

## Aumento del rendimiento debido a la nitruración por plasma de brocas de acero AISI M2

Martinez Krahmer, D.<sup>(1)</sup>, Russo, D.<sup>(1)</sup>, Egidi, D.A.<sup>(1)</sup>, De Las Heras, E.<sup>(1)</sup>, Corengia, P.<sup>(1)</sup> y Cabo, A.<sup>(11)</sup>

<sup>(1)</sup> INTI-Mecánica

<sup>(11)</sup> 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.

A causa de este liderazgo, surge la necesidad de desarrollar brocas utilizando nuevos materiales, o cuando se emplean aquellos existentes, producirles mejoras mediante tratamientos que modifiquen sus propiedades superficiales, perteneciendo el AISI M2 a este segundo grupo.

Siendo que en Argentina hay una empresa especializada en tratamientos de nitruración iónica - método termoquímico asistido por plasma usado para incrementar la resistencia al desgaste de aceros de baja aleación, aceros inoxidable y aceros para herramientas -, que dicho método es de aquellos tratamientos de superficie el de menor costo, y ante la no existencia de antecedentes regionales de un trabajo que cuantifique las mejoras introducidas por este tratamiento, y con el objetivo adicional de sentar las bases para futuros desarrollos, como ser los tratamientos superficiales dúplex de brocas de acero AISI M2 (Nitruración iónica + revestimiento PVD de nitruro de titanio), se efectuaron pruebas comparativas de desgaste por agujerado de brocas nitruradas y sin nitrurar, así como se analizó la posible relación existente entre algunas variables geométricas de las brocas y su rendimiento.

### Metodología / Descripción Experimental

Una serie importante de autores han indagado sobre que valores debieran usarse para los principales parámetros a utilizar durante la nitruración iónica, con el objeto de optimizar las características de desgaste de aceros AISI M2.

Como resultado de la conjunción de estos datos y la experiencia aportada por IONAR aplicada a la nitruración de aceros AISI M2, se adoptaron para el tratamiento de las brocas las condiciones indicadas en la Tabla I.

Tabla I: Condiciones del tratamiento de nitruración iónica

Parámetro	Valor
Tiempo de nitruración	30 min.
Voltaje entre electrodos	750 V
Densidad de corriente	1,03 Ma. cm <sup>-2</sup>
Atmósfera	0,6 hPa
Temperatura	773 K
Ton - toff	70 - 200 μs

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.

Los ensayos de rendimiento fueron realizados sobre una placa de acero AISI 4140 de dureza Brinell promedio HB 176±10 debidamente escuadrada y fresada por ambos frentes.

Para la realización de las pruebas de rendimiento se emplearon 6 brocas con tratamiento y otra cantidad igual de brocas tratadas por nitruración iónica (Se seleccionaron 12 de un total de 40 empleando una tabla de números aleatorios).

Las variables geométricas de las brocas se midieron en un banco óptico de medición de brocas Dormer, las variables angulares (Angulo de punta  $\epsilon$  y de incidencia  $\alpha$ ) por medio del goniómetro y el espesor de núcleo con el micrómetro incorporado (Ver Fig. 1).

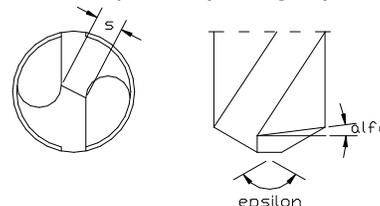


Fig. 1: Variables geométricas que pueden influir sobre el rendimiento de la broca.

Respecto de las pruebas de duración fueron realizadas en un Centro de Mecanizado horizontal Kearney & Trecker MM200.

Las condiciones de corte fueron fijadas tomando como referencia las recomendaciones del Instituto METCUT, y de una serie de fabricantes de brocas

de acero rápido, tanto nacionales cuanto internacionales.

Para el mecanizado de los agujeros se empleó un aceite emulsionable sintético al 5%.

En la Tabla II se presentan los valores para las principales 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 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 II: Condiciones de los ensayos de agujereado

D (mm)	Vc (m/min)	A (mm/v)	H (mm)	E (mm)	L (mm)
6	27	0,15	18	7	58

### Resultados

En la tabla III se presentan los valores promedio medidos con sus correspondientes desviaciones estándar para el conjunto de brocas ensayadas.

Tabla III: Geometría promedio de las brocas evaluadas

Resultados para las mediciones de las brocas	Angulo de punta $\epsilon$ (°)	Angulo de incidencia $\alpha$ (°)	Espesor de núcleo s (mm)
Promedio	120,6	14,1	1,23
Desvío estándar	$\pm 1$	$\pm 0,8$	$\pm 0,1$

Respecto de las pruebas de rendimiento, es para los especialistas en herramientas de corte un hecho conocido que cuando se emplean herramientas de acero rápido, la finalización de su vida útil puede sobrevenir en forma abrupta, casi sin previo aviso. En consecuencia, se adoptó como criterio de interrupción del ensayo de rendimiento la aparición de chirrido constante durante el agujereado.

En la tabla IV se presentan en función del tipo de broca, el número de orificios promedio realizados, con los resultados estadísticos del t-test (Se indican por tipo de broca: el número de orificios promedio Nop; la desviación estándar  $\sigma$  %, la varianza Va; el número de mediciones n y los valores  $t_0$  y  $t_{0.05,10}$ ).

Tabla IV: Resultado comparativo de las pruebas de rendimiento

Tipo de broca	Nop	$\sigma$ %	Va	n	$t_0$	$t_{0.05,10}$
Sin nitrurar	118,5	$\pm 38$	2044,3	6	-3,28	1,812
Nitruradas	179,5	$\pm 48$	7436,3	6		

Además, efectuadas las regresiones lineales entre cada una de las 3 variables geométricas medidas y el número de orificios realizados por cada una de las brocas, se obtuvieron valores de correlación importantes sólo para las brocas sin nitrurar (Ver Figs. 2, 3 y 4). Para las nitruradas resultaron valores de correlación  $R^2$  inferiores a 0,45.

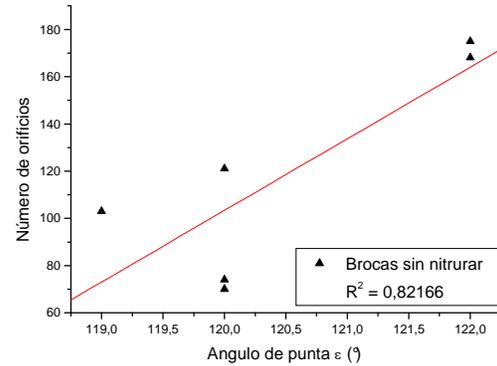


Fig. 2: N° orificios vs ángulo de punta.

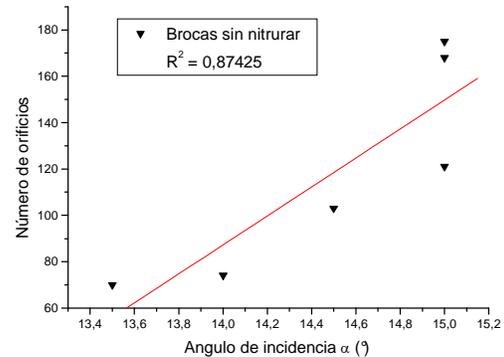


Fig. 3: N° orificios vs ángulo de incidencia.

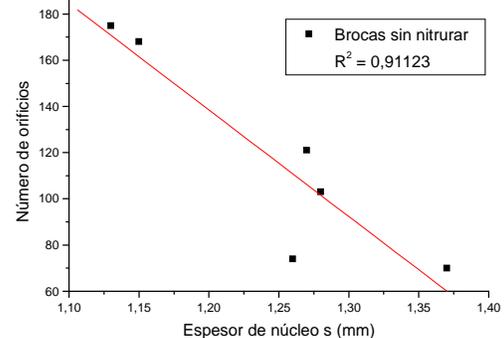


Fig. 4: N° orificios vs espesor de núcleo.

### Conclusiones

Los resultados obtenidos indican no sólo un incremento promedio de un 51,5% en el número de orificios realizados por las brocas nitruradas, sino que comparadas por el método estadístico t-test, la diferencia existente entre los promedios de los orificios es significativa.

Sólo pareciera existir para las brocas sin nitrurar una relación individual entre algunas variables geométricas estudiadas y su rendimiento. La regresión lineal con mejor coeficiente de correlación correspondió al espesor de núcleo s, mientras se observa que el rendimiento de estas brocas aumenta cuando aumentan el ángulo de punta  $\epsilon$  o el de incidencia  $\alpha$ , y disminuye a medida que aumenta el espesor del núcleo s.

Para mayor información contactarse con: Daniel Martinez Kraemer - [mkraemer@inti.gov.ar](mailto:mkraemer@inti.gov.ar)