

ESTUDIO DE LA SINERGIA CORROSIÓN-EROSIÓN DE RECUBRIMIENTOS DUROS DE TiN Y CrN OBTENIDOS SOBRE ACERO AISI 1045.

Study of Synergistic effect of Erosion and Corrosion of TiN and CrN Hard Coatings on AISI 1045 Mild Steel.

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados del estudio de los efectos sinérgicos de la corrosión-erosión en recubrimientos duros de TiN y CrN obtenidos sobre acero AISI 1045 por medio de la técnica de pulverización catódica con magnetron y se hace una comparación con los resultados mostrados por un acero inoxidable comercial AISI 316 y el acero AISI 1045 sin recubrimiento. El proceso de deposición física de vapor (Physical Vapor Deposition), contribuye ampliamente a la aplicación de películas delgadas de alta dureza, resistencia e inercia química sobre herramientas de corte e impulsores en motobombas, principalmente.

PALABRAS CLAVES: Corrosión Electroquímica, Curvas de Polarización, Deposición Física de Vapor, Erosión, CrN, TiN.

ABSTRACT

In this article the results of the study of synergistic effect of corrosion-erosion of TiN and CrN hard coatings obtained on steel AISI 1045 by Physical Vapor Deposition Magnetron Sputtering are shown. The Physical Vapor Deposition process contributes widely to the application of high hardness, resistance and chemical inertia coatings on cutting tools and motor-pumps impellers, principally.

KEYWORDS: Electrochemical Corrosion, Erosion, Physical Vapor Deposition, Polarization Curves, TiN, CrN.

1. INTRODUCCIÓN

La evolución en el proceso de deposición física fase vapor (PVD) contribuye ampliamente a la aplicación de películas delgadas de alta dureza e inercia química en herramientas de corte, herramientas decorativas, piezas de maquinas, partes estructurales y gran cantidad de elementos que exigen un excelente comportamiento en servicio debido a las condiciones severas en las que se ven expuestos. 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 si 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 [1].

La industria manufacturera del país utiliza herramientas o dispositivos como las motobombas, las cuales se desgastan y corroe rápidamente debido a las condiciones de operación a las que trabaja, originando altos costos económicos. Para evitar el deterioro precario

Fecha de Recepción: 23de Enero de 2008
Fecha de Aceptación: 01 de Marzo de 2008

HARVEY PAYÁN

Ingeniero de Materiales
Universidad del Valle
harbeckam55@hotmail.com

WILLIAM APERADOR

Físico, M.Sc.
Profesor Escuela Ingeniería de Materiales.
Universidad del Valle
wiapch@yahoo.es

ALEJANDRO VARGAS

Estudiante Ing. De Materiales
Universidad del Valle
alejvaus@univalle.edu.co

de los componentes de las motobombas se ha optado por fabricar sus partes con una amplia gama de materiales tales como aceros inoxidables, níquel, caucho entre otras alternativas [2,3,4]. A través de los recubrimientos duros aplicados en las herramientas, es posible incrementar su dureza, disminuir el coeficiente de fricción, aumentar la resistencia al desgaste y a la fatiga, con lo que se logra un incremento en la vida útil de hasta un 800%, lo que puede significar un aumento en la producción de la empresa de un 60% [5,6].

En este artículo se hace un análisis del comportamiento frente a la corrosión-erosión de dos recubrimientos cerámicos (TiN y CrN), depositados sobre un acero de bajo carbono mediante la técnica de Magnetron Sputtering Reactivo (PVD), a través de curvas de polarización electroquímica.

2. CONTENIDO

2.1 Desarrollo Experimental

2.1.1 Materiales.

Los materiales utilizados para los ensayos de corrosión-erosión fueron: Acero AISI 1045 sin recubrimiento, Acero AISI 316 (Patrón de comparación), Acero AISI

1045 recubierto con TiN, Acero AISI 1045 recubierto con CrN, ambos recubrimientos estequiométricos 1:1. Las composiciones químicas nominales de los aceros son presentadas a continuación en la siguiente tabla:

ELEMENTO	AISI 1045	AISI 316
Carbono (C)	0.42	0.08
Hierro (Fe)	98.60	69.34
Manganeso (Mn)	0.80	2.0
Silicio (Si)	_	1.0
Cromo (Cr)	_	18
Níquel (Ni)	_	9.5
Fósforo (P)	0.02	0.045
Azufre (S)	0.03	0.03

Tabla 1. Composición química nominal (% en peso) de los aceros AISI 1045 y AISI 316.

2.1.2 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 espesor. 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.

2.1.3 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 donde se ubica 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.



Figura 1. Equipo construido para ensayos de corrosión-erosión

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 H₂SO₄ + 3.5% en peso de NaCl. Para la evaluación electroquímica del sistema de interés se utilizó un equipo Gamry PCI4 y 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 Calomel y 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.

2.2. Resultados

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 picado.

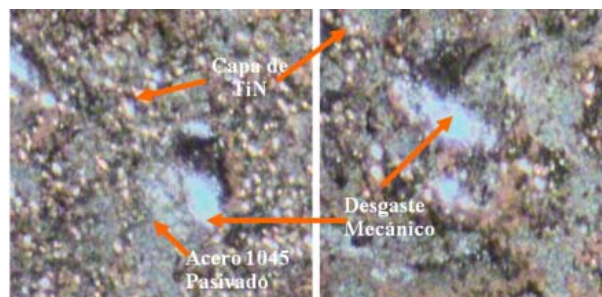


Figura 2. Aspecto superficial del acero 1045 recubierto con TiN después del ensayo de Corrosión-Erosión en condiciones de ángulo rasante (30°) y normal (90°). 120X

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°:

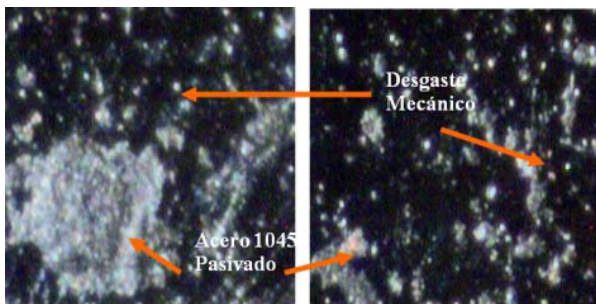


Figura 3. Aspecto superficial del acero 1045 recubierto con CrN después del ensayo de Corrosión-Erosión en condiciones de ángulo rasante (30°) y normal (90°). 120X

Para ambos ángulos de incidencia se puede observar que parte de la capa de CrN y Cr puro fue desprendida del sustrato, sin embargo el comportamiento tafeliano nos muestra que en ambos casos fue el material más noble respecto a la solución y presenta menor densidad de corriente que el TiN debido posiblemente a que los óxidos que forma este nitruro en su superficie son mucho más protectores que los del TiN. Esto también explica porque el CrN tiene un comportamiento similar al acero inoxidable.

Es bien conocido que el buen comportamiento frente a la corrosión que exhiben los aceros inoxidables 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. 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 (Patrón de comparación) 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 y Fig. 5, 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 de ataque químico de características muy agresivas conocido como "rendija" (crevice). Aquí, el medio corrosivo se puede alojar entre la película protectora (TiN, CrN) 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.

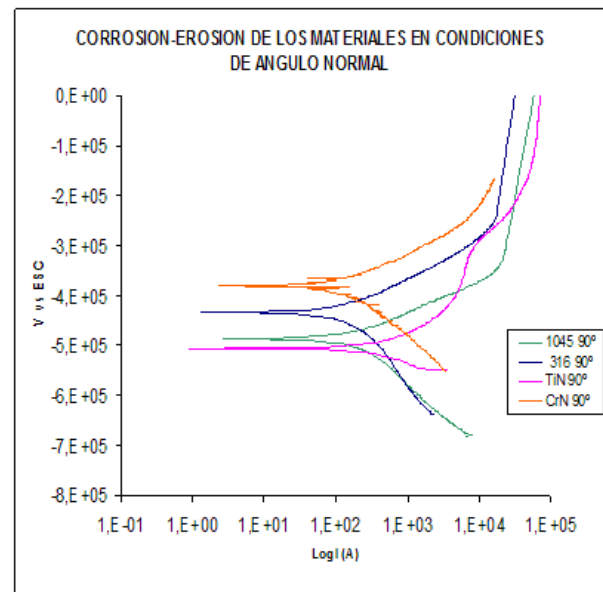


Figura 4. Curvas de Polarización Dinámicas para los materiales en condiciones de ángulo normal (90°) para el ensayo de corrosión-erosión.

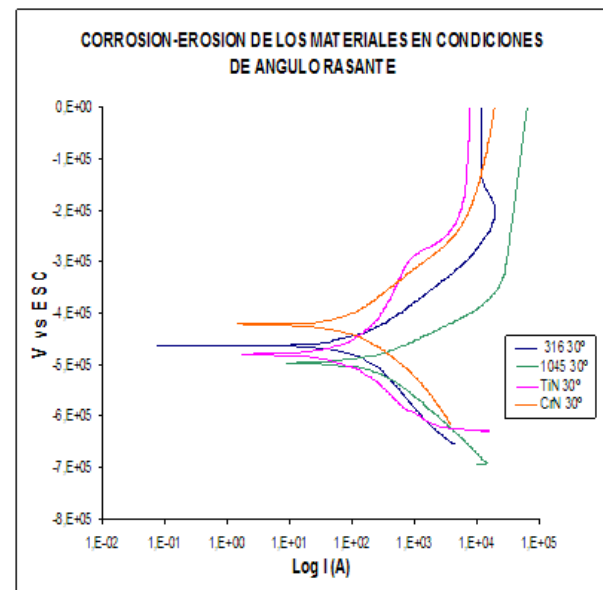


Figura 5. Curvas de Polarización Dinámicas para los materiales en condiciones de ángulo rasante (30°) para el ensayo de corrosión-erosión

3. CONCLUSIONES

- a) 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 rendija (crevice) y corrosión galvánica.

- b) 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.
- c) 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.
- d) 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.

3. BIBLIOGRAFÍA

- [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] Finnie, I. “Some reflections on the past and the future of Erosion”, Wear, 186-187, 1995,1-10
- [3] G. Bejarano, B. Seth, A. Devia, P. Arango, J. Roque, G. Montealegre. “Optimización de los Parámetros de deposición del TiN Sobre Aceros Tipo Herramienta Obtenidos por la Tecnología Magnetron Sputtering”. Informador Técnico 67 2003.
- [4] Roco M.C., “Wear mechanisms in centrifugal slurry pumps”. Corrosion, Vol. 46, N° 5, 1990, 424-431
- [5] 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
- [6] J. Piippo, B. Elsener, H. Bohni. “Electrochemical characterization of TiN coatings”. Surface and Coatings Technology. 61 (1993) 43-46.
- [7] Fontana, M., Greene, N. Corrosion engineering. Mc Graw Hill, 1978.
- [8] C. Mendibide, P. SteyerT, J.-P. Millet. Formation of a semiconductive surface film on nanomultilayered TiN/CrN coatings and its correlation with corrosion protection of steel. Surface & Coatings Technology 200 (2005) 109– 112
- [9] G. Bejarano, B. Seth, A. Devia, P. Arango, J. Roque, G. Montealegre. Optimización de los Parámetros de deposición del TiN Sobre Aceros Tipo Herramienta Obtenidos por la Tecnología Magnetron Sputtering. INFORMADOR TECNICO 67 2003.
- [10] C. T. Kwok, H. C. Man, F. T. Cheng. Cavitation erosion–corrosion behaviour of laser surface alloyed AISI 1050 mild steel using NiCrSiB. Materials Science and Engineering A303 (2001) 250–261.
- [11] Knotek, O. – Schrey, A. – “Hard and Protective Materials, Introduction”, Handbook of thin films process technology, 1996.