

## **Estudio de la Adhesión y Resistencia a la Corrosión de Recubrimientos por Deposición Física de Vapores Asistidos por Plasma sobre Acero AISI 4140 Previamente Nitrurado.**

L. Scarbol<sup>(a)</sup>, J. P. Quintana<sup>(b)</sup>, L. S. Vaca<sup>(a)</sup>, S. Brühl<sup>(a)</sup>

<sup>(a)</sup> *Grupo de Ingeniería de Superficies – Facultad Regional Concepción del Uruguay, Universidad Tecnológica Nacional. Ing. Pereira 676, Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina*

<sup>(b)</sup> *Universidad de Buenos Aires, CONICET, Instituto de Física del Plasma (INFIP), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Intendente Güiraldes 2160, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.*

Autor principal: luisina.scarbol@gmail.com

En este trabajo se estudia la adhesión y la resistencia a la corrosión de cuatro tipos de recubrimientos PAPVD (*Plasma Assisted Physical Vapour Deposition*) crecidos por arcos catódicos sobre acero AISI 4140 previamente nitrurado por plasma. Estos procesos combinados se conocen como tratamientos “dúplex” y exhiben excelentes propiedades mecánicas, ya que proveen valores elevados de dureza y una gran capacidad de soporte de carga [1]. La dureza y tenacidad son mejoradas por el tratamiento de nitruración, aunque la resistencia a la corrosión suele verse afectada. Por otro lado, los recubrimientos duros mediante arcos catódicos tienen el objeto de mejorar las propiedades al desgaste y corrosión de componentes mecánicas [2,3].

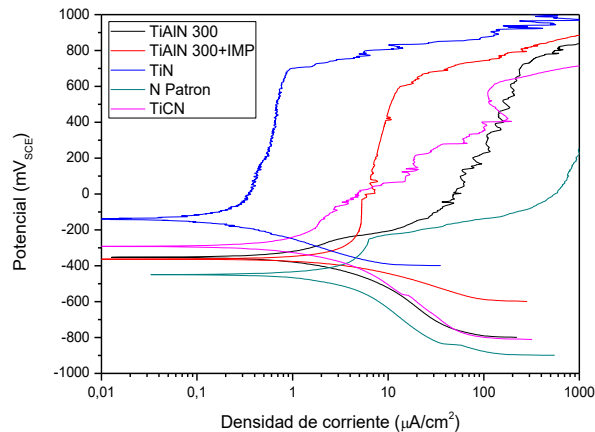
Las muestras de acero AISI 4140 fueron cortadas con 6 mm de espesor de una barra de 25 mm de diámetro, templadas, revenidas, lijadas hasta granulometría 1200 y pulidas. Posteriormente fueron nitruradas en un reactor industrial de la empresa IONAR S.A. durante 15 hs a 500°C. Por último, se crecieron los recubrimientos bicapas a 300°C de Ti/TiN, Ti/TiCN y Ti/TiAlN, éste último con y sin implantación de iones usando una fuente de 6 kV, en un equipo experimental del INFIP (UBA-CONICET).

Se calcularon los espesores de los recubrimientos por diferencia de masas resultando todos de aproximadamente  $\approx 2\mu\text{m}$  y también se observó en un corte un crecimiento de tipo columnar con un ancho de columna inferior a los 100nm. Para medir el espesor de la capa nitrurada por microscopía óptica, las probetas se cortaron transversalmente, se incluyeron en resina fenólica y se atacaron con Marble. El espesor promedio de la capa nitrurada resultó ser de  $5\pm 1\mu\text{m}$ .

El estudio de adhesión se realizó mediante Scratch Test con cargas constantes de 40N, 50N y 60N.

La resistencia a la corrosión se estudió mediante ensayos de polarización anódica. Éstos se realizaron a temperatura ambiente y presión atmosférica en una celda de tres electrodos utilizando como electrolito cloruro de sodio al 3.5% p/p. Como referencia se utilizó un electrodo de calomel saturado (SCE) y como contraelectrodo, un alambre de platino. La velocidad de barrido de potencial en los ensayos fue de 1 mV/seg y el límite superior de densidad de corriente se estableció en  $1800\mu\text{A}/\text{cm}^2$ . En la Figura 1 se muestran las curvas representativas para cada caso.

Los recubrimientos presentaron un mejor comportamiento a la corrosión respecto de la muestra patrón (sólo nitrurada). Las curvas que presentan una amplia zona pasiva y con mayor pendiente son las de TiN y TiAlN+IMP. La diferencia de potencial (Erup-Ecorr) del TiN es menor que el del TiAlN; pero la zona pasiva del TiN se ubica en dos órdenes de magnitud menores de densidad de corriente a iguales potenciales aplicados. Por otro lado, el TiCN presentó una resistencia a la corrosión pobre ya que su pendiente es la menor de todas. A medida que aumenta el potencial la densidad de corriente aumenta lentamente y no presenta una zona pasiva definida.



**Figura 1.** Curvas de polarización anódicas y catódicas del acero 4140 nitrurado (patrón) y recubiertas.

Los resultados obtenidos en Scratch se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Tipo de muestra y resultados de Scratch.

Muestra	Carga crítica [N]
TiAlN	60
TiAlN+Implantación 6 kV	No rompió en 60
TiCN	40
TiN	40

Al comparar los resultados de adhesión con los de corrosión se observa que en ambos casos el TiAlN+IMP mostró un buen comportamiento, seguido por el TiAlN y por último el TiCN. Se comprueba que la implantación mejora la calidad del film. El caso del TiN fue particular ya que presentó una mala adhesión, pero una buena resistencia a la corrosión. La falla en Scratch puede deberse a un tema estructural, a las tensiones residuales presentes en el TiN. Las tensiones residuales macroscópicas tienen su origen en el proceso de crecimiento del recubrimiento sobre el sustrato durante la deposición y están fuertemente asociadas al tipo de sustrato y las variables del proceso de deposición.

**Palabras claves:** Nitruración iónica, Recubrimientos PA PVD, AISI 4140, Adhesión, Corrosión

**Área de interés:** Tópico 5, Degradación de materiales, corrosión y métodos de protección

**Tipo de presentación:** Oral ( ) Poster (X)

**Referencias:**

- [1] Deng, Y., Tan, C., Wang, Y., Chen, L., Cai, P., Kuang, T. & Zhou, K., Lei, S., Zhou, K. (2017). Effects of tailored nitriding layers on comprehensive properties of duplex plasma-treated AlTiN coatings. *Ceramics International*, 43(12), 8721-8729.
- [2] T. Bell, H. Dong and Y. Sun, Realising the potential of Duplex Surface engineering, *Tribology* 31 (1998) 127-137.
- [3] Anders, A. (2009). *Cathodic arcs: from fractal spots to energetic condensation* (Vol. 50). Springer Science & Business Media.