

ANÁLISIS DE CUCHILLAS PARA CORTE DE PAPEL FILTRO: PROPUESTA DE SOLUCIÓN PARA AUMENTAR SU DURABILIDAD

Sonia P. Brühl^{(1)*}, Julio Cimetta⁽¹⁾, Valentín Ronconi⁽¹⁾ y Raúl Charadia⁽¹⁾

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

** Correo Electrónico (autor de contacto): sonia@frcu.utn.edu.ar*

En este trabajo se analizaron cuchillas que habían salido de servicio y se estudió el caso para seleccionar nuevo material o tratamiento para elevar su durabilidad. Se sugirió un tratamiento superficial de nitruración iónica para endurecer el filo y se comprobó que sólo uno de los materiales utilizados elevaba su dureza y su resistencia al desgaste con la nitruración. Las pruebas en planta revelaron la falla del material, y siempre en la misma cuchilla del par. Se recomendó el uso del acero AISI M2 en ambas cuchillas, y la nitruración iónica para incrementar su durabilidad.

Una empresa de la región encomendó al Grupo de Ingeniería de Superficies de la UTN, el estudio de cuchillas de tijera usadas para el corte de papel filtro con el objetivo de incrementar su durabilidad, dado que las cuchillas sufren desgaste y obligan a su reafilado o recambio en forma constante. La consulta fue si era posible encontrar un material con mayor resistencia a la misma sollicitación sin cambiar el diseño geométrico de las cuchillas.

Se procedió en primer lugar al estudio del tipo de desgaste, del material que componía las cuchillas, y a la consideración de opciones para el cambio de material y/o la recomendación de un tratamiento superficial. En la primera etapa se cortaron muestras de cuchillas usadas y sacadas de servicio para los estudios del laboratorio.

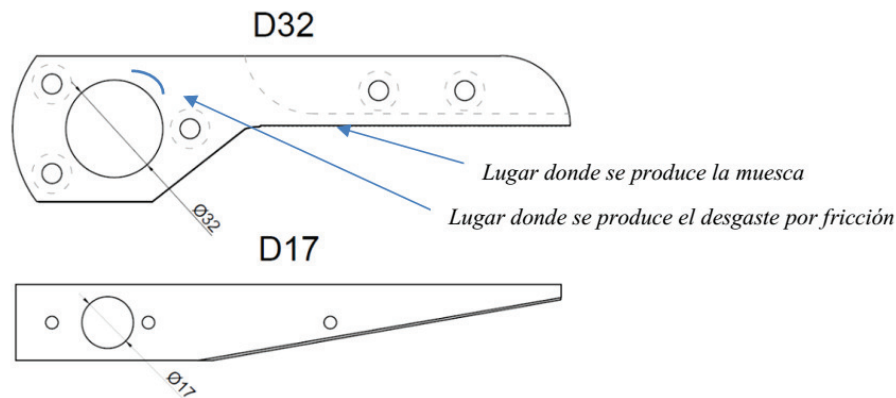


Figura 1: Esquema de las cuchillas y las zonas del daño que producen la salida de servicio

Se pidió un análisis químico y se determinó que los materiales de las dos cuchillas, fija y móvil, llamadas D32 y D17 por sus agujeros de pivote, eran acero rápido, pero no exactamente del mismo tipo. Uno parecía corresponder al AISI M2 y otro al AISI O1. Para corroborar la diferencia se midió la dureza de las dos muestras, una de cada cuchilla y resultó similar, alrededor de 850 HV, y luego se realizó un tratamiento térmico de revenido, pues según el manual [1], el acero M2 conservaría la dureza alta y el O1 la bajaría después de 2 horas a 500 °C. Esto fue lo que sucedió y se determinó entonces de qué material era cada una. Esto definió también que en un tratamiento posterior que involucrara temperatura, la cuchilla del material O1 podría perder dureza.

Se prepararon tres muestras de cada material cortadas de cuchillas usadas y se seleccionaron 4 pares de cuchillas, dos nuevos y dos reafilados. Cada par tiene una cuchilla D32 de O1 y una cuchilla D17 de M2. Se decidió nitrurarlos como se indica en la Tabla 1.

Grupo	Tipo	Nitruradas
1	Reafilada	Las dos
2	Reafilada	No la D32
3	Nueva	Las dos
4	Nueva	No la D32

Tabla 1: Grupos de cuchillas para ensayos

Los 4 pares de cuchillas diferentes se ensayaron en planta. Las 6 muestras nitruradas, 3 de cada material, se destinaron para ensayar dureza y desgaste en el laboratorio. El tratamiento de nitruración iónica fue corto, de 30 minutos, para no fragilizar el filo ni ablandar el núcleo [2], para ambos tipos de muestras. Se realizó un ensayo de desgaste en condiciones de adhesión, que pareció el más adecuado para la aplicación, dos metales en contacto en movimiento relativo. En el ensayo pin on disk, la contraparte fue de alúmina. Se utilizaron cargas de 3 N, radios de 5 y 7 mm, 500 m de recorrido total.

Dos de las probetas tratadas superficialmente se cortaron e incluyeron en resina para observar la sección transversal, es decir la zona modificada. Se atacaron con reactivo Nital al 3% para revelar la estructura al observar con microscopio metalográfico. No se observó en ningún caso la capa blanca o capa de compuestos, es decir que el aumento de dureza proviene únicamente de una zona de difusión, endurecida por la presencia de nitrógeno en solución.

En el siguiente gráfico se muestran las durezas comparadas de las probetas tratadas versus las sin tratar. Se observa que en el M2 hubo un claro incremento, mientras que en la O1, no; es decir el tratamiento superficial efectivamente afectó la dureza del material.

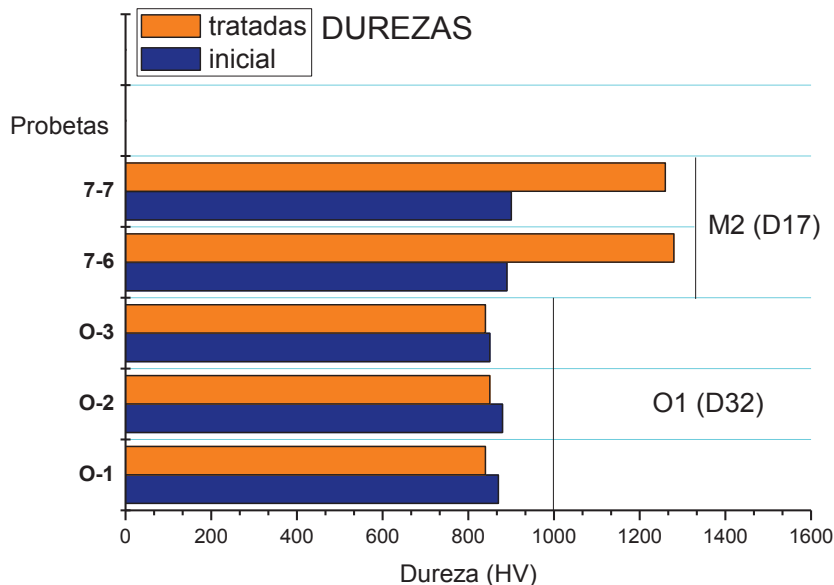


Figura 2: Dureza de las muestras antes y después de la nitruración

A continuación se presenta el gráfico de pérdida de volumen, donde se encontró, que a pesar de la dureza similar, la resistencia al desgaste fue muy diferente entre los distintos materiales. Incluso se verifica que el material O1 tratado mejoró su resistencia al desgaste aunque su dureza fuera algo menor que el mismo sin tratar. Claramente la resistencia al desgaste adhesivo es un fenómeno más complejo que la deformación plástica (medida de dureza).

La disminución en la pérdida de volumen del material O1 tratado (cuchilla D32) fue de 55% frente al material sin tratar, y la del acero M2 (cuchilla D17), 36%. Pero aunque en el gráfico no se aprecia por la escala, comparando ambos materiales nitrurados, el M2 tratado perdió en promedio un 23% del volumen perdido por el O1 tratado.

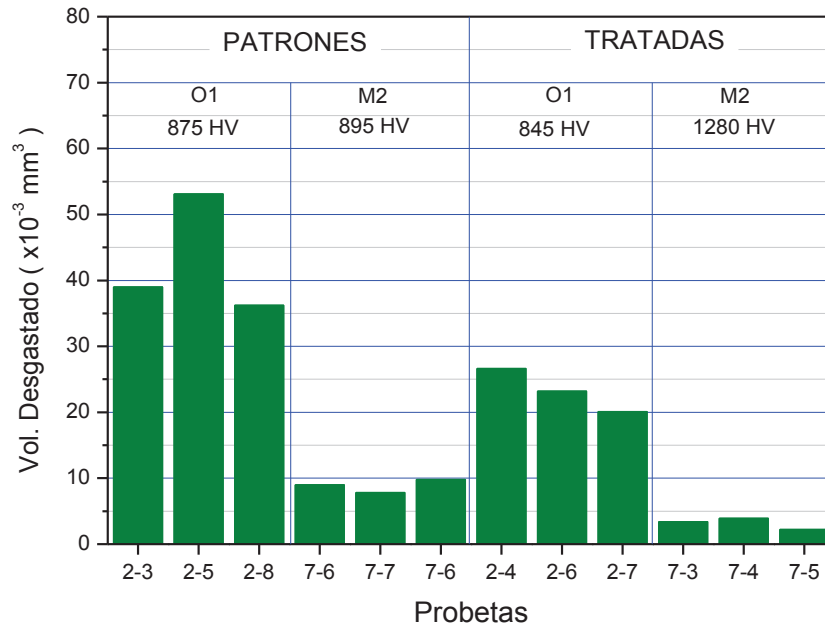


Figura 3: Pérdida de volumen en el ensayo pin-on-disk.

En los ensayos en planta, una vez retirados de servicio los pares en estudio, se verificó nuevamente el fallo en la cuchilla D32, la del material O1, y un desgaste en la zona que rodea los agujeros de pivote. Comparando todos los pares, se encontró una leve tendencia a favor de los Grupos 2 y 4, con la cuchilla de M2 nitrurada y la de O1 no. Esto se puede explicar pues al nitrurar las cuchillas del material O1, pierden dureza como se había comprobado en laboratorio. No hubo ninguna diferencia entre cuchillas reafiladas o nuevas.

Como conclusión se recomendó a la empresa fabricar ambas cuchillas del par del mismo material, dado que trabajan en forma de cizalla, con el mismo esfuerzo mecánico en el movimiento relativo, y de haber un material más débil, es el que sufrirá desgaste, como ocurrió con la cuchilla D32, de O1. Además, un tratamiento superficial puede elevar la resistencia al desgaste de ambos materiales usados hasta el momento, pero en caso de elegir esta opción, se prefiere el uso del acero M2 para construir ambas cuchillas del par, y nitrurarlas posteriormente, pues el O1 sufre ablandamiento del núcleo en el proceso. La nitruración debería ser por plasma, para tener mejor control de gases y temperatura y evitar la capa de compuestos. Además se deberán encontrar los parámetros que aseguren una buena penetración para los casos del daño puntual en la zona del filo.

Con el acuerdo de la empresa, se solicitó al fabricante una serie de pares de cuchillas construidos ambos de acero tipo M2, que podría ser el Böhler S600, y se propuso como siguiente paso de investigación: 1) nitrurar juegos para comparar con otros sin endurecer, 2) disponer otros juegos de cuchillas para nitrurar y luego realizarle un recubrimiento de nitruro de titanio (TiN) o de titanio-aluminio (TiAlN). Esta alternativa aumentaría aún más la durabilidad, como se ha comprobado en otras aplicaciones [3]. Ambos tratamientos, nitruración iónica y recubrimientos pueden ser provistos por empresas del país.

Agradecimientos: A la empresa IONAR S.A. por el tratamiento de nitruración iónica. Al ing. Pedro Jurado del Establecimiento Las Marías S.A por la buena disposición y el interés para realizar el estudio en laboratorio y en planta.

Referencias

- [1] H. Chandler (Ed.) Heat Treater's guide. Practices and Procedures for Irons and Steels. , 2007, ASM International.
- [2] Ada Silva Rocha, t. Strohaecker, V. Tomala, T. Hirsch, Microstructure and residual stresses of a plasma-nitrided M2 tool steel, Surface and Coatings Technology 115, 1999, 24-31.
- [3] A.F. Rousseau, J.G. Partridge, E.L.H. Mayes, J.T. Toton, M. Kracica, D.G. McCulloch, E.D. Doyle, Microstructural and tribological characterisation of a nitriding/TiAlN PVD coating duplex treatment applied to M2 High Speed Steel tools, Surface and Coatings Technology 272, 2015, 403-408.