



COMPORTAMIENTO DE UN RECUBRIMIENTO DLC SOFT DEPOSITADO SOBRE ACERO 316L EN CONDICIONES SEVERAS DE DESGASTE

Eugenia L. Dalibon^{(1)*}, P. Landi⁽¹⁾, J. Nahuel Pecina⁽¹⁾, Kevin Silva⁽¹⁾, Ramiro Moreira⁽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): eugedalibon@yahoo.com.ar*

Los recubrimientos DLC soft permiten mejorar las propiedades superficiales de los materiales, sin embargo, presentan problemas de adhesión cuando se depositan sobre aceros. Por esta razón un tratamiento previo de nitruración puede resultar conveniente. En este trabajo se estudió el comportamiento al desgaste por fretting y erosión de recubrimientos DLC soft depositados por PACVD sobre AISI 316L nitrurado (Dúplex) y sin nitrurar (Recubierta). En desgaste por fretting, la resistencia de la muestra dúplex fue superior a la recubierta en todas las condiciones ensayadas, excepto para 12 N. En erosión, la pérdida de masa fue similar en ambas muestras hasta la novena hora, donde la influencia de la capa nitrurada se hizo notable.

Los aceros inoxidable austeníticos son utilizados ampliamente en la industria donde están expuestos a diferentes condiciones de desgaste y corrosión. Para mejorar las propiedades superficiales diferentes tratamientos asistidos por plasma pueden ser utilizados como procesos de modificación superficial o recubrimientos. Los recubrimientos DLC (Diamond Like Carbon) se caracterizan por tener bajo coeficiente de fricción, buena resistencia al desgaste y ser químicamente inertes [1,2]. Esta denominación incluye a recubrimientos de carbono amorfo que pueden ser finos y de alta dureza "hard" o gruesos y de baja dureza "soft". Existen, también tratamientos dúplex como nitruración y deposición de recubrimientos, que permiten obtener propiedades inalcanzables con un sólo proceso. Si bien hay estudios sobre el comportamiento al desgaste por deslizamiento tipo pin on disk sobre aceros inoxidable con tratamientos dúplex [3], existen pocos sobre desgaste erosivo y por fretting. En este trabajo se estudió el comportamiento al desgaste por erosión y por fretting del recubrimientos DLC de tipo "soft" depositados por PACVD (Plasma Assisted Chemical Vapor Deposition) sobre acero inoxidable austenítico 316L nitrurado (muestras dúplex D) y sin nitrurar (muestras recubierta R). El objetivo de este trabajo es evaluar la influencia de la capa nitrurada en el comportamiento mecánico del sistema.

El material utilizado fue acero inoxidable austenítico AISI 316L, las muestras fueron cortadas de una barra de 25 mm de diámetro. La nitruración por plasma fue llevada a cabo en un reactor semi-industrial utilizando una descarga DC pulsada, a 400 °C durante 14 hs, en una mezcla de 20%N₂ y H₂. Los recubrimientos DLC fueron depositados en el mismo reactor usado para la nitruración por PACVD utilizando HDMS y acetileno como gases precursores, a 425°C y a una velocidad de deposición de aproximadamente 1 µm/h. Los recubrimientos fueron caracterizados por espectroscopia Raman. Se analizó la microestructura de los recubrimientos y de la capa nitrurada por microscopía óptica y electrónica, y DRX. Se midió nanodureza con indentador Berkovich y una carga de 9 mN. Se realizaron ensayos de desgaste por fretting en diferentes condiciones variando la carga (12, 20, 30, 40 y 50 N) y el tiempo (1, 1,5, 2 horas). También se evaluó el comportamiento a la erosión durante 12 horas en una mezcla de arena y agua en una

máquina diseñada y construida por el Grupo GIS. Después de cada hora de ensayo, se extraía la probeta y se pesaba para ir determinando la pérdida de masa. Para evaluar la adhesión, se realizaron ensayos de Scratch test con carga constante de 20 N, 30 N, 40 N y 50 N; y de Indentación Rockwell C con 150 kg.

Los recubrimientos presentaron un espesor de $(37 \pm 1) \mu\text{m}$ (Figura 1) en ambas muestras y la capa nitrurada de $(10 \pm 1) \mu\text{m}$. La dureza del recubrimiento fue de $(12 \pm 1) \text{GPa}$, y la de la capa nitrurada de $(1000 \pm 70) \text{HV}$, equivalente a 9,8 GPa, muy por arriba de la dureza del sustrato, de aproximadamente 250 HV. En los análisis por Espectroscopia Raman, los espectros mostraron las bandas D y G, características de estos recubrimientos. Se determinó que tenían un alto contenido de hidrógeno y una baja proporción de uniones $\text{sp}^3 \text{C-C}$.

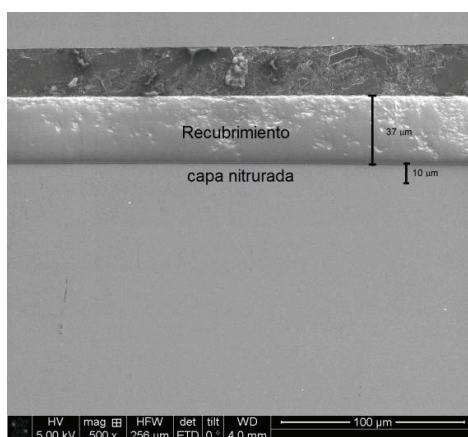


Figura 1: Imagen SEM del recubrimiento en la muestra dúplex.

En los ensayos de erosión, el comportamiento de las muestras D y R fue similar, la diferencia entre la pérdida de masa de ambas muestras estuvo dentro del error (Figura 2) hasta la novena hora. Probablemente en este tipo de ensayos, se originan grietas en los defectos o fallas superficiales del recubrimiento que van creciendo a medida que el flujo erosivo incide sobre la superficie de la muestra, de este modo se van desprendiendo partículas del recubrimiento por efecto de la erosión [4]. A medida que transcurren las horas de ensayo, el recubrimiento resulta más delgado y la capa nitrurada comienza a tener mayor influencia en la respuesta al desgaste del sistema.

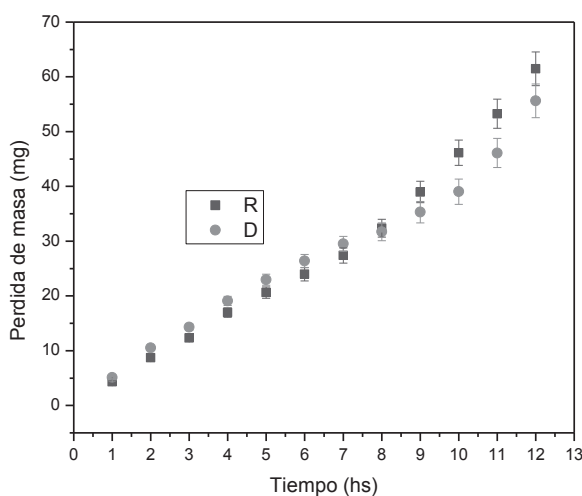


Figura 2: Pérdida de masa para cada una de las horas en los ensayos de erosión para la muestra dúplex y recubierta.

En los ensayos de fretting, a baja carga 12 N, el comportamiento de ambas muestras fue similar, a medida que aumentó la carga, los volúmenes desgastados aumentaron, como es esperable (Figura 3). La diferencia entre ambas muestras se hace considerable a partir de los 40 N, donde la profundidad de la huella para la muestra dúplex es de 17 μm y para la recubierta de 25 μm . En los ensayos donde se varió el tiempo, la muestra duplex presentó mejor comportamiento que la recubierta en todos los casos (Figura 3).

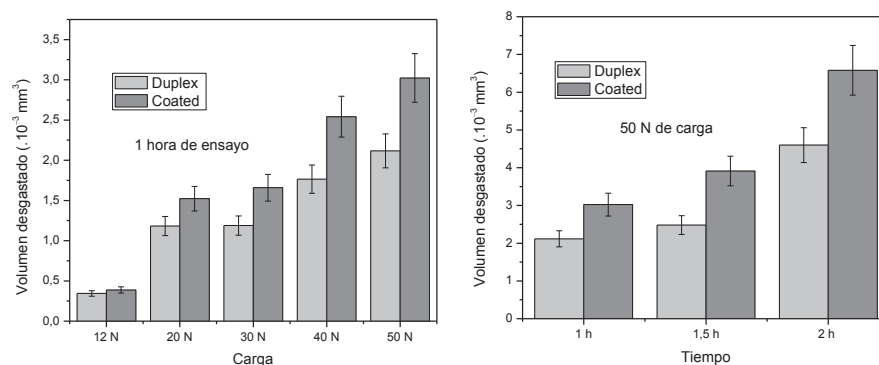


Figura 3: Volumen perdido en los ensayos de fretting para las muestras dúplex y recubierta, utilizando distintas cargas durante 1 hora (izquierda), usando distintos tiempos con 50 N de carga (derecha).

En ambos ensayos (Scratch test e Indentación Rockwell C), la muestra duplex presentó mejor adhesión. Cabe destacar, que en los ensayos de Scratch la diferencia se hizo más notable para una carga de 40 N. El recubrimiento, como es grueso, se vuelve autosostenible, y se necesitan cargas mayores para que se note la influencia del sustrato.

De acuerdo a los resultados puede indicarse que los recubrimientos DLC soft permiten aumentar la dureza superficial del acero inoxidable austenítico 316L y mejorar sus propiedades mecánicas en condiciones de desgaste erosivo y por fretting. Sólo en condiciones severas de fretting (alta carga y larga duración), la influencia del pretratamiento de nitruración tuvo mayor incidencia en la respuesta al desgaste del sistema. En ensayos de erosión de larga duración, la combinación de ambos tratamientos permitió mejorar la resistencia al desgaste.

Agradecimientos: Los autores agradecen al Dr. Daniel Heim de la Universidad de Ciencias Aplicadas, Austria por la deposición de los recubrimientos. A los becarios del Grupo GIS por la preparación de las muestras y colaboración en la realización de ensayos, a FRCU-UTN por el apoyo económico.

Referencias

- [1]. Robertson, Diamond-like amorphous carbon, Materials Science and Engineering R Report 37, 2002, 129–281.
- [2] C. Forsich, C. Dipolt, D. Heim, T. Mueller, A. Gebeshuber, R. Holecek, C. Lugmair, Potential of thick a-C:H:Sifilms as substitute for chromium plating, Surface and Coatings Technology 241, 2014, 86–92.
- [3] R. Snyders, E. Bousser, P. Amireault, J.E. Klemberg-Sapieha, E. Park, K. Taylor, K. Casey, L. Martinu, Tribo-mechanical properties of DLC coatings deposited on nitrided biomedical stainless steel, Plasma Processes and Polymers 4, 2007, S640–S646
- [4] I.S. Trakhtenberg, A.B. Vladimirov, S.A. Plotnikov, A.P. Rubshtein, V.B. Vykhodets, O.M. Bakunin, Effect of adhesion strength of DLC to steel on the coating erosion mechanism, Diamond and Related Materials 10, 2001, 1824–1828.