

RENDIMIENTO DE BROCAS DE ACERO AISI M2 CON DISTINTOS TRATAMIENTOS

D. Martinez Krahmer^a, P. Corengia^a, R. Mingo^a y D. Russo^a.

^a Centro de Investigación y Desarrollo en Mecánica - Instituto Nacional de Tecnología Industrial - Avenida General Paz 5445 - Buenos Aires - Argentina.

Email: mkrahmer@inti.gov.ar

RESUMEN

En una serie de tres trabajos sucesivos se investigó el rendimiento de brocas helicoidales DIN 338 de acero AISI M2 con distintos tratamientos NO comerciales por comparación con el de brocas con tratamientos comerciales, efectuando para ese fin y en cada caso, pruebas de duración de filo de brocas pertenecientes a ambos grupos.

El rendimiento de las brocas fue evaluado por pruebas de desgaste por agujereado. La caracterización metalúrgica se realizó mediante microdureza y microscopía óptica y electrónica de barrido.

Los resultados de rendimiento obtenidos para las brocas nitruradas arrojaron diferencias significativas, perforando en promedio un número de orificios superior en un 51,5% en referencia con las brocas sin tratamiento.

Para las brocas con tratamiento criogénico, la mejora obtenida en promedio fue del 25%, en referencia a brocas de igual marca sin tratamiento.

Para finalizar, las brocas con tratamiento Dúplex presentaron una mejora significativa del 41% en relación a las brocas tratadas sólo con PVD.

1. Tratamientos empleados

En la Tabla I se presentan los tratamientos comerciales realizados, definidos como tratamientos de referencia, y los no comerciales evaluados contra aquellos, agrupados de acuerdo a las condiciones de ensayo de rendimiento empleadas.

Tabla I. Nómima de tratamientos efectuados

Condición de ensayo	Tratamiento comercial de referencia	Tratamiento no comercial
A	temple - revenido (TR)	temple - revenido + nitruración iónica (TR+Ni)
		temple - revenido + tratamiento criogénico (TR+Crio)
B	temple - revenido + recubrimiento TiN PVD (TR+TiN PVD).	temple - revenido + nitruración iónica + recubrimiento TiN PVD (TR+Ni+TiN PVD)

1.1 Condiciones de los tratamientos realizados

Los tratamientos de nitruración iónica fueron realizados por IONAR, mientras los criogénicos fueron efectuados en Canadá por Integrated Cryogenic System Inc. y los tratamientos de PVD por el Laboratorio de Recubrimientos y Tratamientos Superficiales del Departamento Materiales del CAC-CNEA.

Las condiciones de los tratamientos fueron las indicadas a continuación:

Tabla II. 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

Rampas Criogenicas

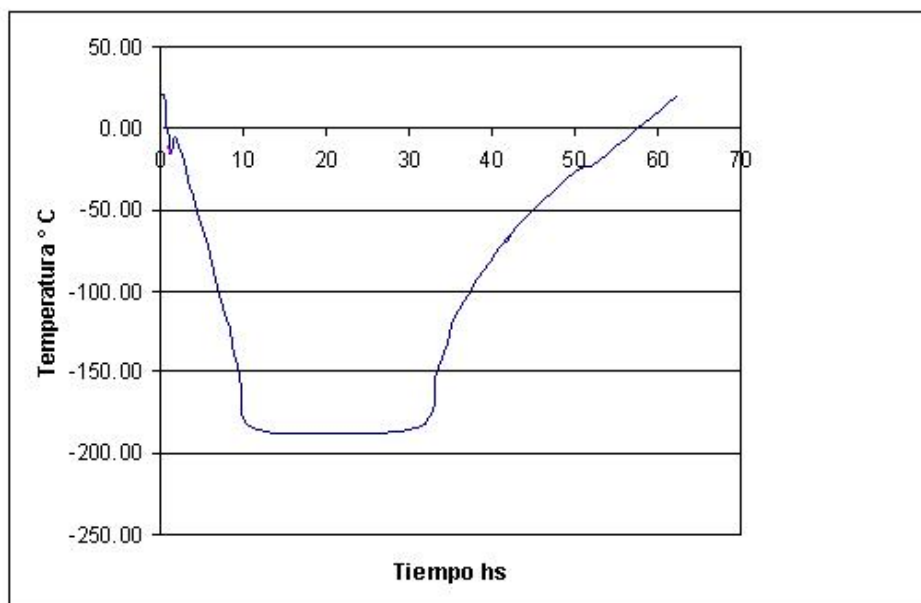


Tabla III. Condiciones de proceso de PVD

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

2. Método experimental

2.1 Materiales

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

La composición química nominal del acero AISI M2 utilizado fue la siguiente (peso %): 0,85 a 1% C; 6% W; 5% Mo; 4% Cr; 2% V; Fe balance.

Los ensayos de rendimiento fueron realizados sobre una placa de acero AISI 4140 de dureza Brinell promedio HB (176 ± 10) y dimensiones aproximadas de 410x410x50mm, debidamente escuadrada y fresada por ambos frentes.

Para la realización de las pruebas de rendimiento se emplearon en cada uno de los tres casos evaluados, entre 5 y 6 brocas con el tratamiento de referencia, y otra cantidad igual de brocas con el tratamiento no comercial.

2.2 Pruebas de rendimiento

Las pruebas de duración fueron realizados en un Centro de Mecanizado horizontal Kearney & Trecker MM200.

Las pruebas de rendimiento y 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 IV se presentan los valores para las principales variables empleadas durante los ensayos de agujereado, agrupados por condición de ensayo: diámetro

de la broca D, velocidad de corte Vc, avance por vuelta A, profundidad de los orificios H, entre centro E y voladizo de la broca L respecto de la boquilla de agarre (cada agujero de 18mm de profundidad fue mecanizado en tres etapas, descargando viruta luego de haber profundizado 6mm en cada una).

Tabla IV. Variables de los ensayos de rendimiento

Condición de ensayo	D (mm)	Vc (m/min)	A (mm/v)	H (mm)	E (mm)	L (mm)
A	6	27	0,15	18	7	59
B	6	42	0,15	18	7	59

3. Resultados

3.1 Análisis microestructural y microdureza

En las Figuras 1 y 2 se observan imágenes SEM de la sección de una muestra recubierta mediante PVD con un depósito de TiN de aproximadamente 3µm de espesor.

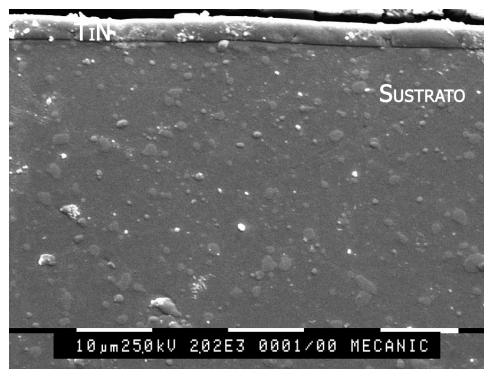


Figura 1. Imagen SEM de la sección de una broca recubierta por PVD.

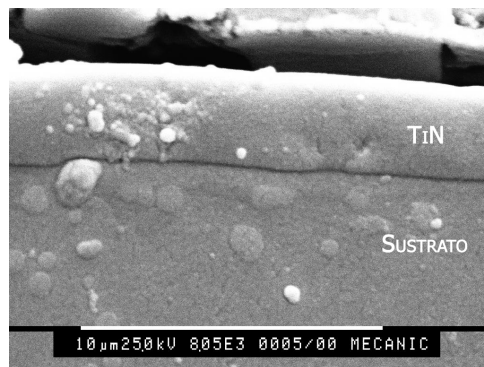


Figura 2. Imagen SEM correspondiente a broca recubierta por PVD

La Figura 3 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. Se observó que el espesor de la zona de difusión es de aproximadamente 10 µm. La microdureza del recubrimiento TiN fue de aproximadamente 2500 HV.

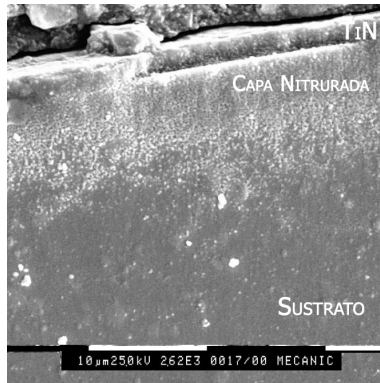


Figura 3. Imagen SEM correspondiente a broca con tratamiento Dúplex.

3.2 Rendimiento

En la Fig. 4 se observa una imagen SEM del desgaste sobre uno de los planos de incidencia de la broca.



En la tabla V se presentan el número de orificios promedio realizados por las brocas con tratamiento TR y TR+Ni.

En la Tabla VI se presentan los rendimientos correspondientes a las brocas con tratamiento TR y TR+Crio.

En la Tabla VII los rendimientos correspondientes a las brocas con tratamiento TR+TiN PVD y TR+Ni+TiN PVD.

En todos los casos los resultados fueron analizados estadísticamente mediante el método t-test (Se indican por tipo de broca: el número de orificios promedio Nop; la desviación estándar σ %, la varianza Va; el número de mediciones n y los valores t_0 y $t_{0.05,10}$).

Tabla V. Rendimiento de brocas nitruradas vs sin nitrurar

Tipo de broca	Nop	σ %	Va	n	t_0	$t_{0.05,10}$
TR	118,5	± 38	2044,3	6	-3,28	1,812
TR + Ni	179,5	± 48	7436,3	6		

Tabla VI. Rendimiento de brocas con tratamiento criogénico vs sin tratamiento criogénico

Tipo de broca	Nop	σ %
TR	134	± 40
TR + Crio	168	± 36

Tabla VII. Rendimiento de brocas recubiertas vs dúplex

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

4. Conclusiones

- Se verificó estadísticamente que la nitruración iónica produjo una mejora significativa del 41% en el rendimiento de brocas tratadas con esta técnica.
- Para las brocas con tratamiento criogénico, la mejora obtenida en promedio fue de 25%, en referencia con las brocas sin tratamiento.
- Respecto de las brocas con tratamiento dúplex presentaron una mejora significativa del 51% en el rendimiento respecto de las tratadas con PVD, además de presentar una desviación estándar menor.