



# Estudio de la Sinergia Corrosión-Erosión de Recubrimientos Duros de TiN Y CrN Obtenidos Sobre Acero AISI 1045

H. Payán<sup>1</sup> W. Aperador<sup>1</sup>, A. Vargas<sup>1</sup>, F. Correa<sup>2</sup>, L. Vélez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería de Materiales. Universidad del Valle

<sup>2</sup>Centro de Investigación de Materiales. Universidad del Valle

Recibido 22 de Oct. 2007; Aceptado 15 de Oct. 2008; Publicado en línea 5 de Ene. 2009

## Resumen

En este trabajo se presentan los resultados del estudio de la sinergia corrosión-erosión de recubrimientos duros de TiN y CrN obtenidos sobre acero AISI 1045 por medio de la técnica de pulverización catódica con magnetrón. El proceso de deposición física de vapor (Physical Vapor Deposition), contribuye ampliamente a la aplicación de películas de alta dureza e inercia química sobre herramientas de corte e impulsores en motobombas, principalmente. Este artículo revela los resultados del estudio de la sinergia corrosión-erosión mediante técnicas electroquímicas de polarización, en conformidad con los estándares fijados en la literatura y en la normativa existente, prestando especial atención en la velocidad y ángulo de impacto de las partículas erosivas en un medio agresivo sobre las muestras depositadas.

**Palabras claves:** Erosión, Corrosión Electroquímica, Curvas de Polarización, Deposición Física de Vapor.

## Abstract

In this article is shown the results of the study of corrosion-erosion synergy of TiN and CrN hard coatings obtained on steel AISI 1045 by Physical Vapor Deposition Magnetron Sputtering. The Physical Vapor Deposition process contributes widely to the application of coatings with high hardness and chemical inertia on cutting tools and motor-pumps impellers, principally. This article reveals the results of the study of the corrosion - erosion synergy by means of electrochemical polarization techniques, in conformity with the standards concentrated on the literature and on the existing regulation, giving special attention in the speed and the impact angle of the erosive particles in an aggressive electrolyte covering the deposited samples.

**Keywords:** Manganites, Laser ablation.

© 2009 Revista Colombiana de Física. Todos los derechos reservados.

## 1. Introducción

En los últimos años el número de componentes a mejorar ha aumentado de forma considerable, es por ello que los recubrimientos duros juegan un papel importante en la industria, para mejorar la vida útil de la pieza y para alcanzar propiedades que normalmente no son posibles de obtener en el sustrato por sí solo, como alta dureza, baja fricción, resistencia al desgaste, así como buena resistencia a altas temperaturas y sobre todo una excelente resistencia a la corrosión<sup>[1]</sup>. En este artículo se pretende hacer un análisis del comportamiento frente a la corrosión-erosión de diferentes res-

cubrimientos cerámicos (TiN y CrN) depositados sobre acero de bajo carbono mediante la técnica de Sputtering Reactivo (PVD) a través de curvas de polarización electroquímica.

## 2. Experimental

### 2.1 Materiales:

Los materiales utilizados para los ensayos de corrosión-erosión fueron: Acero AISI 1045 desnudo, Acero AISI 316 (Patrón de comparación), Acero AISI 1045 recubierto con TiN, Acero AISI 1045 recubierto con CrN.

## 2.2 Aplicación de películas de TiN y CrN:

La aplicación de las películas de TiN y CrN se realizó mediante técnicas de deposición física de vapor PVD en un reactor no comercial AJA INTERNATIONAL ATC 1500 Sputtering System. Para todos los ensayos se utilizaron muestras cilíndricas de 15.8 mm de diámetro y 5 mm de altura. Se depositaron capas de Ti y Cr puro previamente a la aplicación de las capas de TiN y CrN con el propósito de mejorar la adherencia.

## 2.3 Equipo utilizado para evaluación de la resistencia a la corrosión –erosión:

Se realizaron ensayos de sinergia corrosión-erosión con muestras de los materiales estudiados, utilizando una máquina construida con esta finalidad (Fig. 1). La máquina construida para realizar estos ensayos consta principalmente de un recipiente de vidrio que contiene el medio corrosivo-erosivo, una tapa en el que se disponen el porta muestras, electrodos y un impulsor acoplado al eje de un motor que provee el movimiento al fluido. La tapa donde se ubican los portamuestras permite el posicionamiento de las probetas respecto al flujo en tres posiciones: 30°, 60° y 90°. El motor se puede conectar a un variador de velocidad que permite controlar la velocidad de impacto de las partículas erosivas.

Como factores de evaluación de la respuesta de los materiales se utilizaron la pérdida de masa (cuantitativo), la apariencia de las superficies antes y después de los ensayos (cualitativo) y técnicas electroquímicas (curvas Tafel). La concentración del fluido de interés consistió en una solución de 0.5M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 3.5% en peso de NaCl. Se realizaron barridos potenciodinámicos entre -400 mV y 400 mV con una tasa de barrido de 1 mV/s, se utilizó como electrodo de referencia un electrodo de Hg/Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, como contraelectrodo un electrodo de platino. La arena empleada para los ensayos de erosión y sinergismo corresponde a un tamaño de partícula igual al usado para los ensayos de desgaste abrasivo según norma ASTM G-65. Esta arena corresponde a una denominación AFS 50/70 cuyo tamaño oscila entre 212 y 300 micras.



Fig. 1. Equipo construido para ensayos de corrosión-erosión

## 3. Resultados y Análisis

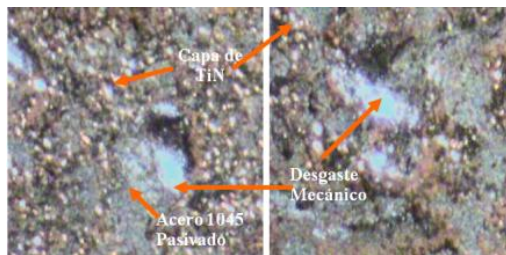


Fig. 2. Aspecto superficial del acero 1045 recubierto con TiN después del ensayo de Corrosión-Erosión en condiciones de ángulo rasante (30°) y normal (90°). 120X

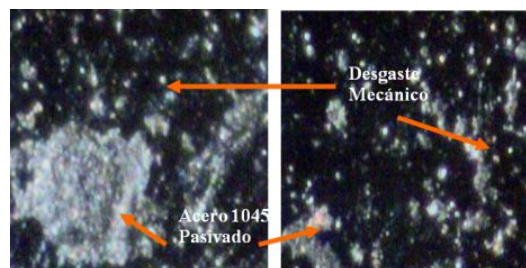


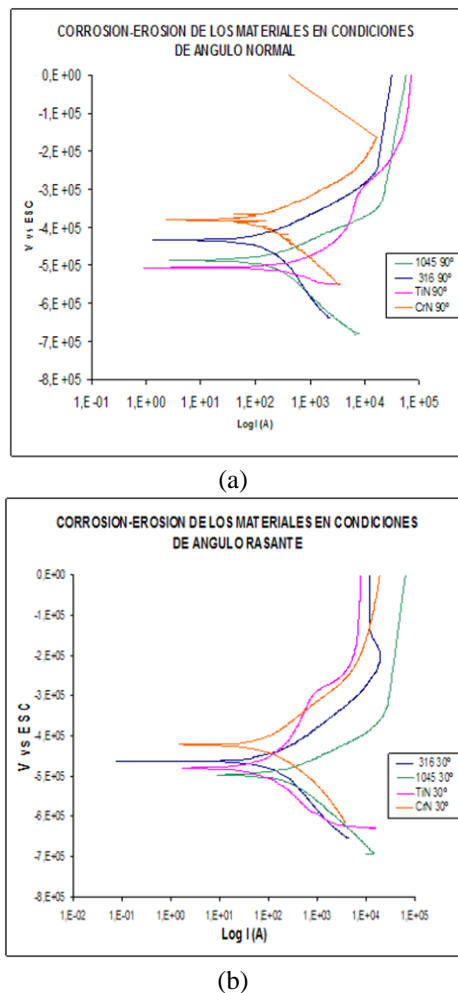
Fig. 3. Aspecto superficial del acero 1045 recubierto con TiN después del ensayo de Corrosión-Erosión en condiciones de ángulo rasante (30°) y normal (90°). 120X

En la Fig. 2 se observa la superficie del acero 1045 recubierto con TiN después del ensayo de corrosión-erosión para ángulos de incidencia de 30° y 90°.

Para ambos ángulos de incidencia se puede observar que gran parte del recubrimiento cerámico fue desprendido del sustrato debido a la acción químico-mecánica impartida por el medio, además, también se puede ver como el acero fue atacado por la sustancia corrosiva presentando corrosión generalizada y pitting.

En la Fig. 3 se puede observar la superficie del acero 1045 recubierto con CrN después del ensayo de corrosión-erosión para ángulos de incidencia de 30° y 90°:

Es bien conocido el buen comportamiento frente a la corrosión que exhiben los aceros inoxidable y las capas cerámicas de TiN y CrN se debe a la capa de óxido protectora que pueden formar sobre su superficie en presencia de medios corrosivos.



**Fig. 4.** Curvas de Polarización Dinámicas para los materiales (a) en condiciones de ángulo rasante (30°) y (b) ángulo normal (90°) para el ensayo de corrosión-erosión.

Sin embargo cuando la sustancia agresiva contiene partículas duras, estas capas de óxidos son seriamente dañadas debido a la gran cantidad de choques sobre su superficie, hecho que implica una nueva formación de la capa de óxido (si la velocidad de formación del óxido es alta), a su vez un mayor consumo del metal y una gran degradación mecánica que provee sitios de preferencia al medio corrosivo para actuar de manera localizada. Es por este motivo que la acción sinérgica que presenta el medio corrosivo con las partículas erosivas es mayor en el acero inoxidable y en las capas cerámicas, lo que conlleva a una mayor pérdida de material.

Este hecho confirma el comportamiento encontrado en estos recubrimientos para las curvas de polarización de la Fig. 4, donde las densidades de corriente de corrosión son tan altas como las que presenta el acero 1045 sin recubrir, e incluso mayores en condiciones de ángulo de incidencia normal del medio. Esto se puede atribuir a que además de los mecanismos de corrosión ya mencionados anteriormente que actúan sobre la superficie del material, se puede sumar

otro tipo ataque químico de características muy agresivas conocido como “crevice”. Aquí, el medio corrosivo se puede alojar entre la película protectora de TiN y el sustrato renovándose continuamente por la agitación del medio que conlleva a la corrosión del material menos noble como es en este caso el acero 1045.

### Conclusiones

- Para el ensayo de corrosión-erosión se presentó una combinación de mecanismos de degradación química y mecánica como micro-corte, formación de cráteres, corrosión generalizada y corrosión por picadura. Además, debido al desprendimiento de la capa protectora del acero recubierto, otros tipos de mecanismos químicos se pudieron presentar en el conjunto recubrimiento-sustrato como corrosión por crevice y corrosión galvánica.
- Se presentó un efecto sinérgico positivo en todos los materiales ensayados, sobre todo en el AISI 316 y el acero recubierto con TiN y con CrN. Este comportamiento se atribuye al continuo choque de las partículas erosivas sobre la superficie de estos materiales, afectando de manera notable la película de óxido protectora que se forma y permitiendo que la solución alcance el material base de menor resistencia al ataque químico. Adicionalmente, la adherencia de las capas cerámicas al sustrato juega un papel importante en contra de los efectos nocivos producidos por el medio, de aquí el cuidado y la extrema importancia que se debe tener en un adecuado control de las variables de aplicación para lograr condiciones óptimas de adherencia al sustrato.
- Los recubrimientos duros de TiN y CrN depositados en forma de monocapa sobre un acero comercial AISI 1045 no presentaron un buen comportamiento ante el medio de estudio en comparación al acero AISI 316 utilizado en la fabricación de las motobombas, debido posiblemente a una baja adherencia y alta porosidad de las capas cerámicas. Sin embargo el CrN tuvo un comportamiento similar al acero inoxidable en la mayoría de los ensayos.

### Referencias

- [1] R. Ortega, C. Franco, E. Valdés, G. Rodríguez. Dispersión Asistida por Magnetron en Películas de TiN. Rev. Fac. Ing. - Univ. Tarapac., vol. 13 N- 2, 2005 pag 31-38
- [2] Roco M.C., Wear mechanisms in centrifugal slurry pumps. Corrosion, Vol. 46, N° 5, 1990, 424-431
- [3] Roco M.C., Wear mechanisms in centrifugal slurry pumps. Corrosion, Vol. 46, N° 5, 1990, 424-431
- [4] I. Milosev, H.-H. Strehblow, B. Navinsek. Comparison of TiN, ZrN and CrN hard nitride coatings: Electrochemical and thermal oxidation. Thin Solids Films 303 (1997) 246-254
- [5] J. Piippo, B. Elsener, H. Bohni. Electrochemical characterization of TiN coatings. Surface and Coatings Technology. 61 (1993) 43-46.