

# COMPORTAMIENTO DEL ACERO AISI-SAE 1025 NITRURADO MEDIANTE DESCARGA DE BARRERA DIELÉCTRICA A PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Héctor Jaime Dulce Moreno<sup>1</sup> and Germán Contreras de la Ossa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Investigación en Tecnología Cerámica GITEC.  
Universidad Francisco de Paula Santander (UFPS) AA. 1055. Cúcuta.

<sup>2</sup> Grupo INTEGRAR Universidad de Pamplona. Pamplona

## I. RESUMEN

Se presenta la implementación de una descarga de barrera dieléctrica a presión atmosférica, para utilizarla en tratamiento de nitruración del acero AISI-SAE 1025. Para tal tratamiento se genera un pulso positivo generado por un transformador de alto voltaje (bobina), con el acople de una fuente de señal de 24 V y frecuencia de 15.58 KHZ.

Los tratamientos de duración 10, 15, y 30 minutos respectivamente con sesiones de 5 minutos y reposo de 2 minutos, dando como resultado un aumento en la dureza del acero, análisis realizado con un durómetro Wilson Rockwell 2000 y de microdureza mediante un microdurómetro HVS 1000.

## II. ABSTRACT

The following report presents the implementation of a dielectric barrier discharge at atmospheric pressure for use in treatment of steel AISI-SAE 1025 nitriding. For this treatment generates a positive pulse generated by a high voltage transformer with the coupling of a source of signal of 24 V and frequency of 15.58 KHZ.

The treatments were for 10, 15, 30 minutes respectively sessions of 5 minutes and rest 2 minutes, resulting an increase in the hardness of steel, with an analysis Wilson Rockwell durometer and 2000 using a microhardness microdurómetro HVS 1000.

**Palabras clave:** Descarga de barrera dieléctrica a presión atmosférica (DBDPA), Nitruración.

**Keywords:** Dielectric barrier discharge pressure atmospheric , Nitriding.

## III. INTRODUCCIÓN

La aplicación de las Descargas eléctricas en el tratamiento superficial de materiales y síntesis de compuestos químicos, ha sido una alternativa que ha permitido la implementación de tratamientos más eficientes que los ya existentes como es el caso de la nitruración en descargas luminiscentes, en contraposición al proceso de nitruración en atmósfera gaseosa [1]. El advenimiento de los trabajos e investigaciones de la última década ha permitido incorporar ampliamente al

campo de aplicaciones tecnológicas, la Descarga de Barrera Dieléctrica, la cual se conoce desde el siglo pasado pero su aplicación esta bastante limitada a una serie de procesos, como el proceso de ozonización [2], [3].

Las descargas de barrera dieléctrica (DBD) son descargas caracterizadas por la presencia de una capa o barrera de material dieléctrico, que cubre por lo menos uno de los electrodos, la cual puede funcionar a presión atmosférica con muchas aplicaciones industriales; se puede utilizar como medio gaseoso cualquiera de los siguientes gases inorgánicos: argón, oxígeno, aire, nitrógeno o Hidrocarburo [4 – 6].

Una técnica eficiente en el tratamiento de superficies, es la nitruración iónica, que consiste en un proceso de difusión termoquímica con el cual se consigue la formación de una capa superficial dura por absorción y difusión de Nitrógeno, asistido por plasma, presentando con este tratamiento una mayor dureza superficial, resistencia al desgaste, la fatiga y a la corrosión; Poniendo en ventaja al tratamiento vía plasma en frente a los procesos convencionales [7], [8].

#### **IV. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL**

Para el tratamiento de Nitruración vía plasma es necesario optimizar la descarga de barrera dieléctrica a presión atmosférica, por lo tanto el primer paso fue caracterizar la descarga con el objetivo de relacionar las diferentes variables que intervienen durante el proceso. Con voltaje de 24V y un aumento de la frecuencia hasta de 15.58 KHz, se obtuvo resonancia en el transformador de alto voltaje (bobina) de 1680V con una corriente de 8 mA para producir la DBDPA y así obtener el acople de las impedancias de la descarga y la fuente de señal. El flujo de trabajo de nitrógeno se trato de mantener en todos los tratamientos en torno a un valor constante, el cual fue de 0.4 l/h. Con estos parámetros se trabajó el proceso de nitruración en las diferentes probetas de acero AISI-SAE 1025.

Con rangos de frecuencia de 1- 15 KHz y voltaje de 1.2-2,4 KV, trabajaron: Z. Chen [9], R. Valdivia-Barrientos [10] y G. Scarduelli [11]. Con descarga incandescente y de barrera dieléctrica respectivamente el primero y los dos últimos, mostrando buen comportamiento de la descarga a presión atmosférica, en el proceso de modelamiento de la descarga y análisis químico de metano-nitrógeno.

Las dimensiones de las probetas de acero AISI-SAE 1025 utilizadas para el tratamiento de nitruración, son las siguientes:  $\varnothing = 34.9\text{mm}$  y  $h = 9\text{mm}$ . Estas probetas de forma cilíndricas con las dimensiones anteriores se pulieron hasta obtener brillo metalográfico, mediante pulido consecutivo con papel lija de 300, 600 y 1000, luego se brillaron mediante paño y alúmina; Posteriormente se lavaron con alcohol para remover trazas de grasa y óxidos a nivel superficial.

Las figura 1 y 2 muestran las probetas de acero AISI-SAE 1025 tratadas con proceso de nitruración; En el siguiente orden, teniendo en cuenta el tiempo de tratamiento:

1. Probeta 1, 5 minutos.
2. Probeta 2, 10 minutos.
3. Probeta 3, 15 minutos.
4. Probeta 4, 30 minutos.



Figura 1: Probeta 1 y Probeta 2 de acero AISI-SAE 1025, tratadas.



Figura 2: Probeta 3 y Probeta 4 de acero AISI-SAE 1025, tratadas.

## V. ANÁLISIS DE PROBETAS

**PRUEBA DE DUREZA:** Las pruebas de dureza HRA, se realizaron mediante un durómetro Wilson Rockwell 2000 con carga de 60 Kg; Se realizaron 3 pruebas a

cada probeta tratada. La tabla I muestra los datos obtenidos con su respectivo valor promedio para cada probeta y su desviación estándar.

**PRUEBA DE MICRODUREZA:** Las pruebas de microdureza HV, se realizaron mediante un microdurómetro HVS 1000; Se realizaron 4 pruebas a cada probeta tratada. La tabla II muestra los datos obtenidos con su respectivo valor promedio para cada probeta y su desviación estándar.

Muestra	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	$\bar{x}$	$\sigma$
Blanco	57.5	57.1	57.3	57.3	0.11547
Tratada 5 min	57.8	57.5	57.4	57.56667	0.12019
Tratada 10 min	58.8	58.8	59	59.86666	0.06667
Tratada 15 min	58.7	58.1	59.2	58.66667	0.31798
Tratada 30 min	57.4	57.3	57.9	57.53333	0.18559

Tabla I: Prueba de dureza al acero AISI-SAE 1025 Nitrurado.

Muestra	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	$\bar{x}$	$\sigma$
Blanco	226	230	228	230	228.5	0.957
Tratada 10 min	231	236	234	236	234.25	1.18145
Tratada 15 min	241	254	253	249	249.25	2.95452
Tratada 30 min	334	329	334	326	327.25	3.81936

Tabla II: Prueba de microdureza al acero AISI-SAE 1025 Nitrurado.

## VI. CONCLUSIONES

El procesamiento de superficies por plasma ha tenido un gran desarrollo en las últimas décadas, en especial la nitruración iónica; en consecuencia el estudio de las superficies modificadas según las variables de tratamiento son de suma importancia en virtud de predecir las estructuras resultantes.

Con los parámetros utilizados para producir la DBDPA, para la utilización en el proceso de nitruración iónica los resultados obtenidos dependiendo del tiempo de tratamiento, evidencian el aumento en la dureza del acero AISI-SAE 1025 en los siguientes porcentajes, tabla III:

Muestra Nitrurada	Incremento (%)
Tratada 5 min.	0.46
Tratada 10 min.	4.28
Tratada 15 min.	2.32
Tratada 30 min.	0.40

Tabla III: Incremento de la dureza al acero AISI-SAE 1025 Nitrurado.

Con estos resultados, el mejor tratamiento se logró con tiempo de 10 minutos. Aunque con los otros también se logró aumento, se verifica, que con el proceso de nitruración se logra aumentar la dureza del acero.

Similarmente los resultados obtenidos dependiendo del tiempo de tratamiento, evidencian el aumento en la microdureza del acero AISI-SAE 1025 en los siguientes porcentajes, tabla IV:

<b>Muestra Nitrurada</b>	<b>Incremento (%)</b>
Tratada 10 min.	2.45
Tratada 15 min.	8.32
Tratada 30 min.	30.17

Tabla IV: Incremento de la microdureza al acero AISI-SAE 1025 Nitrurado

Con estos resultados, el mejor tratamiento se logro con tiempo de 30 minutos. Aunque con los otros también se logro aumento, se verifica, que con el proceso de nitruración se logra aumentar la microdureza del acero.

Estos aumentos en la dureza y microdureza del acero AISI-SAE 1025 eran predichos, por la formación principalmente de nitruros de hierro durante el proceso, como lo confirman también los investigadores: L. Corengia, L. Bermudez, M. quintero [12], en la caracterización de aceros al Cr-Mo tratados por nitruración iónica. Con la diferencia que ellos trabajaron en vacío, con 850V.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1], Y. Kim, W.Kang, J. Park, S. Hong. Experimental and numerical analysis. of streamers in pulsed corona and dielectric barrier discharges. IEEE Transactions on plasma sciencie. Vol 32 No 1, Febrero de 2004.
- [2], K. Tachibana, T. Kishimoto, T. Sakai and T. Shirafuji. Diagnostics of dielectric barrier discharges operating at atmospheric pressure with two different electrode structures. Kyoto 615-8510, Japan. 2006.
- [3], I.Radu, R. Bartnikas, and M.R. Wertheimer. Frecuency and Voltage Dependence of Glow and Pseudoglow Discharges in Helium under atmospheric pressure. IEEE Trans. Plasma Sci. ,Vol 31 N° 6. Pp1363- 1378.2003.
- [4], Aplicaciones de plasma a baja presión al textil. AITEX.2003.
- [5], J. Pacheco Sotelo. Aplicaciones de descargas de Plasma. Contacto nuclear. ININ.2005.
- [6], K. Tachibana, T. Kishimoto, T. Sakai and T. Shirafuji. Diagnostics of dielectric barrier discharges operating at atmospheric pressure with two different electrode structures. Kyoto 615-8510, Japan. 2006.
- [7], K. Seung, L. Hwaung, S. Hyung. Methane conversion with-sol-gel-derived catalyst in a dielectric-barrier discharge. Departament of Environmental Engineerng. Donghae University. Korea.2005.

[8], Y.T. Xi, D.X. Liu, D. Han. Improvement Of Mechanical Properties Of Martensitic Stainless Steel By Plasma Nitriding At Low Temperature. Sciencedirect. Vol.21 No.1. Pp: 21-29 Feb. 2008

[9], Z.Chen. Impedance Matching for One Atmosphere Uniform Glow Discharge Plasma (OAUGDP) Reactors. Transactions On Plasma Science. IEEE. VOL 30. 2002.

[10], G. Escarduelli, P. Franceschi, G. Guella y otros. 28<sup>th</sup> ICPIG. Prague. 2007.

[11], R. Valdivia-Barrientos, J. Pacheco Sotelo. M Pacheco Pacheco y otros. Model of a dielectric barrier Discharge in a cylindrical reactor and experimental validation. 2005.

[12], L. Corengia, L. Bermudez, M. Quintero. Caracterización de aceros al Cr-Mo tratados por nitruración iónica. CEMEC. 1996.