

Microestructura y rendimiento de brocas de acero AISI M2 tratadas por PVD y Dúplex

Martinez Krahmer, D.^(I), Russo, D.^(I), Corengia, P.^(I), Egidi, D.A.^(I), De Las Heras, E.^(I), Rodríguez, F.^(II), Cabo, A.^(III)

^(I) INTI-Mecánica

^(II) Centro Atómico Constituyentes, Comisión Nacional de Energía Atómica (CAC-CNEA)

^(III) IONAR S.A.

Introducción

Junto con el torneado, el agujereado representa una de las operaciones por arranque de viruta más importantes, comprendiendo a escala mundial alrededor del 30% de todas las operaciones empleadas en el corte de metales.

Producto de este liderazgo, surge la necesidad de desarrollar brocas construidas con nuevos materiales, o en el caso de emplear aquellos ya existentes como el acero rápido, generar mejoras mediante tratamientos que modifiquen sus propiedades frente al desgaste, en forma volumétrica (Tratamiento criogénico) o superficial (Nitruración, recubrimientos PVD o Dúplex), perteneciendo el AISI M2 al segundo grupo citado.

Aún en la actualidad, y a pesar de su limitada capacidad de corte cuando se lo compara con otros materiales, el acero rápido presenta dos importantes ventajas: 1) es el único que puede ser trabajado en forma económica con los procesos tradicionales de arranque de viruta y 2) se trata del material de menor costo usado para la fabricación de herramientas. Estas razones estimularon las investigaciones que, hasta la actualidad, buscan mejorar su capacidad de corte.

Por los motivos expuestos, el acero rápido continúa dominando el escenario mundial entre los materiales empleados para la fabricación de herramientas, superando el 50%, y constituyendo para algunos tipos de herramientas (Creadores), la única alternativa. Mas aún, de las brocas que se emplean en la industria a nivel mundial, el 50% están recubiertas, la mitad con nitruro de titanio.

Visto que no se cuentan con antecedentes regionales de trabajos que cuantifiquen las mejoras introducidas por los tratamientos de superficie aplicados a brocas de acero rápido, y que por ello se realizaron inicialmente ensayos tendientes a establecer la mejora en el rendimiento de brocas tratadas por nitruración iónica respecto de brocas sin nitrurar, en el presente trabajo, se continúan estas investigaciones, evaluando brocas recubiertas con

TiN-PVD y tratamiento dúplex, efectuándose la caracterización metalúrgica de ambos grupos mediante microscopía óptica, electrónica de barrido y microdureza. Además, el rendimiento fue valorado por pruebas comparativas de duración por agujereado.

Metodología / Descripción Experimental

Para realizar las pruebas de rendimiento se emplearon brocas comerciales DIN 338 de 6mm de diámetro, construidas en acero AISI M2.

La nitruración iónica de las brocas Dúplex fue realizada por la empresa IONAR S.A. siendo las condiciones de proceso las indicadas en la Tabla I.

Tabla I: Condiciones de nitruración

| Parámetro | Valor |
|--------------------------|---|
| Atmósfera | 25% N ₂ + 75% H ₂ |
| Tiempo de nitruración | 30 min. |
| Voltaje entre electrodos | 750 V |
| Densidad de corriente | 1,03 mA. cm ⁻² |
| Atmósfera | 6 hPa |
| Temperatura | 773 K |
| ton - toff | 70 - 200 μs |

El tratamiento PVD fue efectuado en un equipo asistido por plasma marca NISSIN, en el Laboratorio de Recubrimientos y Tratamientos Superficiales del Departamento Materiales, CAC-CNEA. Las condiciones de proceso de ambos grupos de brocas se indican en la Tabla II.

Tabla II: Condiciones de proceso de PVD

| Parámetro | Valor |
|--------------------------------------|---------------------|
| Gases empleados | N ₂ y Ar |
| Corriente de arco | 80 A |
| Tensión de polarización del sustrato | - 75V |
| Presión de trabajo | 25 mTorr |
| Intercapa de Ti | ~ 0,3 μm |
| Recubrimiento TiN | ~3 μm |

Las brocas pertenecientes a ambos grupos se prepararon metalográficamente para su análisis. Las microestructuras fueron reveladas usando el reactivo nital 3% y fueron examinadas con un microscopio óptico Zeiss Axiotech y un microscopio electrónico de barrido (SEM) marca Philips SEM 505. La microdureza fue determinada con un

microdurómetro Vickers (Akashi, MVK-H2) usando una carga de 25 g. El espesor del recubrimiento y la capa nitrurada fueron analizados mediante imágenes SEM.

Para la realización de las pruebas de rendimiento se emplearon 5 brocas con tratamiento PVD y otra cantidad igual de brocas con tratamiento dúplex.

Las pruebas de duración fueron realizados en un Centro de Mecanizado horizontal Kearney & Trecker MM200. Los agujeros se realizaron sobre una placa de acero AISI 4140 de dureza Brinell promedio HB 176±10 (Criterio de interrupción de ensayo: aparición de chirrido constante).

Las condiciones de corte fueron fijadas tomando como referencia las recomendaciones del Instituto METCUT. Para el mecanizado de los agujeros se empleó un aceite emulsionable sintético al 5%.

En la Tabla III se presentan los valores de las variables empleadas durante los ensayos de agujereado: diámetro de broca D, velocidad de corte Vc, avance por vuelta A, profundidad de orificio H, entre centro E y voladizo de broca L (Cada agujero de 18mm de profundidad fue mecanizado en tres etapas, descargando viruta luego de haber profundizado 6mm en cada una).

Tabla III: Variables de los ensayos de rendimiento

| D (mm) | Vc (m/min) | A (mm/v) | H (mm) | E (mm) | L (mm) |
|--------|------------|----------|--------|--------|--------|
| 6 | 42 | 0,15 | 18 | 7 | 59 |

Resultados

En la Fig. 1 se observa una imagen SEM de la sección de una muestra recubierta mediante PVD con un depósito de TiN de ~ 3µm de espesor.

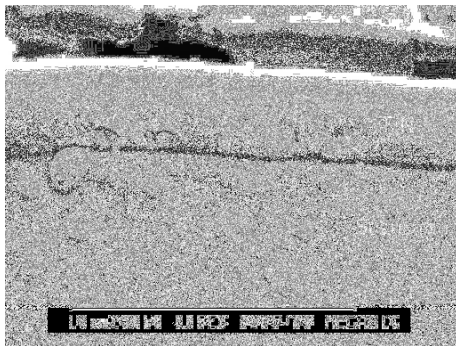


Fig. 1: Imagen SEM correspondiente a broca recubierta por PVD

La Fig. 2 corresponde a una imagen SEM de la sección de una broca con tratamiento dúplex, donde se observa un recubrimiento de TiN obtenido por PVD seguido por una zona de difusión característica del proceso de nitruración de este tipo de acero. El espesor de la zona de difusión es de aproximadamente 10 µm. La microdureza del recubrimiento TiN fue de aproximadamente 2500 HV.

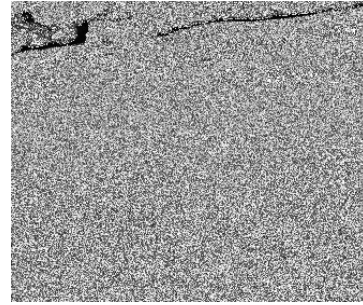


Fig. 2: Imagen SEM de broca con tratamiento Dúplex.

La Fig. 3 presenta el perfil de microdureza de la muestra con tratamiento Dúplex. El valor de dureza del sustrato es de ~ 900 HV.

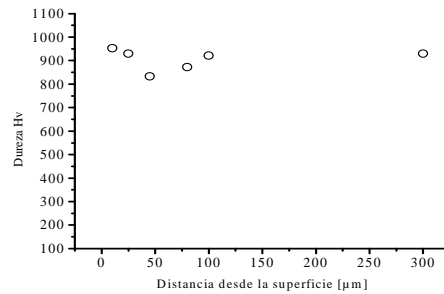


Fig. 3: Perfil de microdureza

En la tabla IV se presentan los resultados estadísticos del t-test, donde se indican para cada tipo de broca: el número de orificios promedio Nop; la desviación estándar σ%, la varianza Va; el número de mediciones n y los valores to y t_{0.05,8}.

Tabla IV: Resultados de las pruebas de rendimiento

| Tipo de broca | Nop | σ % | Va | n | to | t _{0.05,8} |
|---------------|-----|------|------|---|------|---------------------|
| TiN-PVD | 20 | ± 45 | 82,5 | 5 | 1,63 | 1,86 |
| Dúplex | 28 | ± 25 | 42,7 | 5 | | |

Conclusiones

Las brocas con ambos tratamientos presentaron recubrimientos de TiN de ~3 µm de espesor. En el caso de las brocas dúplex las capas nitruradas fueron uniformes con espesores de ~10 µm.

Los resultados obtenidos indican no sólo un incremento promedio de un 41% en el número de orificios realizados por las brocas con tratamiento dúplex, sino que comparadas por el método t-test, la diferencia existente entre los promedios de los orificios obtenidos es significativa.

Si bien brocas revestidas como las analizadas pueden emplearse a altas velocidades de corte, estas condiciones pueden conducir a su rotura en servicio. Por tratarse de herramientas reafilables, se concluye que aquellas con recubrimientos utilizadas en el rango sugerido para brocas sin tratamientos post-fabricación, permiten alcanzar incrementos notables en la vida útil, minimizando roturas y conservando su condición de reafilable.

Para mayor información contactarse con: Daniel Martinez Kraemer - mkraemer@inti.gov.ar