



## ESTUDIO MORFOLÓGICO DE ACEROS INOXIDABLES NITRURADOS\*

*Morphological study of nitrated stainless steels*

*Diego Fernando Arias Matens\*\**

*Santiago Vargas Giraldo\*\*\**

*Juan Manuel Vélez\*\*\*\**

\* El artículo muestra los resultados preliminares del proyecto de investigación titulado "Estudio de los Esfuerzos Residuales de aceros H13 nitrurados y nitrocarburos por plasma" de la Universidad Católica de Pereira en convenio con la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.

\*\* Ingeniero Químico, Maestría en Física, PhD en Ingeniería. Docente investigador Universidad Católica de Pereira. Contacto: [diego.arias@ucp.edu.co](mailto:diego.arias@ucp.edu.co)

\*\*\* Ingeniero Físico. MSc. en Materiales. Contacto: [sanvargas@gmail.com](mailto:sanvargas@gmail.com)

\*\*\*\* Ingeniero Mecánico. Maestría en Ingeniería Metalúrgica. PhD en Ingeniería Metalúrgica. Contacto: [velez@unal.edu.co](mailto:velez@unal.edu.co)

**SÍNTESIS:**

Muchos de los componentes de ingeniería deben estar provistos de propiedades adecuadas en la región adyacente a la superficie del componente, pues usualmente es el lugar donde se ubican las cargas más severas. Las superficies duras pueden ser producidas en muchos componentes de acero por tratamiento de difusión termo-química como nitruración, carburación, nitro-carburación y carbo-nitruración, los cuales son ampliamente empleados en la industria. En este trabajo se muestran los primeros resultados de un estudio de morfología y mecánica de superficies de aceros AISI 420 y AISI H13 con nitruración por plasma. La superficie del acero AISI 420 presenta una mayor rugosidad que para el AISI H-13. Desde el punto de vista mecánico, la dureza para ambos aceros presenta un incremento en la dureza por encima del 600 %.

**DESCRIPTORES:**

Nitruración, acero inoxidable AISI 420, acero de trabajo en caliente AISI H-13, morfología.

**ABSTRACT:**

Many of the components of engineering must be equipped with properties from the region adjacent to the surface of the component, since this is usually the place where the most severe loads are. Hard surfaces can be produced in many steel components by Thermo-chemically diffusion treatment as nitriding, carburizing, nitro-carburization and carbo-nitriding, which are widely used in industry. This work shows the first results of morphology and mechanics study of AISI 420 steel surfaces and AISI H13 with plasma nitriding.

The steel surface AISI 420 presents a greater roughness for the AISI H-13. From the mechanical point of view, the hardness for both steels presents an increase over 600%.

**DESCRIPTORS:**

Nitriding, AISI 420 stainless steel, AISI H-13 hot work steel, morphology

## ESTUDIO MORFOLÓGICO DE ACEROS INOXIDABLES NITRURADOS

Para citar este artículo: Arias Mateus, Diego F., Vargas Giraldo, Santiago, Vélez, Juan M., (2013). "Estudio Morfológico de Aceros Inoxidables nitrurados". En: *Revista Académica e Institucional Páginas de la UCP*, N° 94: p. 33-38

Primera versión recibida el 8 de julio de 2013. Versión final aprobada el 6 de marzo de 2014

Los aceros inoxidable tienen una excelente resistencia a la corrosión, debido a la presencia de una capa nativa de pasivación; sin embargo, su desempeño tribomecánico es muy pobre. Para mejorar sus propiedades, estos aceros son sometidos a diferentes tratamientos superficiales; entre ellos está la nitruración. En general, los procesos de nitruración usan diferentes condiciones de plasma y mezclas gaseosas de nitrógeno, metano, argón e hidrógeno, para favorecer la formación de nitruros y/o nitrocauburos mejorando las propiedades mecánicas de la superficie del material (Menthe, 1995; Larisch, 1999).

La nitruración asistida por plasma se encuentra acompañada de varios mecanismos de endurecimiento que favorece el mejoramiento de las propiedades tribomecánicas del acero, tal es el caso de los fenómenos de saturación con nitrógeno de los sitios intersticiales de la estructura, logrando obtener porcentajes de nitrógeno superiores a los previstos para la estructura en afectación, varios modelos se han ocupado de explicar este fenómeno, tal es el caso del modelo de *Trapping Detrapping* de Parascandola (Parascandola 2000). Normalmente, la nitruración iónica de aceros inoxidable es realizada a temperaturas entre 400 °C a 650 °C. En la nitruración catódica se realiza una descarga *glow* en un ambiente de N<sub>2</sub> o mezcla N<sub>2</sub>/H<sub>2</sub> donde el acero tratado es ubicado en el cátodo de la descarga DC (Voltajes entre 400 a 1000 V) o DC pulsado (frecuencia en el orden de kHz).

Los iones de nitrógeno presentes en el plasma de descarga favorecen la generación de especies activas que reaccionan sobre la superficie del acero y a través de un proceso físico-químico complejo comienza a difundirse térmicamente dentro de las capas internas, en un rango de unas pocas decenas de  $\mu\text{m}$ . (Gomes, 2003).

En este artículo se presenta los resultados preliminares del estudio morfológico y de dureza de dos tipos de aceros, AISI 420 y AISI H-13, nitrurados en un proceso de nitruración catódica asistida por plasma.

### Detalle experimental

Se nitruraron dos tipos de aceros, AISI 420 y AISI H-13, en un equipo Nitros Tandem System, sistema de pared caliente fabricado por TRATAR S.A.S, con una fuente de potencia controlada pulsada de 30 kWatt. El AISI 420 fue limpiado con H<sub>2</sub>/Ar y el AISI H-13 con H<sub>2</sub> en un tiempo de 2 h; esto con la finalidad de eliminar el óxido pasivante y activar la superficie para la difusión de nitrógeno. Posteriormente se realizó el proceso de nitruración durante 10 h a una temperatura de 500 °C, con un plasma de nitrógeno e hidrógeno y con una relación en flujo de 1/3, respectivamente. La caracterización morfológica se realizó con un microscopio de fuerza atómica (AFM) Nanosurf easyScan 2 AFM en el modo de contacto y la medida de dureza con un microdurómetro con indentador Vickers, con una carga de 1 kg.

### Resultados y Discusión

En la Figura 1 se muestra la imagen AFM de la superficie del acero 420 antes de nitrurar. En ella se puede visualizar claramente las huellas del pulido. En las figuras 2 y 3 se observan los cambios morfológicos que se presentan en las dos muestras de estudio después de realizado el proceso de nitruración. Esto es coherente con lo reportado en la literatura (Yu, 2005).

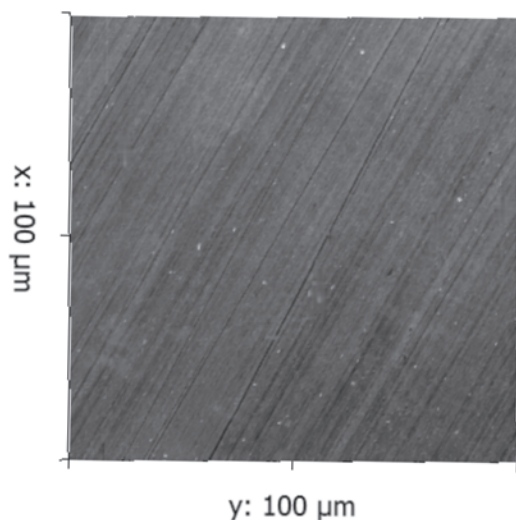


Fig.1 Imagen AFM del acero AISI 420 antes de nitrurar

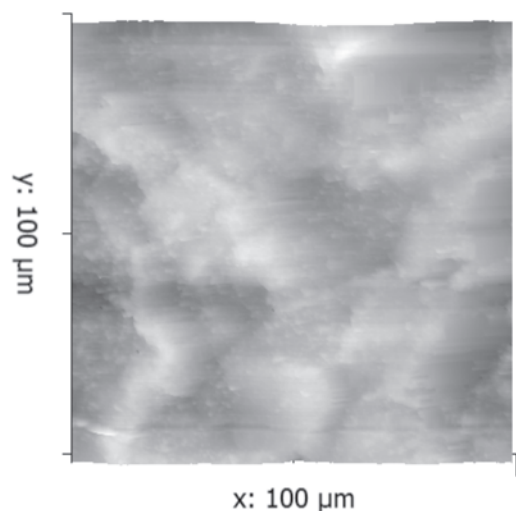


Fig.2 Imagen AFM del acero AISI 420 después de nitrurar

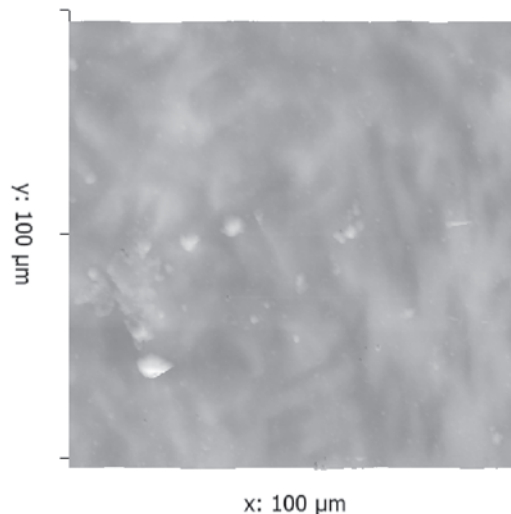


Fig.3 Imagen AFM del acero AISI H-13 después de nitrurar

La rugosidad de los aceros medidos en un área de  $10 \mu\text{m}^2$  es  $96,8 \text{ nm}$  y  $80,9 \text{ nm}$  para AISI 420 y AISI H-13, respectivamente. Estos resultados preliminares muestran una mayor irregularidad de granos en el acero 420, lo que posiblemente esté asociado a la mayor presencia de precipitados de CrN por tener un mayor contenido de Cr que en el H-13, o también puede estar asociado a la diferencia en el proceso de limpieza, donde el bombardeo de la superficie con mezclas de hidrogeno y argón es más agresivo que el desarrollado en atmosferas con solo hidrogeno. En las Figuras 4 y 5 se muestra el detalle granular de estos aceros nitrurados en un área de barrido de  $5 \mu\text{m}^2$ , con un tamaño de grano promedio de  $515 \pm 78 \text{ nm}$  para el acero 420 y  $304 \pm 44 \text{ nm}$  para el acero H-13.

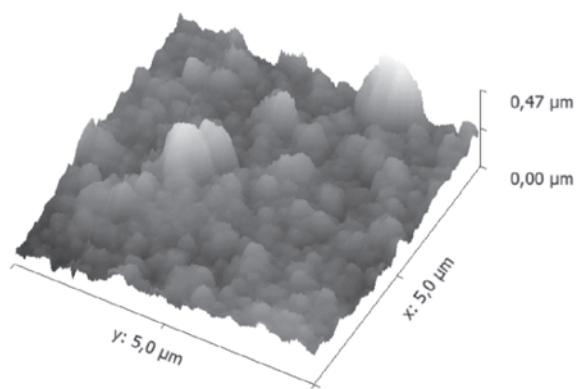


Fig. 4 Imagen AFM del acero AISI 420

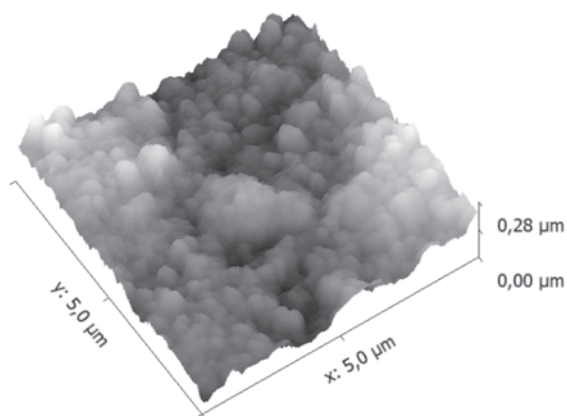


Fig. 5 Imagen AFM del acero AISI H-13

El valor de la dureza fue de  $1269 \pm 107$  HV 1kg y  $1146 \pm 31$  HV 1kg para el AISI 420 y el AISI H-13, respectivamente. La dureza promedio de los aceros sin nitrurar para el AISI 420 es 200 HV 1kg y para el AISI H-13 es 190 HV 1kg, en lo cual se observa un incremento del 634% y 603%, respectivamente. Esta diferencia de los dos aceros está asociada a la presencia de precipitados de Cr, que son los que aportan la dureza de los aceros nitrurados. El acero 420 tiene una mayor presencia de Cr; por lo tanto, es de esperarse que tenga una mayor dureza que el acero H-13.

## Conclusiones

Se nitruraron dos tipos de aceros, AISI 420 y AISI H-13, en un proceso bajo las mismas condiciones, asistido por plasma. Los resultados muestran cambios morfológicos, representados en un detalle granular en ambos materiales, con una mayor rugosidad y tamaño de grano para el acero 420. Para ambos materiales se incrementa el valor dureza por encima del 600 %, mayor para el AISI 420.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Católica de Pereira, por el apoyo en la continuidad de esta investigación; a la empresa TRATAR S.A.S., por las muestras nitruradas; y al TECNOPARQUE SENA nodo Pereira, en la Línea Biotecnología y Nanotecnología, por las medidas con el microscopio de fuerza atómica.

## Referencias

- Gomes G. F., U. M. (2003). Alternated high- and low-pressure nitriding of austenitic stainless steel. *Journal Of Applied Physics*, 5379-5383.
- Larisch B., B. U.-J. (1999). Plasma nitriding of stainless steels at low temperatures. *Surface and Coatings Technology*, 205-211.
- Menthe E., R. K.-T. (1995). Structure and properties of plasma-nitrided stainless steel. *Surface and Coatings Technology*, 412-416.
- Parascandola S, W. M. (2000). The nitrogen transport in austenitic stainless steel at moderate temperatures. *Applied Physics Letters*, (76) – 16 pg 2194 – 2196
- Yu Z. W., W. L. (2005). In situ SEM and AFM observations of surface morphology of plasma nitrided layer of austenitic stainless steel. *Materials Science and Technology*, 921-924.

