

## ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE RECUBRIMIENTOS DLC MULTICAPA DEPOSITADOS SOBRE ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO NITRURADO

E.L. Dalibon<sup>1\*</sup>, M. Caballero<sup>1</sup>, J.N. Pecina<sup>1</sup>, A. Cabo<sup>2</sup>, V. J. Trava-Airoldi<sup>3</sup> y S.P. Brühl<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Grupo de Ingeniería de Superficies – UTN Fac. Reg.  
Concepción del Uruguay, Argentina.

<sup>2</sup>IONAR S.A., Buenos Aires, Argentina.

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos - SP, Brazil.

Email del expositor  
dalibone@frcu.utn.edu.ar

### INTRODUCCION

El acero inoxidable martensítico AISI 420 posee diferentes aplicaciones en la industria donde se requiere buena resistencia al desgaste y a la corrosión. Para mejorar sus propiedades superficiales, algunos tratamientos pueden ser aplicados como recubrimientos “Diamond Like Carbon” (DLC) que se caracterizan por su buena resistencia al desgaste, bajo coeficiente de fricción y ser químicamente inertes. Sin embargo presentan problemas de adhesión cuando son depositados sobre sustratos metálicos [1], entonces un pretratamiento como la nitruración asistida por plasma puede resultar conveniente.

Además, de acuerdo a las solicitudes de trabajo a la cual se encuentre sometido el material no siempre es suficiente contar con una sola capa de recubrimiento, por lo cual se recurre a colocar más de ellas. En este trabajo, se evaluó y comparó el comportamiento al desgaste por fretting y la adhesión de recubrimientos monocapas y multicapas DLC depositados mediante PACVD (Plasma Assisted Chemical Vapour Deposition) sobre acero inoxidable martensítico AISI 420 con y sin nitruración previa.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras utilizadas fueron obtenidas de una chapa de acero inoxidable martensítico AISI 420 con 25 mm de diámetro y 2 mm de espesor, posteriormente templadas y revenidas.

El proceso de nitruración se realizó en la Empresa IONAR S.A. utilizando una descarga DC pulsada en una mezcla gaseosa de 20% N-80% H a 390 °C durante 10 horas.

Los recubrimientos DLC de 1 capa y 5 capas se depositaron sobre acero inoxidable martensítico AISI 420 nitrurado (NIT) y sin nitrurar por PACVD con una intercapa de silicio. Las muestras se denominaron:

- 1DLC: muestras con 1 capa de DLC depositada sobre el acero AISI 420.
- 5DLC: muestras con 5 capas de DLC depositada sobre el acero AISI 420.
- 1 N + DLC: muestras con 1 capa de DLC depositada sobre el acero AISI 420 NIT
- 5 N + DLC: muestras con 5 capas de DLC depositada sobre el acero AISI420 NIT

El recubrimiento DLC se analizó con EDS y espectroscopia Raman. Se observó la microestructura de la capa nitrurada y de los recubrimientos con MO y SEM. Se midió nanodureza y microdureza para el recubrimiento y la capa nitrurada respectivamente.

Se realizaron ensayos de fretting con 12 N, 20 N, 30 N de carga durante 1 h, usando como contraparte una bolilla de alúmina de  $\phi$  6 mm.

Para evaluar la adhesión se realizaron ensayos de indentación Rockwell según Norma VDI 3198, con 60 kg, 100 kg y 150 kg. Se realizaron ensayos de Scratch Test con cargas constantes de 10 N a 60 N variando de a 5 N.

### RESULTADOS Y DISCUSION

El espesor de cada una de las capas del recubrimiento DLC fue de  $(0,96 \pm 0,05) \mu\text{m}$  incluyendo una intercapa de silicio amorfo de aproximadamente  $0,3 \mu\text{m}$ , como se muestra en la imagen SEM (Fig. 1). La capa nitrurada fue de  $(11 \pm 1) \mu\text{m}$  de espesor.

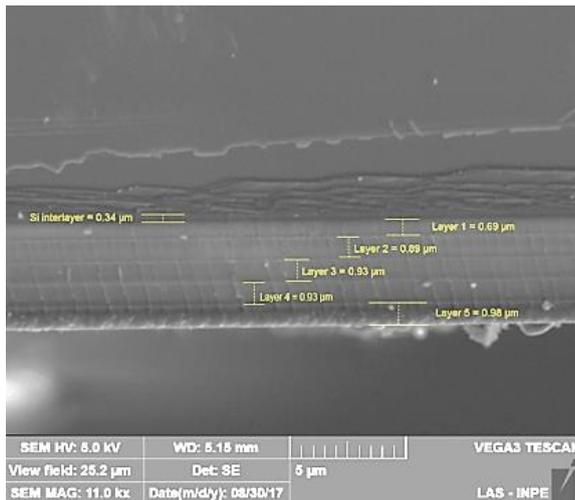


Fig. 1: Imagen SEM del recubrimiento DLC multicapas.

La nanodureza del recubrimiento fue de  $(37 \pm 5)$  GPa y la microdureza de la capa nitrurada fue de  $(1300 \pm 30)$  HV<sub>0,025</sub>.

En la tabla siguiente se presentan los resultados de los ensayos de desgaste por fretting.

Tabla 1. Resultados de desgaste por fretting.

Muestras	Comportamiento durante el ensayo	Volumen Desgastado ( $\cdot 10^{-3} \text{ mm}^3$ )
1DLC	12 N recubrimiento falló	
1N+DLC	20 N recubrimiento falló	
5DLC	No falló	$81 \pm 8$
5N+DLC	No falló	$80 \pm 8$

Las pérdidas de volumen fueron similares para las multicapas con y sin nitruración previa. La profundidad de las huellas alcanzó un valor máximo de  $3 \mu\text{m}$ , es decir, no superó el espesor total del recubrimiento. Podría indicarse entonces que el comportamiento al desgaste dependió mayoritariamente del recubrimiento. Sin embargo, para las muestras monocapas la presencia de la capa nitrurada mejoró la resistencia mecánica.

En la Fig. 2 se presenta un gráfico correspondiente a los resultados de Indentación Rockwell con 60 kg, 100 kg y 150 kg, indicando la cantidad de indentaciones que resultaron con adhesión aceptable (HF1 a HF4 según la Norma VDI 3198) para cada una de las condiciones estudiadas. Como puede observarse, las muestras multicapas presentaron sólo una adhesión aceptable para la menor carga utilizada y con nitruración previa. En el caso de las monocapas, si bien la adhesión fue aceptable para las muestras

con y sin nitruración previa, la adhesión fue HF1 para 60 kg y HF3 para 100 kg en las muestras 1N + DLC; HF3 y HF4 respectivamente para las muestras 1DLC.

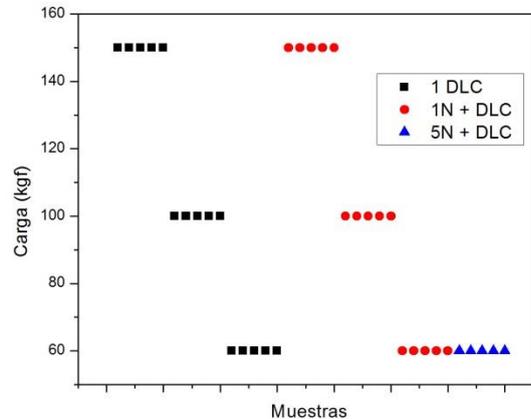


Fig. 2. Resultados de los ensayos de Indentación Rockwell

En los ensayos de Scratch Test, las muestras previamente nitruradas presentaron mejor adhesión tanto monocapa como multicapas. Las cargas críticas fueron mayores para las muestras duplex monocapa, alcanzando valores de 55 N y 60 N. Probablemente, la pobre adhesión de los recubrimientos multicapas esté vinculada a las tensiones residuales que crecen al incrementar el número de capas dependiendo de las condiciones de deposición [2,3].

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados presentados, podría indicarse que la capa nitrurada mejoró la adhesión de los recubrimientos multicapa, pero no tuvo una influencia notable en la resistencia al desgaste por fretting en las condiciones estudiadas.

## REFERENCIAS

1. C.F.M. Borges, E. Pfender, J. Heberlein, .Diamond and Related Materials 10, 1983–1990, 2001.
2. G. Capote, D. C. Lugo, J. M. Gutiérrez, G.C. Mastrapa, V.J. Trava-Airoldi. Surface and Coatings Technology 344, 644-655, 2018.
3. C. Donnet, A. Erdemir, Tribology of diamond-like carbon films, Fundamentals and Applications, Springer, USA, 2008.