



ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO AL DESGASTE DE ACERO AISI 4140 NITRURADO Y POST OXIDADO

Gonzalo J. Schierloh^{(1)*}, Kevin D. Silva⁽¹⁾, Ramiro D. Moreira⁽¹⁾ y Sonia Brühl⁽¹⁾

(1) *Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concepción del Uruguay – Grupo de Ingeniería de Superficies. Ing., Pereira 676, E3264BTD, Conc. del Uruguay, Argentina.*

* E-mail de contacto: schierloh.gonzalo@gmail.com

En la siguiente investigación se presentan los resultados obtenidos sobre el comportamiento al desgaste de acero AISI 4140 tratado mediante nitruración iónica y post oxidación. Para evaluar el comportamiento al desgaste se les realizó a las muestras tratadas ensayos de tipo abrasivo y adhesivo. Se caracterizaron las muestras midiendo dureza en profundidad y sacando micrografías de la capa modificada. Reuniendo todos los resultados se sacaron conclusiones.

Los aceros de media aleación son muy utilizados para fabricar elementos de máquinas debido a sus buenas prestaciones mecánicas a un precio moderado. Estos materiales suelen ser acompañados de tratamientos térmicos como el temple y revenido para aumentar su dureza y tenacidad. Por el contrario, suelen tener un coeficiente de fricción elevado. Para mejorar las propiedades tribológicas de estos aceros se los puede someter a tratamientos asistidos por plasma como la nitruración iónica [1-2] y luego un proceso de post oxidación para intentar reducir el coeficiente de fricción y proteger contra la corrosión [3-4].

Las muestras de AISI 4140 fueron cortadas y pulidas para el proceso de nitruración. Las condiciones del proceso de nitruración que se llevó a cabo en la firma IONAR S.A. de Argentina se detallan en la Tabla 1.

Luego de ser nitruradas se separó a las muestras en tres grupos para recibir el tratamiento de post oxidación a temperaturas y tiempos distintos, Tabla 2, para de esta forma evaluar la incidencia de este tratamiento en el comportamiento al desgaste.

Tiempo (h)	Temperatura (°C)	N ₂ (%)	H ₂ (%)
15	500	25	75

Tabla 1: Parámetros nitruración.

Grupo	Temp. (°C)	Tiempo (h)
1	400	1
2	400	2
3	500	2

Tabla 2: Parámetros post oxidación.

Para caracterizar las muestras tratadas se les midió dureza en superficie y se realizó un perfil en profundidad con un indentador Vickers y 25 gramos de carga. Los perfiles de dureza se presentan en la Figura 1. El valor de distancia igual a cero corresponde a la dureza superficial.

Puede observarse que los perfiles de los grupos 2 y 3 tienden a suavizar la caída de la dureza, desde la superficie hacia el núcleo, con respecto al grupo 1. Esto puede ocurrir porque la capa nitrurada es afectada durante el tiempo de la oxidación y la temperatura a la que se lleva a cabo.

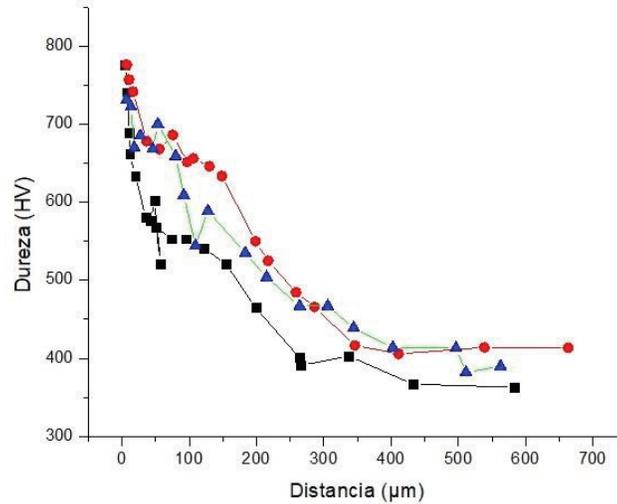


Figura 1: Grupo 1-negro, Grupo 2-rojo, Grupo 3-azul.

Se cortaron e incluyeron muestras de cada grupo en resina fenólica para estudiar la sección transversal de las mismas. Luego de ser pulidas se atacó la superficie del acero con reactivo Nital al 1,5% para revelar la microestructura y medir el espesor de la capa de compuestos generada durante la nitruración, la cual fue en todos los casos de alrededor de 6 µm. En las figuras 2 se pueden observar las micrografías.

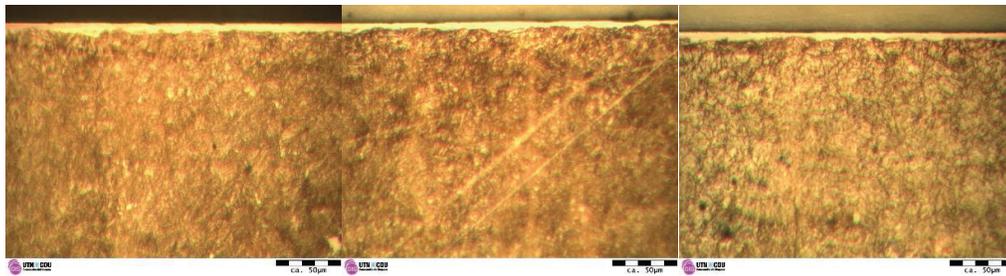


Figura 2: De izquierda a derecha, grupo 1, grupo 2, grupo 3.

Para evaluar el comportamiento al desgaste abrasivo se realizaron ensayos en las muestras con una máquina construida bajo la norma ASTM G-65 "Dry Sand/Rubber Wheel" con 4,5 Kg de carga, una duración de 8 minutos de ensayo y usando arena de granulometría 70. También se utilizaron a modo de comparación los resultados de una muestra patrón de AISI 4140 solamente con tratamiento de templado y revenido.

La muestra patrón tuvo una pérdida de masa mayor que las tratadas como era de esperarse. Las muestras tratadas no mostraron una variación entre sí de pérdida de masa en este ensayo de desgaste severo. No se muestran los resultados.

Se sometieron las muestras a desgaste adhesivo utilizando una máquina Pin-on-Disk según norma ASTM G99 y se registró el coeficiente de fricción en función del tiempo. Como referencia se utilizaron los resultados de una muestra solamente nitrurada. Para este ensayo se utilizaron las siguientes condiciones: carga de 2 N y 200 m de recorrido. El radio de la trayectoria fue de 5 y 7 mm, se utilizó como contraparte una bolilla de alúmina de 6 mm de radio y la velocidad tangencial fue de 10 cm/seg. Se calculó el volumen desgastado como medio toroide, a partir del producto del promedio de las áreas de seis perfiles y la longitud para cada una de las huellas.

En la Figura 3 se presentan los resultados de la pérdida de volumen y la comparación entre los perfiles de las huellas.

En esta condición de ensayo, las muestras de los grupos 1 y 3 presentaron mejor comportamiento al desgaste que las demás muestras. El grupo 2 fue el que presentó menor resistencia al desgaste.

Con respecto a la profundidad de la huella, ésta fue menor para la muestra del grupo 3 que fue la que tuvo menor pérdida de volumen, como se muestra en el gráfico de los perfiles que se presenta en la Figura 3.

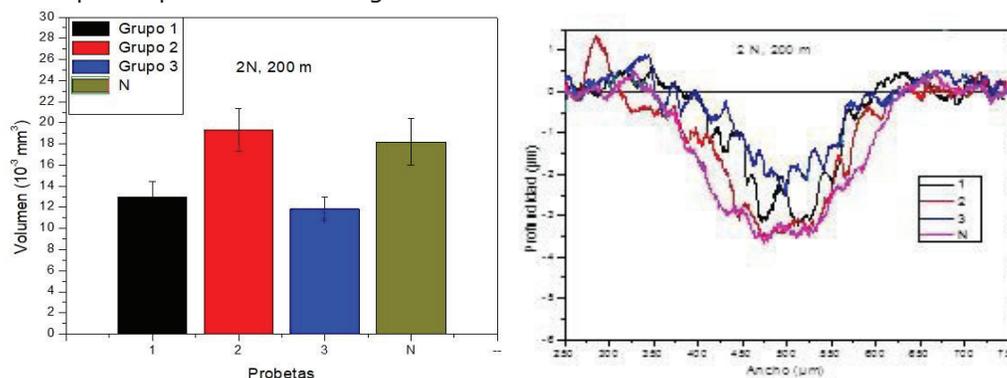


Figura 3: Pérdida de volumen y perfiles de los ensayos de Pin on Disk.

En cuanto al coeficiente de fricción, con ninguno de los tratamientos se logró una reducción en sus valores, con los parámetros usados en este ensayo.

La nitruración iónica dio como resultado un aumento de la dureza en las muestras y una capa de compuestos de un espesor acorde con los parámetros de tratamiento. Esta capa se presenta uniforme a lo largo de los perfiles analizados.

La diferencia en los perfiles de dureza en profundidad puede deberse a la difusión del nitrógeno en solución provocado por la exposición a una mayor temperatura y/o mayor tiempo. El nitrógeno que no forma capa de compuestos difunde hacia el interior del material lo que produce una caída de la dureza en dirección al núcleo con un gradiente menor.

Las muestras tratadas con nitruración iónica y pos oxidación mostraron una mejora en el comportamiento al desgaste abrasivo con respecto al material solamente templado y revenido. Como era de esperarse el óxido no interviene en condiciones tan agresivas como las de este ensayo, por lo que la diferencia de pérdida de masa entre los tratamientos queda dentro del error de las mediciones.

En cuanto al desgaste adhesivo, los valores de los coeficientes de fricción están dentro del rango de los coeficientes de fricción del acero sin ningún tratamiento, que es alrededor de 0,8 dependiendo de la terminación superficial. Esto quiere decir que el óxido generado no fue de utilidad para disminuir este valor. Sin embargo en la pérdida de volumen, hubo un mejor rendimiento de los óxidos logrados en los procesos 1 y 3, a 400 grados una hora, o a 500 grados, dos horas.

Resta analizar con más detalle el espesor y la estructura de las capas de óxido, dado que el mecanismo de crecimiento sobre el material nitrurado no está bien entendido aún.

Agradecimientos: A la UTN-FRCU por el apoyo económico, a la empresa IONAR y a la empresa Y-Tec S.A.

Referencias

- [1] D. Pye, "Practical Nitriding and Ferritic Nitrocarburizing"; 2003, ASM International.
- [2] ASM Handbook Vol. 5: "Surface Engineering", ASM Int. 1994.
- [3] I. Lee. Post-oxidizing treatments of the compound layer on the AISI 4135 steel produced by plasma nitrocarburizing. Surface and Coatings Technology 188-189, 2004, 669-674.
- [4] M. Zlatanovic, N. Popovic, Z. Bogdanov, S. Zlatanovic. Plasma post oxidation of nitrocarburized hot work steel samples", Surf. Coat. Technol. 177-178, 2004, 277-283.