



RENDIMIENTO DE DIFERENTES TEXTURAS APLICADAS A HERRAMIENTAS DE METAL DURO RECUBIERTAS DE TIAlN APLICADAS EN MECANIZADO DE HIERRO FUNDIDO VERMICULAR CLASE 450

PERFORMANCE OF DIFFERENT TEXTURES APPLIED TO TiAlN COATED HARD METAL TOOLS APPLIED IN CLASS 450 VERMICULAR CAST IRON MACHINING

Fecha de Recepción : 30/11/2021
Fecha de Aprobación : 10/12/2021
Fecha de Publicación : 06/06/2022

DOI: <https://doi.org/10.26495/icti.v9i1.2168>

 *Matheus Goncalves de Ataide*¹

 *José Aécio Gomez de Sousa*²

 *Luiz Leroy Thomé Vaughan*³

 *Rhander Viana*⁴



Resumen

Durante el proceso de fabricación de mecanizado, uno de los principales focos del proceso es el conocimiento de la formación de virutas. El estudio de la formación de chips muestra cuán importantes son los fenómenos involucrados en la creación de superficies de ingeniería. El estudio del comportamiento tribológico de la interfaz chip-herramienta, que ha funcionado como propulsor para los avances tecnológicos como el uso de fluidos de corte adecuados y recubrimientos cada vez más resistentes, tiene como objetivo alargar la vida útil de las herramientas de corte. El uso de la tecnología láser permite la modificación de la topografía de la herramienta de corte de forma controlada y sin cambiar las propiedades mecánicas del sustrato. El objetivo de este trabajo es verificar los mejores parámetros de texturizado láser en herramientas de corte de metal duro recubiertas con TiAlN. En total, se utilizaron nueve herramientas de corte de metal duro, texturizado con diferentes condiciones de aplicación del rayo láser. Para los criterios de comparación, se utilizó una herramienta texturizada por voladura. En estas pruebas, se insertaron dos herramientas, una sin recubrimiento y la otra recubierta con TiN por el proceso de CVD para comparar el rendimiento. Las pruebas se realizaron en el fresado frontal de hierro fundido vermicular de la clase 450. Los resultados mostraron que la textura con glazing de 3x y potencia de 2 W fue la que mejor presentó el rendimiento durante el mecanizado. Este tipo de textura permitió un menor número de zancadas para modificar el sustrato.

Palabras Clave: Hierro fundido, Mecanizado, TiAlN.

Abstract

During the machining process, one of the main focuses of the process is on the knowledge of chip formation. The study of chip formation shows how important the phenomena involved in the creation of engineering surfaces are.

¹ Escuela de Ingeniería de los Materiales, Universidad Autónoma de Zacatecas, México, emilio.bautista@uaz.edu.mx

² Escuela de Ingeniería de los Materiales, Universidad Autónoma de Zacatecas, México, calopezb@uaz.edu.mx

³ Escuela de Ingeniería de los Materiales, Universidad Autónoma de Zacatecas, México, cecilio.jmartinezg@uaz.edu.mx

⁴ Escuela de Ingeniería de los Materiales, Universidad Autónoma de Zacatecas, México, ingenierofah@uaz.edu.mx

The study of the tribological behavior of the chip-tool interface, which has functioned as a propellant for technological advances such as the use of suitable cutting fluids and increasingly resistant coatings, aims to extend the life of cutting tools. The use of laser technology allows the modification of the topography of the cutting tool in a controlled manner and without changing the mechanical properties of the substrate. The objective of this work is to verify the best parameters of laser texturing in hard metal cutting tools coated with TiAlN. In all, nine hard metal cutting tools were used, textured with different conditions of application of the laser beam. For comparison criteria, a tool textured by blasting was used. In these tests, two tools were inserted, one without coating and the other coated with TiN by the CVD process to compare the performance. The tests were performed on the vermicular cast iron front milling of class 450. The results showed that the texture with glazing of 3x and power of 2 W was the one that presented the best performance during machining. This type of texture allowed a smaller number of strides to modify the substrate.

Keywords: Cast iron, Machining, TiAlN.

1. Introducción

Según Ferraresi (1970), el proceso de mecanizado se define como la operación que al dar a la pieza la forma, o dimensiones o acabado, o incluso una combinación de cualquiera de estos tres elementos, producir virutas. En este tipo de operación de fabricación, es común utilizar el recubrimiento de herramientas, generalmente compuestos de titanio, para una mejor maquinabilidad. Según Stappen et al. (1995) la adopción del uso de recubrimientos crece cada año en la industria. El recubrimiento consiste en una capa delgada en la superficie de la herramienta, que se encarga de cambiar la resistencia al desgaste de la herramienta, aumentando su vida útil. (HOGMARK et al., 2000, apud SANTOS y SALES, 2007, p. 127). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es verificar los mejores parámetros de texturizado láser en herramientas de corte de WC+Co recubiertos con TiAlN. En total, nueve herramientas de WC+Co fueron texturizadas con diferentes condiciones de aplicación del rayo láser. Para los criterios de comparación, se utilizó una herramienta texturizada por voladura. En estas pruebas, se insertaron dos herramientas, una sin recubrimiento y la otra recubierta con TiN mediante el proceso de ECV para fines de comparación de rendimiento. Las pruebas se realizaron en la molienda frontal de hierro fundido vermicular.

2. Material y métodos

La herramienta de corte utilizada en este trabajo fue una fresa fabricada por la empresa Sandvik, modelo R260.22-080-15, extra-positiva, con un ángulo de posición de 45°, ángulo de inclinación de 19°, ángulo de salida de 9° diámetro de 80 mm y carcasa para 6 insertos. El material de la pieza utilizada fue hierro fundido vermicular, clase 450 (237 HB), suministrado por Tupy S.A. La tabla 1 muestra la composición química del hierro fundido vermicular utilizado.

Tabla 1

Composición química del hierro fundido vermicular 450

Elemento	Cu	Mn	Sn	P	Cr	S	Ti
Composición (%)	1,29	0,36	0,078	0,043	0,038	0,014	0,01

Nota: (Tupy S.A.)

Las Tablas 2 y 3 presentan, respectivamente, las propiedades mecánicas y caracterización del grafito y matriz de hierro fundido vermicular, clase 450. Información en las Tablas. 2 y 3 fueron proporcionados por Tupy S.A.

Tabla 2

Propiedades mecánicas del hierro fundido vermicular 450

Material	Dureza Brinell (HB 5/750)	Microdureza en la perlina (HV 01)	Resistencia a la tracción (MPa)
Ferro fundido vermicular (clase 450)	237	321 a 366	LR*-468 LE**-374 A*** (%) – 0,6

Nota: (Tupy S.A.)

* Límite de resistencia a la tracción

**Limite de escoamento

*** Extensión

Tabla 3

Caracterización de grafito y matriz de hierro fundido vermicular (clase 450)

	Matriz	Forma	Nodular	Grafito Partículas p/mm ²	Tamaño (%)				
					8	7	6	5	4
Hierro fundido vermicular (clase 450)	Perlita con ~2% de Ferrita	III-VI	7%	218	22	37	33	7	1

Nota: (Tupy S.A.)

La figura 1 muestra la metalografía del hierro fundido vermicular (clase 450) sin gravado químico, donde es posible ver grafito en forma vermicular y nodular.

En la figura 2 se muestra la metalografía del hierro fundido vermicular (clase 450) con gravado químico de Nital 2%, además de grafitos en forma nodular y vermicular. También es posible ver en esta figura la distribución de las laminillas de perlita.

El desgaste en los depósitos de soldadura se llevó a cabo en una máquina de desgaste abrasivo por chorro de arena, esta máquina se muestra en la figura 1, es una máquina construida con base a la norma ASTM G65 para desgaste por partícula, la cual utiliza arena sílice como medio abrasivo para la ejecución de las pruebas. Los parámetros utilizados fueron, 200 rpm, con un tiempo de permanencia de 30 min, para completar 6000 revoluciones, las cuales son requeridas para cada ensayo, con un flujo de arena de 300 a 400 g/min (ASTM International, 2013).

Figura 1

Metalografía de hierro fundido vermicular, clase 450, sin ataque químico

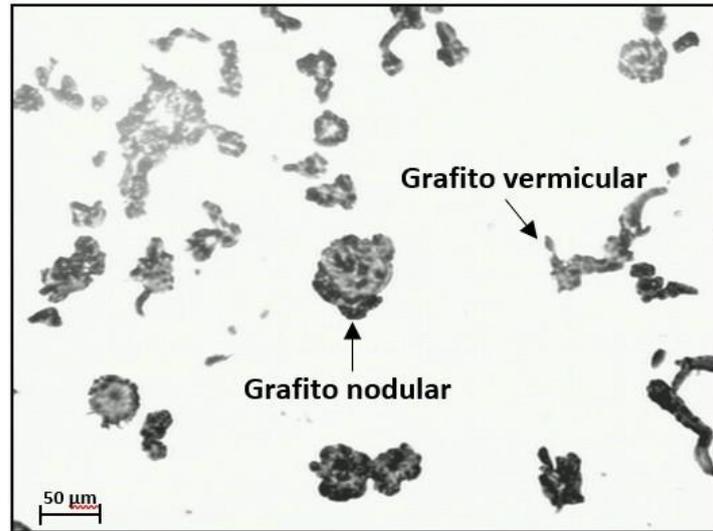
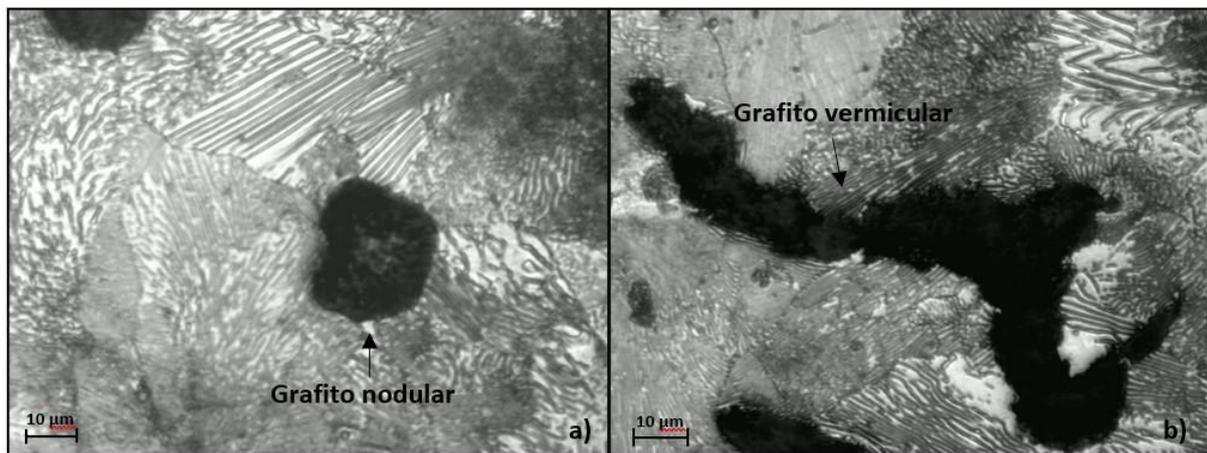


Figura 2

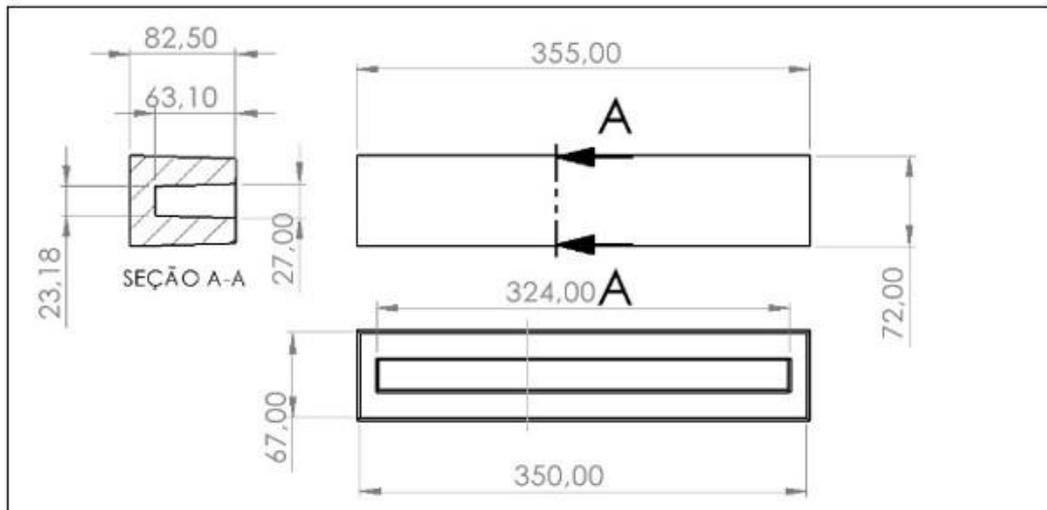
Metalografía con ataque nital 2%: (a) - Grafito nodular y (b) - Grafito vermicular



La Figura 3 presenta el cuerpo de prueba de hierro fundido vermicular utilizado en este trabajo. El cuerpo de prueba en forma de "cochinho" tiene una geometría que hace que el corte intermitente sea un poco más severo, lo que es más similar a la molienda de la parte superior del bloque de motor, que contiene varias cavidades. Este cuerpo de prueba genera un doble corte interrumpido, acelerando el desgaste de las herramientas probadas y, en consecuencia, reduciendo la vida útil de las herramientas.

Figura 3

Geometría del cuerpo de prueba de hierro fundido vermicular, clase 450, utilizado en este trabajo



Luego, nueve herramientas de WC+Co fueron texturizados con diferentes condiciones de aplicación del rayo láser. También se utilizó una herramienta texturizada por voladura. Las diez herramientas (9 láser + 1 chorreada) probadas fueron recubiertas con TiAlN. Para comparar el rendimiento, también se insertaron dos herramientas: una sin recubrimiento y la otra recubierta con TiN por el proceso de CVD. El texturizado láser se realizó en la superficie de salida y holgura de las herramientas. La Tabla 4 presenta las condiciones de texturizado de las diez herramientas probadas (X0, X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7, X8 y X9).

Tabla 4

Condições de texturização das ferramentas para a escolha da textura

Herramienta - Código	Texturizado del sustrato
X0	Chorreada
X1	Laser – glazing 3x (P=0,5 W)
X2	Laser – glazing 3x (P=1 W)
X3	Laser – glazing 3x (P=2 W)
X4	Laser – machining 1x (P=4 W) + glazing 3x (P=0,5 W)
X5	Laser – machining 1x (P=4 W) + glazing 3x (P=1 W)
X6	Laser – machining 1x (P=4 W) + glazing 3x (P=2 W)
X7	Laser – percusión (P=4 W) + glazing 3x (P=0,5 W)
X8	Laser – percusión (P=4 W) + glazing 3x (P=1 W)
X9	Laser – percusión (P=4 W) + glazing 3x (P=2 W)

Las condiciones de texturizado de las herramientas representan los siguientes procesos de aplicación de rayo láser:

Glazing - representa desde una limpieza débil ($P = 0,5 \text{ W}$) hasta una nanotexturización ($P = 2 \text{ W}$) del sustrato. En el proceso de glazing, se reubican tres zancadas de rayo láser con trayectorias de texturizado de herramientas en ángulos con el sustrato de 0° , 30° y 60° creando una malla apretada, con una velocidad de aplicación de haz de 30 cm/s y un espaciado entre cada línea de trayectoria de $15 \mu\text{m}$.

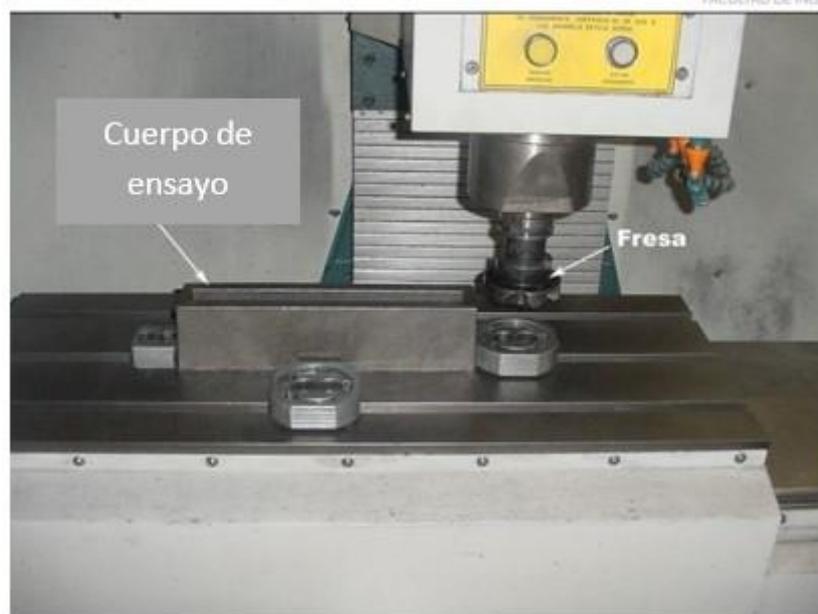
Machining - es una condición de micromaquinado por ablación láser con mayor potencia ($P = 4 \text{ W}$), creando puntos discretos que eventualmente actúan sobre la retención de la capa y, eventualmente, sobre el fluido de corte, cuando se aplica a sustratos de herramientas. En esta condición solo se realiza una pasada del rayo láser sobre el sustrato con una trayectoria de 90° , con una velocidad de aplicación del haz de 30 cm/s ;

Percussion - es una condición de micromaquinado donde el láser se enfoca varias veces en el mismo punto (percusión) creando una cavidad en el sustrato. Sólo una pasada del rayo láser se realiza en el sustrato en esta condición.

Los ensayos se llevaron a cabo en un centro de mecanizado ROMI Bridgeport Discovery 760 con potencia de accionamiento del husillo de 9 kW y rotación de 10 a 10000 rpm perteneciente al Laboratorio de Enseñanza e Investigación en Mecanizado (LEPU-UFU), en el fresado frontal de las muestras que se muestran en la Fig. 4.

Figura 4

Ensayos de equipos de montaje en fresado frontal de hierro fundido vermicular



Las condiciones de corte para estas pruebas fueron: $v_c = 200$ m/min, $f_z = 0,2$ mm/volta, $a_p = 1,0$ mm y $a_e = 67$ mm. Para el análisis del rendimiento de las herramientas, se estableció el volumen de material eliminado para tres repeticiones (3 filos de corte), además, para cada herramienta se realizaron 3 pruebas. El criterio de fin de vida adoptado fue el desgaste máximo del flanco de la herramienta, $VBB_{max} = 0,6$ mm.

El desgaste máximo del flanco se midió utilizando un microscopio óptico, Olympus SZ61, con cámara CCD, Evolution LC Color y un software de analizador de imágenes, también perteneciente a LEPU-UFU.

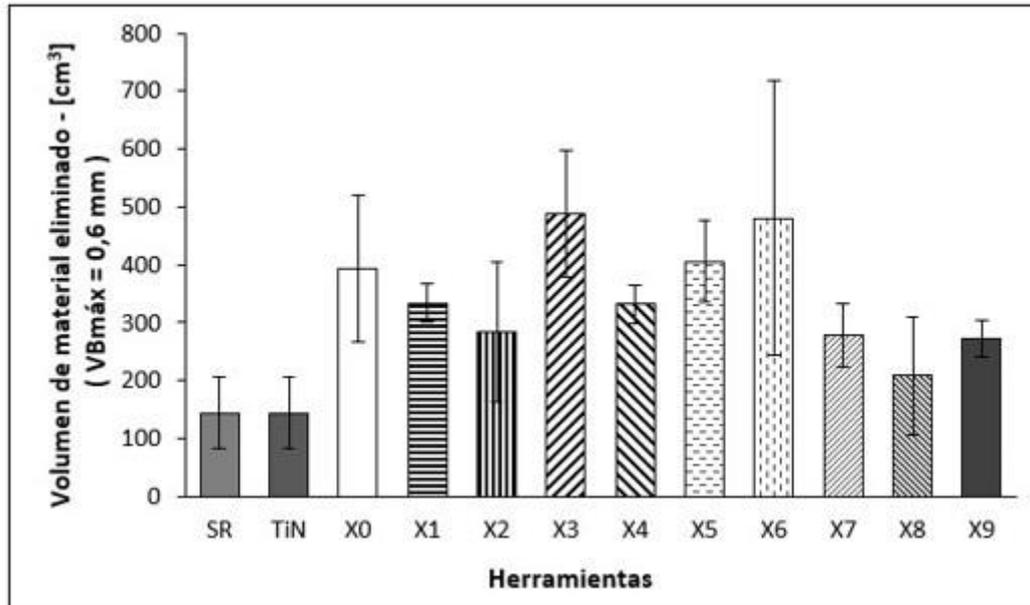
3. Resultados

La figura 5 muestra los resultados del rendimiento de las herramientas utilizadas en este trabajo basado en la cantidad de material eliminado de las piezas hasta el final de la vida útil de la herramienta. El mejor rendimiento promedio se presentó en herramientas con texturas X3 y X6. La textura X3 fue estadísticamente superior a las texturas x1, X4, X7, X8 y X9. Por otro, la textura X6 no mostró diferencia estadística para la otra.

Los resultados también muestran que las texturas x3 y x6 eran estadísticamente iguales a la herramienta con textura de chorro de arena x0.

Figura 5

Resultados previos a la prueba para la elección de la textura del láser



La Tabla 4 resume los parámetros de aplicación del rayo láser para texturizar herramientas de carburo en la condición X3 elegida.

Tabla 5

Parámetros de texturizado láser de herramientas en condición X3

Parámetros laser para textura X3	
Longitud de onda - λ	510 nm
Tiempo de pulso - τ	30 ns
Diámetro focal	30 μ m
Frecuencia de pulso - f	13,8 kHz
Velocidad de feixe	30 cm/s
Potencia media	2W
Irradiancia	683 MW/cm ²

4. Conclusiones

Se observó que las herramientas X3 y X6 obtuvieron los mejores resultados en fresado de hierro fundido. Sin embargo, la herramienta X6 no mostró una diferencia estadística en relación con la otra, debido a su alto jefe de desviación. Así, los mejores resultados obtenidos fueron los de X3. Los resultados también muestran el rendimiento inferior de las herramientas no recubiertas y recubiertas de TiN en comparación con el recubrimiento TiAlN-Futura en el mecanizado de hierro fundido vermicular de clase 450.

5. Referencias

- FERRARESI, D. "Fundamentos da Usinagem dos Metais", Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 1970, 751 pags
- KERKHOFS, M., STAPPEN, M. V., D'OLIGSLAEGER, M., QUAEYHAEGENS, C., and SARWAR, M., 1998, "Application of Advanced Surface Engineering Treatments to Multipoint Cutting Edges", Surface and Coatings Technology, Vol. 108-109, pp 612-619.
- Hogmark, S., Jacobson, S. and Larsson, M., 2000, "Design and Evaluation in Tribological Coatings", Wear, vol. 246, pp. 20-33.
- Santos, S.C., SALES, W.F.S. "Aspectos Tribológicos da Usinagem dos Materiais". Belo Horizonte, edição única. ArtLiber, 2007. p. 225
- .