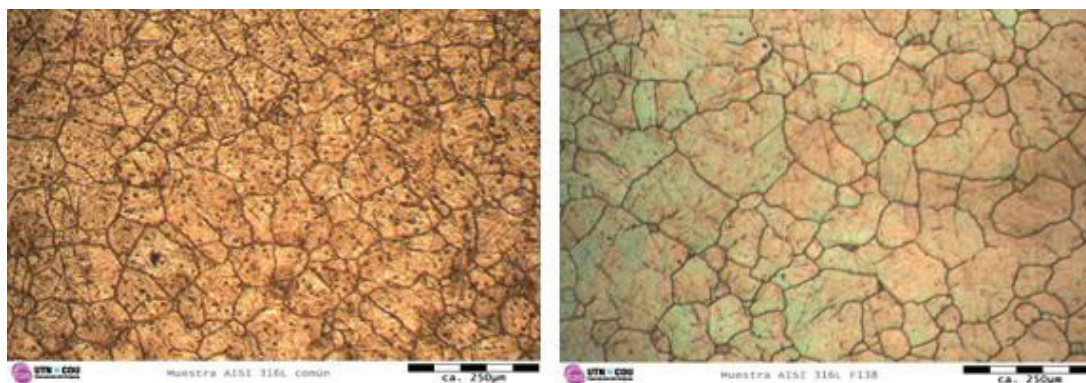


Figura 1: Microscopía óptica de la superficie de muestras L y F patrón.

Ninguna de las muestras nitruradas (F o L) pasó el test de CuSO₄ lo cual indica que no poseen continuidad en la capa pasiva. Luego de ser relijadas y pulidas si lo pasaron, con una reducción insignificante en la dureza. En cuanto a los ensayos de polarización se pudo observar una tendencia en el comportamiento anódico entre los cuatro ensayos realizados a cada una de las probetas patrones y nitruradas. Estas tendencias permiten compararlas y como puede verse en la Figura 2, en ambos casos (F y L) las muestras nitruradas presentaron una mejor respuesta ante la corrosión en este ensayo, dado que las corrientes son siempre más bajas a iguales potenciales. Entre los dos tipos de aceros nitrurados, la muestra F presentó aún un mejor comportamiento que la muestra L. Esto se puede determinar al observar que la curva de la muestra F nitrurada presenta una amplia zona pasiva y un elevado potencial de ruptura a partir del cual la densidad de corriente se dispara rápidamente, mientras que la muestra L nitrurada no presenta prácticamente zona de pasividad y se observa una disolución continua del material. En ambas muestras patrones puede observarse una zona pasiva, pero con un potencial de ruptura 3 veces mayor en la muestra F que la L.

Es importante destacar que cuando las muestras corroídas son observadas al microscopio, en las muestras tipo L (patrón o nitruradas) no se encontraron zonas marcadas por el o'ring ni tampoco la presencia de corrosión por rendijas pero si se encontraron varios pits de corrosión en el centro de la muestras, de diferentes tamaños. En las muestras tipo F ocurre que a lo sumo presentan un solo pit de gran tamaño en el centro de la muestra y en cambio si se observan marcas del o'ring y también corrosión por rendijas en esa zona. Esto permite concluir que el material L se disuelve con mayor facilidad, mientras que el material F, presenta mayor resistencia a la corrosión y al

someterlo a condiciones extremas la zona donde se apoya el o´ring es un lugar propicio para el ataque corrosivo, o bien se produce el pit al encontrar alg´un defecto en la superficie y se disuelve el material en esa zona.

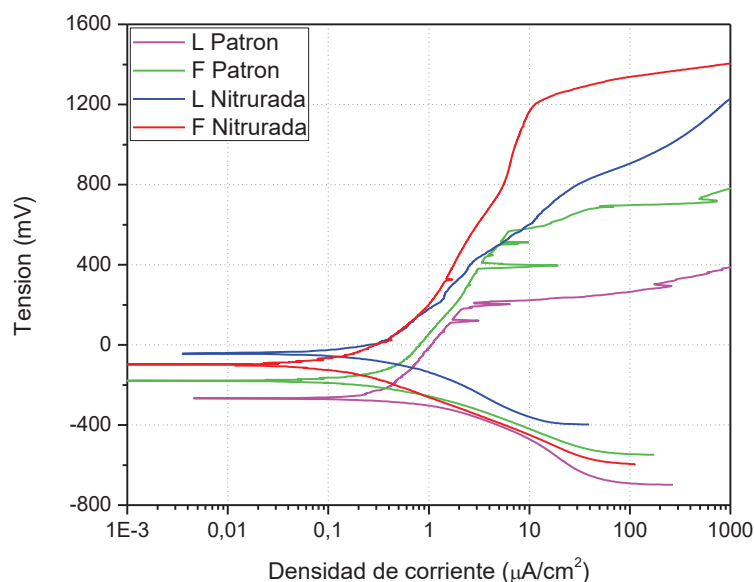


Figura 2: Curvas de polarización catódicas y anódicas de los aceros F y L patrón y nitrurados.

En el ensayo de Pin on Disk, se observa que mecánicamente los aceros tipo F y L nitrurados presentaron comportamientos similares entre sí y, a su vez, una gran mejora respecto de los aceros patrones (dos órdenes menos de magnitud en volumen perdido).

Luego del análisis de los ensayos realizados se concluye que el comportamiento a la corrosión mejora en ambos tipos de aceros luego de la nitruración iónica, por otro lado, el material tipo F presenta una mayor resistencia a la corrosión que el material tipo L tanto en el caso de las muestras patrones como en el caso de las nitruradas. Esto puede deberse a que la gran cantidad de inclusiones presentes en el acero tipo L sirven de canal de comunicación con el electrolito y da lugar al fenómeno de corrosión. En cuanto a los resultados de desgaste ambos tipos de aceros presentaron una notable mejoría respecto de las muestras patrones, como consecuencia del aumento de dureza del material debido al tratamiento de nitruración.

Agradecimientos: los autores agradecen a la empresa IONAR S.A. por el tratamiento de nitruración a las muestras y a los becarios del GIS por su colaboración en la preparación de las muestras y ensayos realizados, como también a la UTN FRCU por su apoyo económico.

Referencias

- [1] J.P. Lebrun, Thermochemical Surface Engineering of Steels. Improving Materials Performance, 2015, Elsevier.
- [2] L. Escalada, S.P. Brühl, S. Suárez, M.A. Guitar, D. Manova, S. Mändl, S. Simison, Efecto de las inclusiones en la morfología del ataque localizado en acero AISI 316L nitrurado con técnicas asistidas por plasma, Memorias del SAM-CONAMET 2013.
- [3] J. Biehler, H. Hoche, M. Oechsner, Nitriding behavior and corrosion properties of AISI 304L and 316L austenitic stainless steel with deformation-induced martensite, Surface & Coatings Technology 324, 2017, 121-128.