

LA IMPORTANCIA DE LOS TRATAMIENTOS TERMICOS PREVIOS EN LA NITRURACION IONICA DE ACEROS

R. Trejo-Luna, E.P. Zironi y J. Rickards

Instituto de Física, U.N.A.M.
Apartado Postal 20364, México, D.F. 01000

Se ha encontrado que el proceso de nitruración iónica produce resultados distintos en aceros dependiendo del tratamiento térmico previo. Se estudió el acero M2 grado herramienta, del cual diferentes muestras fueron sometidas a cuatro tratamientos térmicos distintos antes de nitrurar: normalizado, templado y revenido, recocido, y exagerado. Posteriormente se nitruraron las muestras simultáneamente en una descarga gaseosa, de manera que los parámetros del proceso (duración, temperatura, presión y voltaje) fueron los mismos para todas las muestras. En todas ellas se cubrió una parte para impedir que le llegara directamente el plasma, con objeto de tener testigos del tratamiento completo sin recibir iones directos. Se midieron después los perfiles de microdureza Vickers en la vecindad de la superficie nitrurada, y se efectuaron estudios metalográficos. Se observa que tanto en la parte cubierta como en la parte descubierta los perfiles de microdureza presentan grandes variaciones de una muestra a otra. Esto indica claramente que tanto la difusión de nitrógeno como los mecanismos de endurecimiento dependen del tratamiento térmico previo. En ciertos casos el material se reblandece, aunque siempre la microdureza de la zona delgada nitrurada es mayor que la dureza de temple del material.

Introducción.-

En todo proceso de tratamiento térmico de un metal se producen cambios en su estructura. Los principales parámetros que se manejan son la temperatura, el tiempo, y el modo de enfriar. La nitruración de aceros a su vez es un proceso de endurecimiento superficial que se considera dentro de los llamados tratamientos termoquímicos. Una manera de efectuar la nitruración es colocando la pieza como cátodo de una descarga gaseosa o plasma, denominándose este proceso nitruración iónica. Es ampliamente conocido y empleado en la industria [1].

Las propiedades de una pieza tratada dependen de la historia completa de los tratamientos efectuados. En general los estudios de nitruración iónica se efectúan buscando un endurecimiento superficial más eficiente que en los tratamientos convencionales. Sin embargo, se ha puesto muy poca atención al tratamiento térmico previo a la nitruración. Tradicionalmente ésta se efectúa en muestras templadas y revenidas por procedimientos establecidos. El

propósito del presente trabajo es investigar si los tratamientos térmicos previos a la nitruración afectan a las propiedades finales de la pieza.

Método Experimental.-

Se eligió el acero M2, que es un acero comúnmente usado, y cuyas características respecto a la nitruración iónica han sido estudiadas previamente [2,3]. Se sabe que presenta buenas propiedades de endurecimiento, incluso a temperaturas bajas respecto a las normalmente empleadas. Se sometieron inicialmente diferentes muestras a cuatro tratamientos térmicos distintos: normalizado (a), templado y revenido (b), recocido (c), y exagerado (d). El normalizado consistió en austenización a 1000°C durante 15 minutos, seguida de un enfriamiento en aire tranquilo hasta temperatura ambiente. El templado y revenido consistió en una austenización a 1000°C durante 15 minutos, templado en aceite hasta temperatura ambiente, y luego revenido a 580°C durante 15 minutos y enfriado en aire. El recocido consistió en un calentamiento a 840°C durante una hora,

y enfriado lentamente en el horno hasta temperatura ambiente. El tratamiento exagerado se eligió para obtener un cambio estructural apreciable; consistió en austenización a 1000°C durante una hora, templado en aceite hasta temperatura ambiente, y luego un revenido a 580°C durante 30 minutos y enfriado en aire.

Se reservó una parte de las muestras con tratamiento térmico, pero sin nitrurar, para efectuar las metalografías. Además del pulido mecánico se les sometió a pulido químico con objeto de medir el tamaño de grano. Para mejores resultados, este pulido fue distinto de muestra a muestra, pero en general consistió de un ataque con picral durante unos cuantos segundos, seguido de uno con nital # 5 en alcohol amílico más prolongado.

Las muestras correspondientes a los cuatro tratamientos térmicos (normalizado, templado y revenido, recocido, y exagerado) mostraron tamaños promedio de grano de 8, 5, 4 y 9 μm respectivamente.

Para ser nitruradas, las muestras fueron pulidas a espejo e introducidas todas juntas al sistema de descarga gaseosa [4]. Fueron nitruradas durante 10 horas a 300°C , 1300-1500 V, 25 mA, y a una presión de 7×10^{-2} Torr de una mezcla de 20 % N_2 y 80 % H_2 . En todas ellas se cubrió una parte para impedir que allí le llegaran directamente los iones del plasma, con el objeto de tener testigos del tratamiento completo sin recibir iones directos. Una vez nitruradas las muestras se efectuaron cortes perpendiculares a las caras nitruradas, con el correspondiente pulido. De esta forma fue posible medir perfiles de microdureza Vickers (Hv), tanto en la zona expuesta como en la cubierta. Las gráficas de microdureza obtenidas se muestran en las figuras 1-4. Es de notarse que en las muestras nitruradas siempre fue más notable el revelado del grano que en las no nitruradas.

Resultados.-

Las figuras 1-4 muestran los perfiles de microdureza observados para los cuatro tratamientos distintos. En todos los casos la superficie se ve afectada por la nitruración, siendo distintos los efectos en cada muestra. A partir de unos 100 μm de profundidad los perfiles se estabilizan a valores constantes correspondientes al volumen. Estos valores se encuentran entre $\text{Hv} = 500$ y 700 kg/mm^2 , excepto en el exagerado, donde es considerablemente

menor. En todos los casos la microdureza de la zona descubierta (círculos) se mostró mayor que la de la zona cubierta (cruces), indicando la importancia del bombardeo iónico directo.

El tratamiento de normalizado es ampliamente usado en procesos industriales. La muestra normalizada (a) presentó un reblandecimiento importante cercano a la superficie (hasta aproximadamente 100 μm) antes de nitrurar, y la capa endurecida por la nitruración fue de sólo unos 20 μm , por lo que no se tiene ninguna ventaja al nitrurar. La metalografía reveló que en la capa reblandecida no se observa con claridad la estructura de grano, y hay una frontera bien definida entre la capa blanda y la más dura. La figura 5 muestra estas características en la región en donde se practicaron las indentaciones para medir la microdureza. El tamaño de las indentaciones cambia bruscamente en la frontera entre las dos capas.

En la muestra templada y revenida (b) y en la recocida (c) el comportamiento es similar a lo que normalmente se reporta [1] sobre nitruración iónica: un endurecimiento superficial que cae gradualmente con profundidad, y la parte nitrurada se endurece más que la zona cubierta. El endurecimiento por nitruración es más notable en la muestra (c) que en la (b). La capa endurecida nuevamente es de un espesor alrededor de 20 μm .

El tratamiento exagerado (d) se seleccionó para este experimento, y no tiene otro uso más que para cambiar notablemente la estructura. En este caso se observó un reblandecimiento volumétrico considerable hasta 350 kg/mm^2 , y aparte uno superficial ligero con el tratamiento térmico. Sin embargo, la nitruración tuvo el efecto de contrarrestar el reblandecimiento superficial y producir una capa dura, aunque el valor de microdureza superficial obtenido es inferior a los casos (b) y (c).

El mayor endurecimiento superficial se obtuvo en las muestras (b) y (c), que son las que presentan menor tamaño de grano. Como se espera una correlación entre la microdureza y la cantidad de nitrógeno presente [2], esto indicaría una abundancia mayor de nitrógeno para estos casos, sostenida por el bombardeo iónico. Por otro lado, la presencia de nitrógeno parece hacer más visibles las fronteras de grano, indicando una acumulación de nitrógeno en estas fronteras. Esto es compatible con la interpretación de que el principal mecanismo de difusión del

nitrógeno es por fronteras de grano.

Conclusiones.-

El perfil de dureza observado depende del tratamiento térmico previo a la nitruración. La presencia de nitrógeno en la muestra se manifiesta en el hecho de que es más fácil revelar el tamaño de grano en las muestras nitruradas que en las que no lo están. Se obtiene un endurecimiento superficial más grande si el tamaño de grano es pequeño, probablemente porque es más fácil la acumulación de nitrógeno en las fronteras de grano.

Referencias.-

- 1.-Ion Nitriding, Ed. T. Spalvins, ASM International, 1987.
- 2.-R. Trejo-Luna, E.P. Zironi, J. Rickards y G. Romero, Scripta Metall. 23, 1493 (1989).
- 3.-R. Trejo-Luna, L. Cota, L. Martínez, L. Morales y J. Rickards, Scripta Metall. 19, 1297 (1985).
- 4.-Nitruración Ionica de Aceros, R. Trejo-Luna, Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, U.N.A.M.

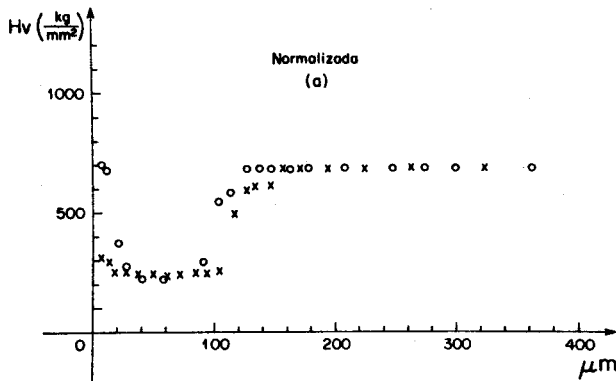


Figura 1.-Perfiles de microdureza Vickers medidos en la muestra normalizada. Los círculos corresponden a la zona descubierta; las cruces a la cubierta.

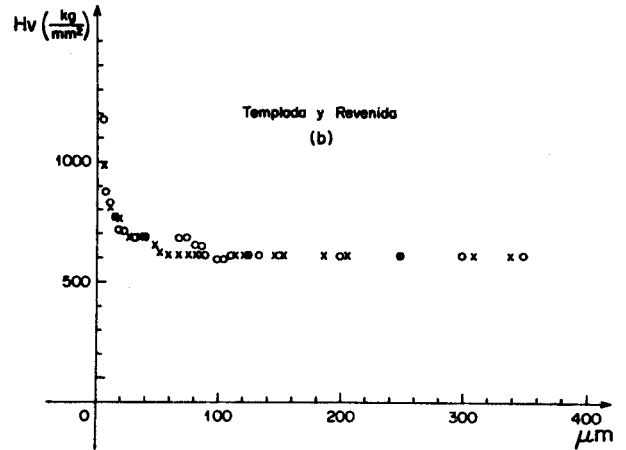


Figura 2.-Perfiles de microdureza Vickers medidos en la muestra templada y revenida.

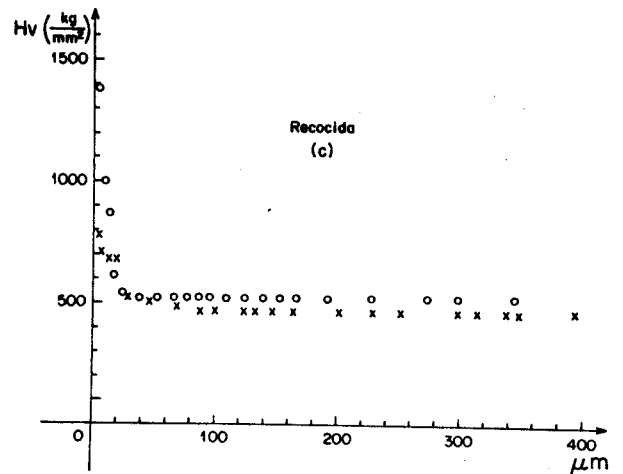


Figura 3.-Perfiles de microdureza Vickers medidos en la muestra recocida.

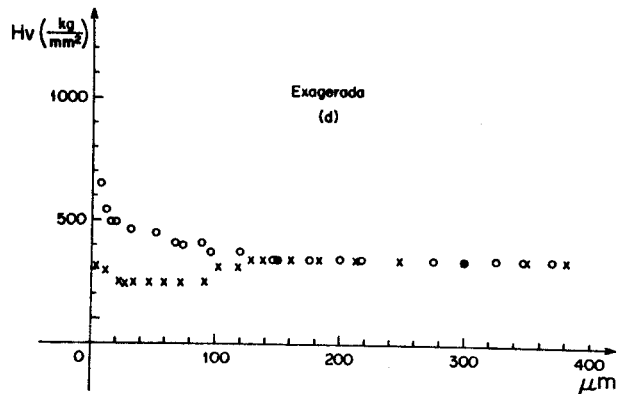


Figura 4.-Perfiles de microdureza medidos en la muestra con tratamiento exagerado.

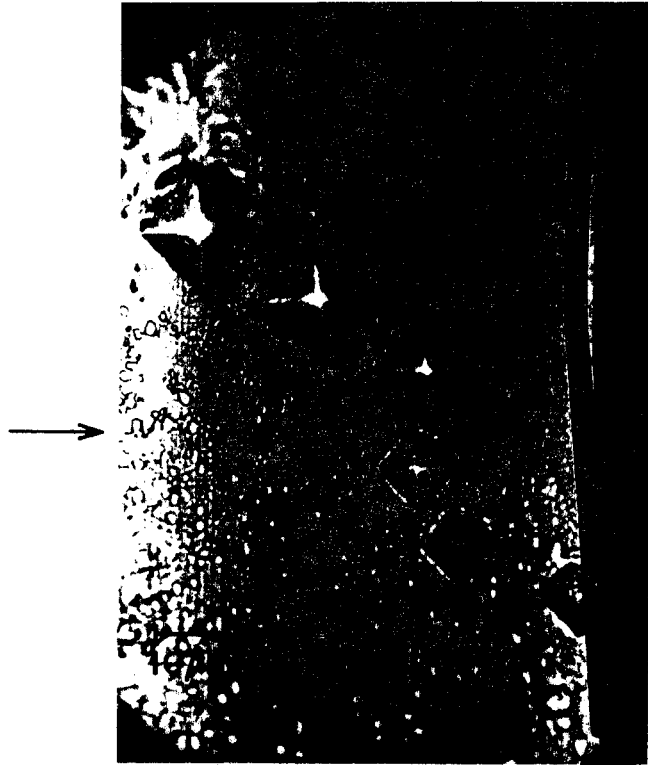


Figura 5.-Fotografía de la muestra normalizada mostrando el cambio de tamaño en las indentaciones al pasar de una capa a otra. La flecha indica la separación entre capas.