# NITRURACION POR PLASMA DEL ACERO AISI SAE 1020 CON UNA CAPA DE CROMADO ELECTROLITICO

*Diego A. Cañadulce[1*], Paulo Velasquez[1]*


- ✓ Este artículo forma parte del "Volumen Suplemento" **S1** de *la Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales* (*RLMM*). Los suplementos de la RLMM son números especiales de la revista dedicados a publicar memorias de congresos.
- ✓ Este suplemento constituye las memorias del congreso "*X Iberoamericano de Metalurgia y Materiales (X IBEROMET)*" celebrado en Cartagena, Colombia, del 13 al 17 de Octubre de 2008.
- ✓ La selección y arbitraje de los trabajos que aparecen en este suplemento fue responsabilidad del Comité Organizador del *X IBEROMET*, quien nombró una comisión *ad-hoc* para este fin (véase editorial de este suplemento).
- ✓ La *RLMM* no sometió estos artículos al proceso regular de arbitraje que utiliza la revista para los números regulares de la misma.
- ✓ Se recomendó el uso de las "Instrucciones para Autores" establecidas por la *RLMM* para la elaboración de los artículos. No obstante, la revisión principal del formato de los artículos que aparecen en este suplemento fue responsabilidad del Comité Organizador del *X IBEROMET*.


0255-6952 ©2009 Universidad Simón Bolívar (Venezuela) 

*Suplemento de la Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales* 2009; **S1** (4): 1569-1572

# NITRURACION POR PLASMA DEL ACERO AISI SAE 1020 CON UNA CAPA DE CROMADO ELECTROLITICO

*Diego A. Cañadulce[1*], Paulo Velasquez[1]*

1: Facultad de Ingeniería Aeronáutica, Universidad de San Buenaventura sede Bogota, Colombia

**E-mail: dialcaci@hotmail.com ,ingpaulocesar@hotmail.com*

Trabajos presentados en el X CONGRESO IBEROAMERICANO DE METALURGIA Y MATERIALES IBEROMET
Cartagena de Indias (Colombia), 13 al 17 de Octubre de 2008

*Selección de trabajos a cargo de los organizadores del evento*

Publicado On-Line el 29-Jul-2009
Disponible en: *www.polimeros.labb.usb.ve/RLMM/home.html*

**RESUMEN**

Una fina capa superficial de (NT) se genera en un acero 1020 que es cromado previamente mediante el proceso de "electrolisis" aumentando sus propiedades mecánicas (corrosión , terminado superficial, dureza) para luego adherir una capa homogénea de nitruro de titanio (NT), este sistema de deposición se realiza mediante PAPVD (deposición física de vapores activado por plasma) utilizando la técnica de deposición mediante arco eléctrico en alto vacío dando como resultado una vaporización física de átomos debido a una energía cinética desarrollada que en este caso corresponden a las de un blanco de Titanio, estas se adhieren en la superficie solida del acero. El análisis de esta estructura se realiza por medio de equipos especializados tales como (XRD) difracción de rayos X para analizar el enlace de la capa generada de (NT) ,(SEM) microscopio electrónico de barrido.

***Palabras claves:*** *electrolisis, Deposición física de vapores activados por plasma*

**ABSTRACT**

A thin layer of (NT) is generated in a 1020 steel ASI/SAE that is chromed previously through the process of "electrolysis" increasing its mechanical properties (corrosion, surface, hardness) to adhere then a layer of homogeneous titanium nitride (NT) This system is realized by PAPVD deposition (Plasma Assisted Physic Vapor Deposition) using the technique of cathode arc evaporation in a high vacuum resulting a physical evaporation of atoms due to a kinetic energy that developed in this case in a Titanium aim, these reacts on the surface of solid steel. The analysis of this structure is done by specialized equipments such as (XRD) X-ray diffraction to analyze the link layer generated (NT) between de chrome and substrate and (SEM) scanning electron microscope to study the chemistry composition and the morphology, the study of molecules, etc.

***Keywords****: electrolysis, Physical vapor deposition activated plasma*

## 1. INTRODUCCION

El análisis y estudio de nuevos materiales compuestos pretende la aplicabilidad de distintos materiales metálicos que han sido recubiertos mediante distintos métodos en este caso PAPVD (deposición física de vapores activado por plasma) mediante la técnica de arco pulsado por otros metales u/o compuestos químicos con el fin de mejorar propiedades mecánicas correspondientes a dureza superficial, resistencia al desgaste, resistencia a altas temperaturas, alto nivel de corrosión entre otras con lo cual se pretende la incorporación de dichos avances a la industria colombiana y dado los resultados al campo aeronáutico con el propósito de aumentar el rendimiento, rentabilidad y seguridad de los equipos y sistemas de partes o piezas a utilizar. Este estudio es necesario dado que en la actualidad se viene incrementando en los distintos diseños de maquinas mayor exigencia operacional y por ende materiales adecuados y de mayor confiabilidad para un desarrollo fructífero.

Teniendo como referencia el acero ASI-SAE 1020 que está caracterizado y descrito de mayor fortaleza

que el 1018 y menos fácil de conformar. Responde bien al trabajo en frío y al tratamiento térmico de cementación. La soldabilidad es adecuada. Por su alta tenacidad y baja resistencia mecánica es adecuado para elementos de maquinaria. Su norma involucrada es ASTM A108, las propiedades mecánicas que posee es Dureza: 111 HB; Esfuerzo de fluencia: 205 MPa (29700 PSI); Esfuerzo máximo: 380 MPa (55100 PSI); Elongación: 25%; Reducción de área: 50%; Módulo de elasticidad 205 GPa (29700 KSI); Maquinabilidad 72%. (Como propiedades físicas posee: Densidad 7.87 g/cm3 (0.284 lb/in3). Y como propiedades químicas 0.18 – 0.23 % C; 0.30 – 0.60 % Mn; 0.04 % P máx., 0.05 % S máx. y 0.15% - 0,3% (Si) entre otros mostrados en la tabla 1, las cuales se analizaran luego de realizar el tratamiento de cromado y nitruro de Titanio mediante PAPVD dando como resultado un aumento sustancial en dichas propiedades.

**Tabla 1**.Composición Acero AISI SAE 1020

| Chemical Composition of AISI 1020 (WT.%) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Element | C | Mn | Si | Cr | Ni | Mo | W | S | Cu | P |
| Wt.% | 0.18 | 0.54 | 0.27 | 0.08 | 0.05 | 0.010 | 0.031 | 0.051 | 0.026 | 0.019 |

También se proyectan u/o visualizan nuevas aplicaciones y tratamientos térmicos respecto a este proceso pues se tiene como referencia del ASI/SAE 1020 el cual es utilizado en la actualidad en la condición de cementado donde la resistencia al desgaste y el tener un núcleo tenaz es importante. Es utilizado completamente endurecido mientras se trate de secciones muy delgadas. Se puede utilizar para ejes de secciones grandes y que no estén sometidas a esfuerzos. Otros usos incluyen engranes ligeramente esforzados con endurecimiento superficial, pines endurecidos superficialmente, piñones, cadenas, tornillos, componentes de maquinaria, prensas y levas. Se puede cementar para aumentarle la resistencia al desgaste y su dureza mientras que el núcleo se mantiene tenaz. Se puede recocer a 870 °C y su dureza puede alcanzar los 111 HB, mientras que con normalizado alcanza los 131 HB.

**Tabla 2** propiedades mecánicas acero AISI SAE 1020

| **Estado De Suministro** | **Laminado En Caliente** | **Calibrado** |
|---|---|---|
| Resistencia a la Tracción ( kg/mm) | 40 | 55 |
| Limite elástico ( kg/mm) | 31 | 38 |
| Alargamiento % | 25 | 15 |
| Reducción de Área % | 45 | 30 |
| Dureza Brínell Aprox | 140 /180 | 180/220 |

## 2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Este acero es una barra de 1/8 de Pul. la cual es debidamente cortada en torno en espesores de 4 mm. Luego la superficie se prepara con lijas de diferente granulometría desde 60 a 1200 hasta llegar un pulido tipo espejo que genere una mayor adherencia entre la capa de cromo y TIN.

El paso siguiente es realizarle un baño de cromado el cual se realiza por electrolisis (extensivamente usado en la industria para proteger metales de la corrosión y mejorar su aspecto) utilizando una temperatura que están alrededor de los 60ºC. El proceso de cromado ocurre con una descomposición de ánodo- deposición en cátodo y se separan a una distancia de 1centímetro y el voltaje aplicado es de 1v.

Antes de realizar este proceso se debe limpiar muy bien los componentes para que no tengan impurezas o residuos óxidos que pueden afectar dicho cromado.

Antes de generar la capa de TIN en la superficie de cromo las probetas son ubicadas en una cuba ultrasónica con una cantidad de cetona que recubre la pieza con la cual se limpian las impurezas residuales y contaminantes que estén presentes en dicha superficie; en condiciones adecuadas se introduce la probeta en el reactor donde en condiciones variables de voltaje, distancia ánodo/cátodo, y vacio obtenido en la cámara (presión) se logra un adecuado crecimiento de TIN.

El espesor del recubrimiento de la capa es la longitud característica de la película medida en la dirección perpendicular de la superficie del substrato; cuando se realiza un recubrimiento por medio de técnicas de plasma se tiene un rango de $10^{-1}$ a $10^{4}$ μm, la adherencia que se obtiene depende

del espesor del recubrimiento, cuando los espesores superan cierto valor critico las tensiones pueden llegar a producir un desprendimiento espontaneo de la película. Por otra parte cuando se tiene un mayor espesor de recubrimiento este le da mayor rigidez y aumenta su capacidad portante con esto se produce una menor deformación del conjunto recubrimiento-substrato.
La caracterización del sustrato obtenido se realiza mediante difracción de rayos X con lo cual se identifican: textura cristalográfica, los enlaces generados y la relación de energía de las moléculas en la superficie respecto a la capa de cromo y el acero medida en Counts y con ángulos de difracción variables; este equipo utiliza un haz monocromático dispersando rayos en todas las direcciones, estos rayos golpean ciertos planos a diferentes ángulos los cuales se refuerzan en vez de eliminarse, para esto debe cumplirse la ley de Bragg.

El microscopio electrónico de barrido (SEM) nos da como resultado la composición química de la capa, morfología, estudio de moléculas, entre otros.

El funcionamiento básico de este equipo (SEM) es por medio de un haz de electrones constituido por un filamento que en este caso llamaremos cátodo y un ánodo en el que finalmente llegaran los electrones; los electrones chocan contra los átomos de la muestra y se generan diferentes tipos de señales captadas por detectores los cuales proyectan la señal.

## 3. RESULTADOS

SISTEMA SEM MICROSCOPÌA DE ELECTRONICA.

Acero ASI/SAE1020 cromado y crecido con nitruro de titanio bajo condiciones mostradas en la Tabla 3 realizada sobre una supericie plana.

En la grafica se identifican claramente los picos correspondientes a los elementos encontrados es el acero cromado junto a la energía de las líneas $_{e}V$ , símbolo químico del elemento y la identificación de las líneas K, L, M, de los elementos correspondientes y Z símbolo químico del elemento teniendo como base de datos.

**Tabla 3.** Condiciones para generar la deposición de TIN en el reactor

| ACERO ASI/SAE 1020 CROMADO CONDICIONES DE DEPOCISION PARA TIN | |
|---|---|
| PRESION DE TYRABAJO (mbar) | 1.1 |
| ATMOSFERA | NITROGENO N2 |
| DESCARGA POTENCIAL (volt) | 260 |
| DISTANCIA ANODO/ CATODO (mm) | 13 |
| NUMERO DE ARCOS | 5 |
| TIEMPO ENTRE ARCOS (SEG) | 1,5 |

**Tabla 4.** Líneas características (KeV)

| ELEMENTO | Z | Kα | Kβ | Lα |
|---|---|---|---|---|
| Ti | 22 | 4.508 | 4.931 | 0.452 |
| Cr | 24 | 5.411 | 5.946 | 0.573 |
| Ni | 28 | 7.471 | 8.263 | 0.851 |

Tabla de línea característica respecto a la diferencia de energías entre orbitas dadas por fotones (Kα, Kβ) para los elementos de investigación titanio (Ti), cromo (Cr) y níquel (Ni) de Tabla de identificación de elementos (EPIC).

**Tabla 5.** Resultados Obtenidos

| **Elements** | **Z** | **Wt %** | **At %** |
|---|---|---|---|
| ***C K*** | ***6*** | 06.02 | 10.87 |
| ***N K*** | ***7*** | 42.86 | 66.37 |
| ***NiL*** | ***28*** | 03.43 | 01.27 |
| ***TiK*** | ***22*** | 44.93 | 20.34 |
| ***CrK*** | ***24*** | 02.76 | 01.15 |

Los resultados mostrados a continuación muestran el análisis respectivo de la capa de TiN sobre una superficie previamente cromada, dados los

resultados se muestra una composición de un alto contenido de titanio y nitrógeno donde se resalta el componente preconcebido como lo es el cromo y níquel, también se aprecia el carbono percibiéndose la composición del acero. El contenido de los componentes está dado en un porcentaje mostrado a continuación:

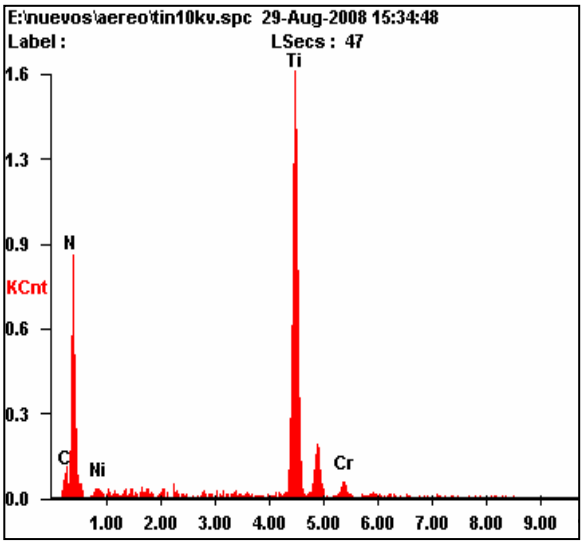
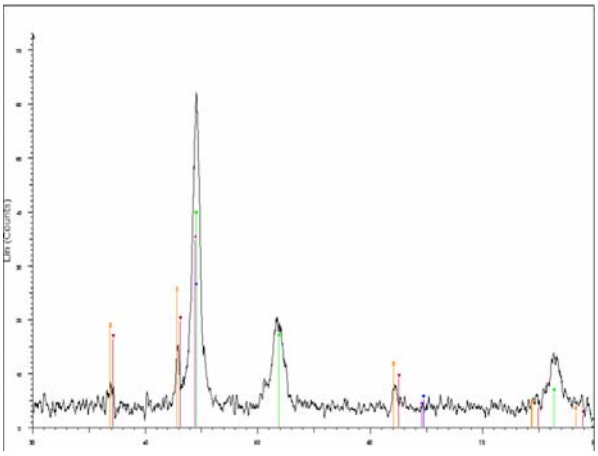



**FIGURA 1.** Espectro generado por el equipo SEM

En la figura 1 se aprecia un espectro de energía de rayos X emitidos cuando un haz de electrones de $K_eV$ incide sobre el TiN cromado. Se he marcado el espectro continuo y el espectro característico, en esta aparece indicada la escala vertical (VS) y la escala horizontal (VS).



Escala 2-Theta

**FIGURA 2.** Difracción de rayos x

En la figura se aprecia la relación de energía medida en Counts de (0- 70) y los ángulos de difracción que están entre 30 y 80, mostrados en el eje Y y X respectivamente.

El pico muestra la presencia de Níquel y Cromo ubicado entre el rango de 15º y 30º; la velocidad de barrido fue de 1 deg/min. y una longitud de onda (λ) de 1.5406.

## 4. CONCLUSIONES

Se creció una capa de TiN mediante la técnica de arco catódico sobre un substrato el cual corresponde a un acero ASI/SAE 1020, la deposición es fruto de una limpieza adecuada en cubeta ultrasónica y numero de arcos necesarios con lo cual se logro una fase satisfactoria entre Cromo y TiN.

Por medio de difracción de rayos x se pudo determinar la composición de los elementos químicos de la probeta y poder apreciar los elementos que tienen una mejor adherencia en la superficie.

## 5. AGRADECIMIENTOS

Universidad Nacional sede Manizales, en especial a los Ingenieros Físicos Pedro José Arango, Rogelio Ospina, Diana Galeano, Santiago Vargas los cuales nos brindaron toda su colaboración para el correcto funcionamiento de los equipos utilizados.

A nuestro asesor, Ingeniero Carlos Bohórquez el cual nos brindo el apoyo necesario durante todo el proceso de investigación.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. P.B.Ghate "Deposition Techniques and Microelectronics Applications"
2. J.L.Zilko "Metal Organic Chemical Vapor Deposition
3. F.F.Chen "Introduction to Plasma and Controlled Fusion", Vol. 1
4. G.Schmidt "Physics of High Temperature Plasmas", $2_{nd}$ edition, 1979
5. J.LCecchi "Handbook of plasma processing Technology", Cap, 1982
6. R.J.Goldston P.H. Rutherford. "Introduction to Plasma Physics", IOP Publishing. Bristol, 1993
7. C.M.Horwitz "Hollow cathode etching and deposition" Cap. 12 "Handbook of Plasma Processing Technology, 1990.
8. H.O.Pierson, "Handbook of Chemical Vapor Deposition. Principles Technology and Applications", USA, 1992.