

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO TRIBOLÓGICO DE RECUBRIMIENTOS TIPO DLC EN DIFERENTES CONDICIONES DE HUMEDAD RELATIVA

Francisco A. Delfin^{(1)*}, Sonia P. Brühl⁽¹⁾, Christian Forsich⁽²⁾, Daniel Heim⁽²⁾

⁽¹⁾ Grupo de Ingeniería de Superficies (GIS), Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Concepción del Uruguay, Concepción del Uruguay, Argentina.

⁽²⁾ Materials Technology Department, University of Applied Sciences Upper Austria, Campus Wels., Austria.

*Correo Electrónico (autor de contacto): delfinf@frcu.utn.edu.ar

1. RESUMEN

Los recubrimientos en base carbono tipo DLC son conocidos por sus excelentes propiedades tribológicas, un muy bajo coeficiente de fricción y una alta resistencia al desgaste. Dadas estas características, son ideales para recubrir elementos de máquina que trabajan bajo rodadura, rozamiento o deslizamiento, ya que se puede disminuir considerablemente el coeficiente de fricción, lo que conlleva una reducción del consumo energético y de emisión de gases, con sus respectivos beneficios económicos operativos y para cumplir con las cada vez más estrictas regulaciones ambientales. Su buena resistencia al desgaste permite extender la vida útil de las componentes, disminuyendo las paradas de mantenimiento. Pueden ser depositados mediante técnicas asistidas por plasma, de las cuales la más usual es PA-CVD (Plasma Assisted Chemical Vapor Deposition), que es amigable con el ambiente ya que no produce efluentes contaminantes y opera a temperaturas más bajas que la contraparte térmica tradicional. [1]

Sin embargo, estas películas DLC han mostrado problemas de adhesión cuando son depositadas sobre sustratos blandos, como los aceros de media aleación normalmente utilizados en elementos de máquinas.

Cuando se agrega hidrógeno a la formulación (DLC tipo a-C:H), se reducen las tensiones internas y la dureza del recubrimiento. Esto permite que sean depositados con mayor espesor, lo que además incrementa la capacidad de carga de la película, mejorando notablemente la adhesión sobre el sustrato. Por lo tanto, es importante determinar los parámetros de proceso adecuados para obtener un resultado óptimo. Además, se pueden dopar con diferentes materiales para alterar sus propiedades de acuerdo con las necesidades de cada aplicación. El silicio es uno de los dopantes más utilizados, ya que permite reducir las tensiones residuales, aumentar la dureza superficial y mejorar sus cualidades tribológicas. [2]

En todo tribosistema, las condiciones ambientales tienen una gran influencia en las interacciones entre sus componentes. La temperatura y la humedad son parámetros que alteran el comportamiento esperado de las piezas en rozamiento. Dentro de la gama de recubrimientos hidrogenados tipo DLC, aún no se ha llegado a comprender la influencia de estos dos parámetros en su comportamiento tribológico. [3]

En este trabajo se utilizaron muestras de acero de media aleación AISI 4140 recubiertas con DLC blando tipo a-C:H:Si en un reactor comercial PACVD, utilizando acetileno como precursor de carbono y hexametildisiloxano (HMDSO) para aportar silicio como dopante. Se realizaron deposiciones a diferentes

temperaturas y variando la potencia del plasma. Las propiedades mecánicas fueron medidas con nanoindentación. Las muestras se ensayaron en condiciones de desgaste por deslizamiento en un

tribómetro comercial tipo Pin-on-Disk con una bolilla de Al_2O_3 de 6 mm como contraparte, en tres diferentes condiciones de humedad: seco, ambiente y húmedo. Se utilizó una carga normal de 12 N, una distancia recorrida de 1000 m y una velocidad tangencial de 0,2 m/s. El coeficiente de fricción fue medido de forma continua y se analizó el desgaste en la bolilla mediante microscopio óptico y electrónico con EDS. El desgaste en la muestra fue determinado con microscopía confocal y se realizó análisis con microscopio óptico, SEM/EDS y espectroscopía Raman.

Las muestras que contenían silicio presentaron una pérdida de volumen por desgaste de hasta 80 veces superior a las muestras sin contenido de silicio. El coeficiente de fricción de estas últimas fue del orden de 0,05 en las condiciones más secas, mientras que las Si-DLC alcanzaron este valor en condiciones de alta humedad. Para las muestras sin silicio, el desgaste aumentó a medida que se incrementaba la humedad ambiental, mientras que, en las muestras dopadas con silicio, el comportamiento fue a la inversa.

Una mayor dureza del recubrimiento por el dopaje con Si, la afinidad química entre Al y Si, y la estabilidad de una capa superficial de óxido de silicio, pueden explicar los comportamientos que se han observado en el estudio de estos tribosistemas. [4]

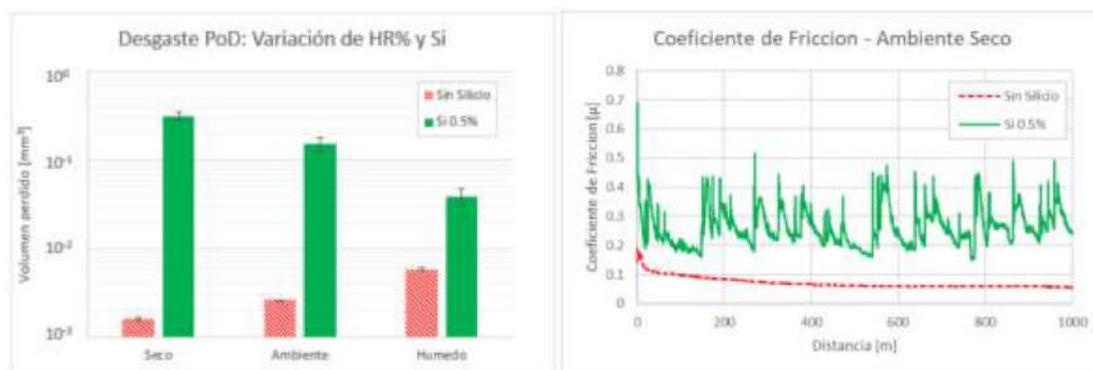


Figura 1. Volumen desgastado en PoD con variación de humedad y silicio (Izquierda). Coeficiente de fricción en ensayos de ambiente seco (Derecha).

2. REFERENCIAS

1. Kasiorowski, T., Lin, J., Soares, P., Lepiński, C.M., Neitzke, C.A., de Souza, G.B., Torres, R.D. Microstructural and tribological characterization of DLC coatings deposited by plasma enhanced techniques on steel substrates. *Surface and Coatings Technology*, 2020: 389, p. 125615.
2. Forsich, C., Dipolt, C., Heim, D., Mueller, T., Gebeshuber, A., Holecek, R., and Lugmair, C. Potential of thick a-C:H:Si films as substitute for chromium plating. *Surface & Coatings Technology*, 2014: 241: p. 86-92.
3. Xu, P., Wang, Y., Cao, X., Nie, X., Yue, W., Zhang, G. The tribological properties of DLC/SiC and DLC/Si₃N₄ under different relative humidity: The transition from abrasive wear to tribo-chemical reaction. *Ceramics International*, 2021: 43(3): p. 3901-9310.
4. Singhal, S.C. Effect of Water Vapor on the Oxidation of Hot-Pressed Silicon Nitride and Silicon Carbide. *Journal of the American Ceramic Society*, 1976: 59: p. 81-82.