

Tópico: 21. Películas delgadas y tratamiento de superficie

Comportamiento al desgaste de un acero SAE 1045, templado por inducción posterior a la nitruración iónica.

R. Charadia^a, M. Regis^a, E. L. Dalibon^a, S. P. Brühl^a

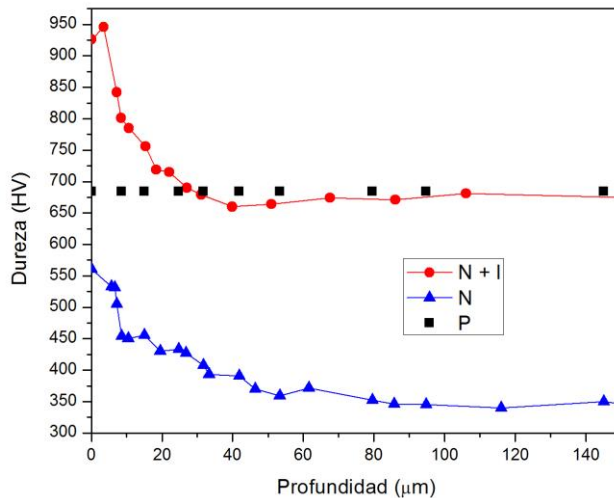
^a Grupo de Ingeniería de Superficies, Facultad Regional Concepción del Uruguay, Universidad Tecnológica Nacional, Ing. Pereira 676, E3264BTD Concepción del Uruguay, Argentina.

Email: Email: charadia@frcu.utn.edu.ar, cimettaj@frcu.utn.edu.ar, mauromoscate@yahoo.com.ar, dalibone@frcu.utn.edu.ar, sonia@frcu.utn.edu.ar

Preferencia de presentación (oral o póster): póster

Palabras Claves: nitruración por plasma, temple por inducción, AISI 1045, desgaste

Resumen Grafico:



En el gráfico se muestran los perfiles de dureza de las muestras estudiadas, donde puede observarse que la muestra con el tratamiento combinado de nitruración seguido por temple por inducción (N+I) permite obtener mayor dureza superficial y un perfil de dureza más elevado que el de la muestra sólo nitrurada con mayor profundidad de penetración. Esta muestra N + I presentó mejor comportamiento al desgaste que las demás muestras.

Tópico: 21. Películas delgadas y tratamiento de superficie

Comportamiento al desgaste de un acero SAE 1045, templado por inducción posterior a la nitruración iónica.

R. Charadia^{a,*}, M. Regis^a, E. L. Dalibon^a, S. P. Brühl^a

^a Grupo de Ingeniería de Superficies, Facultad Regional Concepción del Uruguay, Universidad Tecnológica Nacional, Ing. Pereira 676, E3264BTD Concepción del Uruguay, Argentina.

*Autor correspondiente. charadia@frcu.utn.edu.ar

ABSTRACT

Carbon steels are widely used in machinery components of the metallurgical industry, this is because its properties can be improved, i.e. it is possible to obtain high hardness and toughness at an acceptable cost by applying different techniques.

In order to increase the hardness and wear resistance of AISI 1045 steel, different treatments such as nitriding, tempering and quenching, surface induction hardening can be performed.

These treatments used individually do not yield the best results, for this reason nitriding + induction hardening (N+I) were used to obtain high surface hardness on the nitrogen steel structure.

In this work, the wear behavior of a nitrided layer obtained by a 15-hour-long nitriding treatment plus induction hardening was studied. Surface hardness and profile depth were measured. The microstructure was analyzed and the wear behavior was evaluated by pin on disk tests.

As the result of the nitriding treatment, a modified layer formed by a composite and a diffusion layer was obtained. Surface hardness increased over twice its value with the nitriding treatment and after induction hardening it was even higher and the core hardness also increased. The wear behavior was better in the in the N+I simple than in the other samples, this is not related to not only surface hardness but core hardness which increased the load bearing capacity.

Keywords: plasma nitriding, induction hardening, AISI 1045, wear

RESUMEN

Los aceros al carbono son ampliamente utilizados en la industria metalmeccánica en los componentes de las maquinarias; esto se debe a que se puede mejorar sus propiedades: como obtener alta dureza y tenacidad a un costo aceptable aplicando diferentes técnicas.

Un caso particular de esto es el acero AISI 1045. Para incrementar su dureza y resistencia al desgaste se pueden realizar diferentes tratamientos, como por ejemplo, la nitruración por diferentes técnicas, el temple tradicional con posterior revenido, o bien lo más usual es con la técnica de temple superficial por inducción.

Estos tratamientos aplicados individualmente no terminan de conformar un buen resultado final, por lo que surge la inquietud de realizar una nitruración, seguida de un temple por inducción para obtener una alta dureza en la superficie del material sobre la estructura nitrogenada del acero.

En este trabajo, se estudió el comportamiento al desgaste de las capas nitruradas obtenidas con un tratamiento de nitruración de 15 horas de duración y posterior temple por inducción. Se midió dureza en superficie y perfil en profundidad. Se analizó la microestructura y se evaluó el comportamiento al desgaste mediante ensayos de pin on disk y de erosión.

Como resultado de la nitruración se obtuvo una zona modificada formada por una capa de compuestos seguida por una zona de difusión de nitrógeno. Con este tratamiento, la dureza superficial del acero templado y revenido aumentó más del doble y con el temple por inducción posterior, resultó aún superior y además se incrementó la dureza del núcleo. El comportamiento al desgaste del acero después del tratamiento combinado de nitruración + temple por inducción resulte mejor que la del acero sólo nitrurado debido al aumento de la dureza superficial y del núcleo que incrementa la capacidad de soporte de carga del sistema y consecuentemente la resistencia al desgaste.

Palabras Clave: nitruración por plasma, temple por inducción, AISI 1045, desgaste

1. Introducción

Los aceros de media aleación como el AISI 1045 son muy utilizados en la industria para la fabricación de elementos de máquinas debido a su buena resistencia mecánica y tenacidad a bajo costo. Es usual mejorar sus propiedades superficiales mediante diferentes tratamientos como la nitruración y el temple superficial por inducción de alta frecuencia. La nitruración asistida por plasma es una de las técnicas que permite endurecer este acero mediante la difusión de nitrógeno en las capas superficiales, donde queda en solución o forma compuestos. Este proceso puede llevarse a cabo a menor temperatura que los

tratamientos tradicionales y es de alta flexibilidad, es posible controlar los parámetros de proceso que determinan los resultados [1-5].

El temple por inducción es un tratamiento localizado que mejora las propiedades a profundidades mayores que la nitruración para estos aceros formando una zona martensítica en la profundidad afectada por el temple. Es un tratamiento en el cual se produce un calentamiento superficial rápido y uniforme el cual se puede controlar por medio de la frecuencia y de la potencia entregada por el equipo [6,7].

En este trabajo se estudió la posibilidad de realizar este tipo de temple posterior a la nitruración con el fin de aumentar la dureza en profundidad y mejorar la performance al desgaste.

2. Experimental

El material utilizado fue acero SAE 1045 cuya composición química (porcentaje en peso) es: 0,43-0,50 %C, 0,60-0,90 % Mn, 0,15-0,30 % Si, 0,04 % P, 0,05 % S, Fe como balance. Las probetas de acero AISI 1045 fueron cortadas de una barra de 25 mm de diámetro y 6 mm de espesor. Luego se les realizó el tratamiento de temple, para ello se las llevó a una temperatura de 850°C durante 30 minutos en una atmósfera levemente carburante y fue templado en aceite. El revenido se llevó a cabo a 400°C durante 2 horas. Posteriormente se realizó el tratamiento de nitruración en el reactor industrial de la empresa IONAR S.A. con un plasma DC pulsado, en una mezcla gaseosa de 25 %N₂ y 75% H₂, a 510 °C durante 45 horas (denominadas muestras N).

También se llevó a cabo el tratamiento de temple por inducción a una frecuencia de 200 KHz con un calentamiento de 8 segundos en un inductor frontal y enfriamiento por agua a las muestras templadas y revenidas (muestras patrones, P) y a algunas muestras nitruradas (N+I).

Se midió dureza en superficie y en profundidad con un indentador Vickers y carga de 25 g. Las muestras fueron cortadas e incluidas, atacadas con el reactivo de Nital al 1% para revelar su microestructura y observadas con el microscopio óptico. Para evaluar el comportamiento al desgaste, se realizaron ensayos de desgaste de pin on disk con una carga de 2 N, una distancia de 500 m y utilizando una bolilla de alúmina de 6 mm de diámetro como contraparte.

3. Resultados y Discusión.

3.1 Dureza y microestructura

Después del tratamiento de nitruración, la dureza superficial de las muestras se incrementó en más de un 50%, respecto de la templada y revenida, alcanzando un valor de aproximadamente 579 HV como puede observarse en la tabla 1.

Muestras	Microdureza anterior (HV)	Microdureza posterior (HV)
N+I	579 ±23	926 ± 14
N	366 ±18	579 ±23
P	366 ±18	684 ± 23

Tabla 1. Dureza anterior y posterior a cada uno de los tratamientos

Después del temple por inducción de las muestras nitruradas, éstas alcanzaron una dureza superior a 900 HV, mientras que las muestras sólo templadas y revenidas alcanzaron un valor de aproximadamente los 700 HV.

El tratamiento combinado de nitruración + temple por inducción permitió obtener mayor dureza superficial que los demás tratamientos.

Con respecto a los perfiles de dureza en profundidad, puede observarse en la figura 1 que a igual profundidad, la dureza resulta más alta en la muestra N+I que en la muestra N.

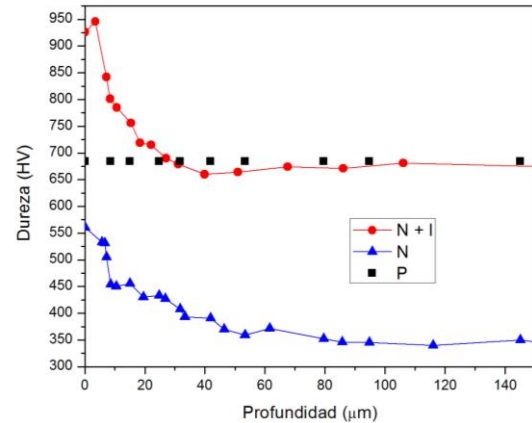


Fig. 1. Perfiles de dureza en profundidad en las muestras P, N y N+I.

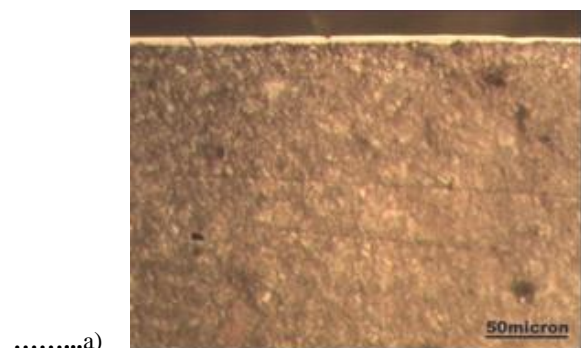
En ambas muestras, se observa un decrecimiento de los valores de dureza a una profundidad de aproximadamente 50 µm, alcanzando a esa profundidad un valor de dureza más alto la muestra N + I (aproximadamente 670 HV) que la muestra N (aproximadamente 350 HV) como se observa en la figura 1. Estos valores permanecen constante en cada una de las muestras para mayores profundidades.

Las condiciones de nitruración (bajo porcentaje de nitrógeno y larga duración del tratamiento) favorecieron la difusión profunda del nitrógeno en las muestras N causando un aumento de dureza en profundidad por el nitrógeno en solución. Una mejora considerable fue observada con el tratamiento posterior de temple debido a la formación de martensita nitrogenada durante dicho tratamiento.

Con respecto a la microestructura, en la muestra N se detectó una capa que se presenta blanca al atacarla con Nital, de morfología irregular y con un espesor promedio de 5 µm (Figura 2 a).

Esta capa es la llamada capa de compuestos, la cual está constituida por nitruros Fe₂₋₃N y/o Fe₄N, que se forman como resultado de la nitruración de acuerdo a lo reportado en la literatura [2-5]. Esta capa, hacia el interior del material, es seguida por una zona de difusión que corresponde a una solución de nitrógeno en menor concentración, la cual fue detectada por el aumento de dureza en profundidad, pero que no se revela en las micrografías.

En la muestra N+I no se observó la zona de compuestos, probablemente porque con el temple posterior se produjo la disolución de los nitruros, produciendo martensita nitrogenada que es la que mostró un perfil más alto de dureza en profundidad de acuerdo a lo que se observa en la figura 1.



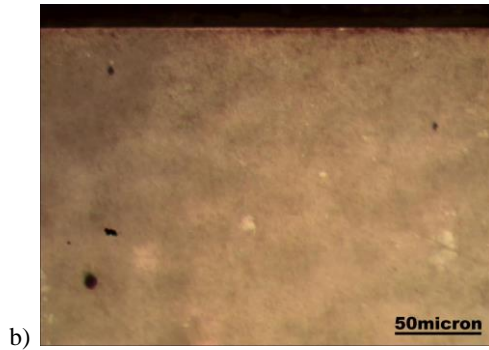


Fig. 2. Micrografía óptica de la zona modificada en la muestra a) N, b) N+I

3.2 Comportamiento al desgaste

En los ensayos de pin on disk, en la muestra N+I el volumen desgastado fue menor que en las otras muestras como puede observarse en la tabla 2.

Muestras	Volumen desgastado (10^{-3} mm^3)	Profundidad de la huella (μm)	μ
N+I	10	2,1	0,484
N	38	4,8	0,604
P	15,5	2,3	0,563

Tabla 2. Dureza anterior y posterior a cada uno de los tratamientos

También en la figura 3 de los perfiles, puede observarse que la huella correspondiente a la muestra N+I es de menor área que en las demás muestras.

Además para todas las muestras, los perfiles no presentan crestas a los costados de las huellas y picos pronunciados en profundidad de la huella, lo cual indica que tuvieron un comportamiento frágil. La muestra N+I, como presenta un perfil más elevado de dureza y una dureza base más alta, tuvo mayor resistencia y capacidad de soporte de carga, y consecuentemente, fue menor el volumen desgastado.

Probablemente en este ensayo, la resistencia al desgaste estuvo estrechamente vinculada a la microestructura producida por el temple superficial que generó martensita nitrogenada en la capa modificada, la que resultó resistente al desgaste por deslizamiento. Por el contrario, en la muestra N, por tener una capa dura, fina y frágil sobre una base de baja dureza, durante el ensayo parte de esta capa se quebró, se desprendió y se convirtió en partícula abrasiva produciendo mayor volumen desgastado.

El perfil de la huella en la muestra P indica un desgaste sin generación de debris, la cual tuvo un comportamiento aceptable y esperado en este ensayo de desgaste.

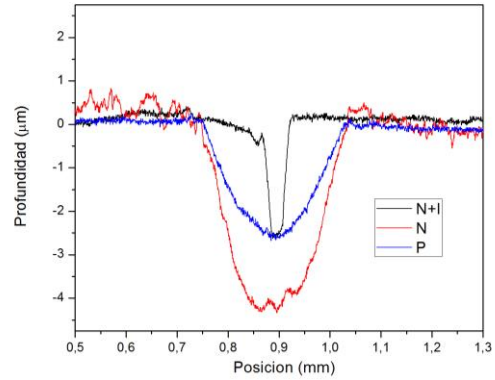


Fig. 3. Perfiles de las huellas de pin on disk de las tres muestras

En relación al coeficiente de fricción, éste estuvo vinculado a la microestructura de las muestras, la martensita nitrogenada presentó el menor coeficiente de fricción mientras que la muestra nitrurada de coeficiente de fricción más alto de igual manera con que ocurre con todos los aceros después de la nitruración.

4. Conclusiones

A partir de los resultados anteriormente mencionados se puede concluir que el tratamiento combinado de nitruración + temple por inducción permite aumentar la dureza en superficie y en profundidad y mejorar la resistencia al desgaste por deslizamiento con respecto a la muestra sólo nitrurada. Una gran ventaja es obtener un coeficiente de fricción más bajo que los demás tratamientos lo cual implicaría una reducción en el consumo de energía en aplicaciones mecánicas.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Empresa IONAR SA por la colaboración en la realización de los experimentos de nitruración y a los becarios del Grupo GIS por la preparación de muestras y realización de ensayos de desgaste.

REFERENCIAS

- [1] ASM Handbook, Vol. 5: "Surface Engineering"; **1999**, ASM International.
- [2] D. Pye. "Practical Nitriding and Ferritic Nitrocarburizing"; **2003**, ASM International.
- [3] A.C. Rovani, A.E. Crespi, et al. "Plasma post-oxidation mechanisms of nitrided ferrous alloys". Surf Coat Technol, **2011**:205 (11) 3422-3428.
- [4] Akgün Alasaran, Hikmet Altun, et al. "Effect of post-oxidizing on tribological and corrosion behaviour of plasma nitrided AISI 5140 steel" Surf. Coat. Technol. 176:**2004** (3) 344-348.
- [5] F. Mahboubi, M. Fattah. "Duplex treatment of plasma nitriding and plasma oxidation of plain carbon steel". Vacuum **2005**: 79 (1-2) 1-6.
- [6] J. Apraiz Barreiro. "Tratamientos térmicos de los aceros", Dossat S.A. **1984**.
- [7] B. Podgornik, J. Vizintin, et al. "Wear properties of induction hardened, conventional plasma nitrided and pulse plasma nitrided AISI 4140 steel in dry sliding conditions". Wear **1999**: 232 (2) 231-242.