

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/266851939>

Rendimiento de insertos de metal duro no recubiertos, en operaciones de torneado. La influencia de la máquina-herramienta.

Conference Paper · October 2014

DOI: 10.13140/2.1.4610.8161

CITATIONS

0

READS

555

4 authors, including:



German Abate

Instituto Nacional de Tecnología Industrial

58 PUBLICATIONS 82 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Daniela Perez

Instituto Nacional de Tecnología Industrial

46 PUBLICATIONS 21 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Daniel Martinez Kraemer

Instituto Nacional de Tecnología Industrial

141 PUBLICATIONS 154 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Laser transmission welding of dissimilar materials [View project](#)



FORGING: FRICTION CHARACTERIZATION, LASER SURFACE TEXTURING AND GRAPHITE-BASED LUBRICANTS [View project](#)

Tópico: S04 - Metalurgia física, deformación plástica y propiedades mecánicas

Rendimiento de insertos de metal duro no recubiertos, en operaciones de torneado. La influencia de la máquina-herramienta.

G. Abate^{1,2}, ***G. Maceira***^{2,3}, ***D. Perez***², ***D. Martínez Krahmer***^{1,2}

⁽¹⁾ Laboratorio de Control Numérico y Metrología, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Juan XXIII y Camino de Cintura, Lomas de Zamora (1832), Provincia de Buenos Aires, Argentina.

⁽²⁾ Centro de Investigación y Desarrollo en Mecánica, Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Avenida General Paz 5445, Miguelete (1650), Provincia de Buenos Aires, Argentina.

⁽³⁾ Cátedra Tecnología Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Juan XXIII y Camino de Cintura, Lomas de Zamora (1832), Provincia de Buenos Aires, Argentina.

Preferencia de presentación: póster

Tópico: S04 - Metalurgia física, deformación plástica y propiedades mecánicas**Rendimiento de insertos de metal duro no recubiertos, en operaciones de torneado. La influencia de la máquina-herramienta.****G. Abate^{1,2}, G. Maceira^{2,3}, D. Perez², D. Martínez Krahmer^{1,2*}**

⁽¹⁾ Laboratorio de Control Numérico y Metrología, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Juan XXIII y Camino de Cintura, Lomas de Zamora (1832), Provincia de Buenos Aires, Argentina.

⁽²⁾ Centro de Investigación y Desarrollo en Mecánica, Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Avenida General Paz 5445, Miguelete (1650), Provincia de Buenos Aires, Argentina.

⁽³⁾ Cátedra Tecnología Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Juan XXIII y Camino de Cintura, Lomas de Zamora (1832), Provincia de Buenos Aires, Argentina.

* mkrahmer@inti.gob.ar

ABSTRACT

In any machining process, there are many factors that influence the tool wear. The main ones are: the material to be machined, its shape and fixation; the tool material; the cutting conditions; the lubrication; machine type and state. For these reasons, the machinability has been and is being investigated by different authors.

In this work, we evaluated the impact of the machine on the wear of uncoated inserts applied to turning drawn bars.

The life of the edge, is set based on the maximum degree of wear that can be tolerated in a machining process in order to maintain its dimensional and surface quality. Also, wear affects productivity and manufacturing costs.

One way to express the performance of a tool, is to determine the cutting speed so that the life edge will last 15 minutes (V_{15}).

In this regard, the performance of uncoated inserts in dry turning of steel SAE 12L14, using a criterion of wear on the flank surface of $V_B = 0.5$ mm was evaluated using a conventional lathe and a numerical control lathe.

The bars of 38 mm in diameter were fixed between plate and tailstock, with a long 320 mm exposed.

From cutting conditions establish that ensured chip breaking, a depth of cut of 1.25 mm with an a feed of 0.125 mm/rev and cutting speeds in the range of 150 m/min to 240 m/min were used. As cutting tool inserts were used uncoated carbide CNMG 120408 ISO P40.

The results of the tests yielded the CNC lathe speed V_{15} of 246,8 m/min, ie 9.0% major obtained in the conventional lathe when the same material was machined.

Keywords: inserts, hard metal, uncoated, flank wear, turning, lathe.

RESUMEN

En todo proceso de mecanizado, existen factores que influyen sobre el desgaste de la herramienta. Los principales son: el material a mecanizar, su forma y fijación; el material de la herramienta; las condiciones de corte; la lubricación; el tipo de máquina y su estado. Por estos motivos, la maquinabilidad ha sido y es investigada por diferentes autores.

En este trabajo, se ha evaluado la incidencia de la máquina, sobre el desgaste de insertos aplicados al torneado de barras trefiladas.

La duración del filo, se establece en base al máximo grado de desgaste que puede ser tolerado en un proceso de mecanizado, con el objeto de mantener su calidad dimensional y superficial. Asimismo, el desgaste afecta la productividad y los costos de fabricación.

Una forma de expresar el rendimiento de una herramienta, consiste en determinar la velocidad de corte para que el filo dure 15 minutos (V_{15}).

En tal sentido, se evaluó el rendimiento de insertos no recubiertos, en el torneado en seco de un acero SAE 12L14, utilizando un criterio de desgaste sobre la superficie de incidencia de $V_B=0,5$ mm y empleando un torno convencional y otro de control numérico.

Las barras de 38 mm de diámetro, fueron fijadas entre plato y contrapunta, con un largo expuesto de 320 mm.

A partir de establecer unas condiciones de corte que garantizaron la rotura de viruta, se emplearon, una profundidad de pasada de 1,25 mm con un avance de 0,125 mm/rev, y velocidades de corte en el rango de 150 m/min a 240 m/min. Como herramientas de corte, se usaron insertos de metal duro no recubiertos CNMG 120408 ISO P40.

Los resultados de los ensayos, arrojaron con el torno de control numérico una velocidad V_{15} de 246,8 m/min, un 9,0% mayor al obtenido en el torno paralelo, cuando se mecanizó material de la misma colada.

Palabras Clave: insertos, metal duro, no recubiertos, desgaste en incidencia, torneado, torno

1. Introducción

A diferencia de lo que sucede en un taller de mecanizado, que tiene siempre entre sus objetivos disminuir los tiempos de fabricación, y por ese motivo utiliza insertos recubiertos, un laboratorio de ensayo, que desea evaluar como un material a mecanizar desgasta un inserto, o como resulta en el desgaste la influencia del empleo de lubricante, utiliza insertos no recubiertos para realizar estas pruebas. Básicamente, las razones obedecen a tres motivos: 1) dado que estos ensayos de duración de filo demandan mucho tiempo de máquina y material, una manera de reducir los costos radica en emplear insertos que se desgastan más fácilmente, como es el caso de los no recubiertos, 2) porque usar un inserto con recubrimiento significa que dos materiales conforman la herramienta de corte, cada uno con una tasa de desgaste propia [1], que no hace otra cosa que dificultar la evaluación dimensional de la zona desgastada, y 3) seguramente, en razón de lo comentado antes, la Norma ISO 3685 sobre "Ensayos de vida para herramientas monocortantes de torneado" [2], establece exclusivamente realizar evaluaciones de duración, empleando calidades de insertos no recubiertos.

La situación comentada hace que los grandes fabricantes de herramientas de metal duro orienten sus insertos a calidades con recubrimiento [3,4,5], en detrimento de las que no lo poseen, de manera que se hace muy difícil para los laboratorios de ensayo, poder cumplimentar la condición de la Norma sobre usar insertos no recubiertos en este tipo de pruebas.

Por otra parte, una extensa revisión de la bibliografía nos muestra que la mayoría de los trabajos de investigación realizados sobre duración de filo de herramientas en torneado se orientan a, comparar el rendimiento de varias calidades recubiertas entre sí, o de una calidad no recubierta, con varias recubiertas. En otras ocasiones, se hace hincapié en el sistema de lubricación, en la clase de material mecanizado, o en alguna otra condición de proceso (velocidad, chatter, o empleo de un tratamiento sobre el metal duro).

A modo de aclaración recordamos que, se denomina vida o duración de una herramienta, al tiempo de corte obtenido hasta alcanzar un desgaste predeterminado. Es por esta razón que, cuando se habla de duración y desgaste, pareciera que fueran sinónimos.

Dando mayores precisiones, C. **Haron** [6] comparó en pruebas de torneado de un acero de herramientas denominado 95MnCrW1 con una dureza HRC23, la duración de insertos romboidales del tipo V de 35° con y sin recubrimiento, efectuando el mecanizando tanto en seco como en húmedo. Los resultados obtenidos mostraron que, los insertos recubiertos presentaron una tasa de desgaste mucho menor que los no recubiertos. Adicionalmente se observó que, en condiciones húmedas, las duraciones alcanzadas lo hicieron en el mismo sentido, aunque con un sensible incremento, respecto de los valores obtenidos en seco. Para dar una idea, los insertos no recubiertos duraron menos de 5 minutos a una velocidad de corte de 75 m/min mientras que, los recubiertos llegaron a 7 minutos de duración a una velocidad de 350 m/min, en ambos casos sin usar lubricación. De estos resultados se desprende que, la velocidad de 75 m/min resultó un valor límite para el inserto no recubierto. Por el

contrario, un rango de velocidades entre 250 a 350 m/min, resultaría una condición adecuada si se emplearan los insertos recubiertos.

Por otra parte, **R. Yigit** [7] evaluó la evolución del desgaste de insertos recubiertos y no, en el torneado en seco de una fundición nodular de dureza HB 258, a cuatro diferentes velocidades de corte (rango empleado de 125 a 200 m/min). Se utilizaron insertos con sustrato de metal duro (WC+Co) y geometría SNMA 120408 de tres diferentes tipos: sin recubrimiento, con una capa exterior de TiN de 7,5 μm y con recubrimiento exterior de TiN de 10 μm de espesor.

En todos los casos analizados, el inserto recubierto de TiN de 10 μm fue aquel que presentó el mejor comportamiento frente al desgaste, si bien las diferencias a su favor, no resultaron muy significativas.

Habitualmente los estudios de desgaste de herramientas se realizan en condiciones estables de corte. Por el contrario, **M. Kayhan** [8] se propuso entender la duración de los filos de corte, en el caso de encontrarse sometidos a vibraciones autoexcitadas (chatter).

La investigación del chatter ha mostrado que la profundidad de pasada, es el factor de corte más crítico que afecta la estabilidad del proceso, y su aparición durante el mecanizado es una de las limitaciones más importantes en la producción de piezas.

En este trabajo, los datos fueron recolectados en procesos de torneado, utilizando insertos de metal duro sin recubrimiento, mecanizando un acero AISI 1040, tanto en condiciones estables como de chatter. También fueron analizadas la influencia de las condiciones de corte, y la severidad del chatter. Los resultados obtenidos mostraron una reducción de la vida útil con el chatter, tanto mayor cuanto más severo resultó ser. La disminución fue del orden del 50%, incrementándose a 80% en el caso de un chatter más severo, y su efecto fue más negativo con el aumento de la velocidad de corte. Resulta entonces que, un sistema de mecanizado más rígido, podría proveer una solución eficaz para disminuir estas vibraciones.

Por su lado, **M. Khan** [9] estudió la incidencia de tres sistemas de lubricación (MQL=Minimum Quantity Lubricant, húmedo, y seco), aplicando un aceite vegetal, en el desgaste de insertos de metal duro no recubiertos del tipo SNMG 120408, durante el torneado de acero AISI 9310 con una dureza HB 257. De los tres métodos de lubricación evaluados, el sistema MQL fue aquel que produjo los menores valores para el desgaste a igual tiempo de corte, mientras que el corte en seco resultó ser el de peor performance.

En el caso de **M. Rogante** [10], se propuso evaluar el desgaste de insertos de metal duro tipo TNMG 220408 con y sin recubrimiento, aplicados al torneado seco de semiterminación, de un acero SAE 1045 de dureza HB 191, usando un torno CNC. Los resultados mostraron que, con insertos recubiertos, pudieron alcanzarse tiempos de mecanizado de al menos un 50% mayor.

Con el objeto de considerar la influencia de un tratamiento criogénico aplicado a insertos de metal duro no recubiertos, **S. Gill** [11] realizó ensayos de torneado en seco y húmedo sobre un acero SAE 1060, utilizando cuatro velocidades de corte en el rango de 110 a 180 m/min, midiendo en todos los casos la evolución del desgaste en la superficie de incidencia (criterio de interrupción $V_B=0,6\text{mm}$).

Los resultados obtenidos mostraron que, los insertos con tratamiento criogénico rindieron de mejor modo cuando se trabajó en húmedo, y

que incluso esta tendencia se acentuó a mayores velocidades de corte.

Trabajando sobre Inconel 718 de dureza HRC 32, **A. Bhatt** [12] midió el desgaste en insertos RCMT 1204, tanto recubiertos como no, en operaciones de torneado en terminación. Las velocidades de corte empleadas fueron en el rango de 50 a 100 m/min.

Llamativamente, a la menor velocidad de corte, de 50 m/min, los insertos sin recubrimiento produjeron el mejor rendimiento, en tanto que a la velocidad intermedia de 75 m/min esta situación se alcanzó con el inserto recubierto con TiAl PVD. Para finalizar, a la velocidad de 100 m/min, el inserto con triple capa TiCN+Al₂O₃+TiN CVD, resultó aquel que mejor se comportó.

Ensayando un par de materiales relativamente modernos, como son el Ti6Al4V y otro similar, de maquinabilidad mejorada, el TIMETAL, ambos con una dureza en el entorno de los HB 240, **M. Armendia** [13], usando insertos no recubiertos CNMG 120408 en operaciones de torneado húmedo (aceite emulsionable al 7% con caudal de 12 l/min), y a velocidades de corte en el rango de 50 a 100 m/min, midió el desgaste sobre la superficie de incidencia. Los resultados mostraron que hasta los 80 m/min no hubo diferencia entre los materiales mecanizados, en tanto que a 90 m/min y 100 m/min, la maquinabilidad del TIMETAL fue significativamente superior.

Asimismo, **A. Sahoo** [14] en el torneado de terminación de un acero AISI 4340 de dureza HRC 47, midió el desgaste en incidencia sobre insertos del tipo CNMG 120408 recubiertos y no recubiertos, a una velocidad de 150 m/min y en seco. En estas condiciones, los insertos recubiertos con TiN produjeron una duración de filo de 19 minutos, en tanto que los de ZrCN de 8 minutos, mientras que los no recubiertos no alcanzaron un minuto de duración.

Por último, **D. Martínez Krahmer** [15], realizando pruebas de torneado, comparó la duración de tres calidades de insertos de metal duro no recubiertos, resultando aquellos designados como ISO P10 superiores en al menos un 11% en relación a otros de menor resistencia al desgaste, como son los ISO P20 e ISO P40.

Si bien es cierto que, el desgaste de insertos recubiertos, o la incidencia de la lubricación, no son objeto específico de este trabajo, la amplia revisión de la bibliografía realizada que los incluye, nos muestra que no existen antecedentes en cuanto a la evaluación de la influencia de la máquina-herramienta utilizada, sobre el desgaste de las herramientas. Es por ello que en este trabajo, nos propusimos analizar el rendimiento de insertos no recubiertos, en el torneado en seco de un acero de corte libre SAE 12L14, empleando un torno paralelo convencional y otro CNC.

2. Procedimiento experimental

2.1 Materiales y equipos

El material evaluado fueron barras de acero trefilado SAE 12L14 pertenecientes a una misma colada, de 38 mm de diámetro cortadas a 350 mm de largo, cuya composición química se muestra en la Tabla siguiente:

Tabla 1 - Composición química del acero SAE 12L14

%C	%Mn	%P	%S	%Si	%Pb	%Fe
0,05–0,09	0,90–1,15	0,04–0,09	0,26–0,35	0,02	0,20–0,35	Balance

Se prepararon probetas metalográficas, conteniendo una sección longitudinal y otra transversal de la barra.

Las probetas fueron atacadas empleando nital 2%. Las inclusiones se clasificaron de acuerdo con la Norma ASTM E45, mientras que el tamaño de grano lo fue según la Norma ASTM E112.

Las observaciones, se hicieron con un microscopio óptico marca ZEISS, AXIOTECH, mientras que la microdureza fue determinada con un microdurómetro Vickers, marca Shimadzu HMV 2000.

Para efectuar los ensayos de rendimiento de insertos, se utilizaron un torno paralelo Turri T-250, y un torno CNC Promecor SMT 19.

Las herramientas de corte usadas, fueron insertos no recubiertos CNMG120408 ISO P40, fijados en portainsero MCLNR-2525M12.

En primer lugar, se realizaron pruebas para establecer un valor de avance que, combinado con una profundidad de pasada de 1,25 mm, produjese la rotura de viruta. Este avance resultó ser de 0,125 mm/v.

Para las velocidades de corte, se tomaron como referencia valores indicados por los principales fabricantes de insertos, resultando un rango de 150 a 240 m/min. Las pruebas se efectuaron en seco.

Las barras de 38 mm de diámetro, fueron fijadas entre plato y contrapunta, con un largo expuesto de 320 mm.

2.2 Medición de desgaste

El desgaste V_B sobre la cara de incidencia de los insertos, fue medido usando un banco óptico marca Dormer. Fue fijado un máximo de 0,5 mm dado que la calidad ISO P40 es de baja resistencia al desgaste.

3. Resultados y discusión

3.1 Caracterización del material mecanizado

Sobre el material a ensayar, se realizaron mediciones de microdureza Vickers, según la Norma ASTM E384, empleando 500X y una carga de 1000 gf, sobre una sección transversal, resultando HV 200 ± 5.

El análisis metalográfico reveló que, el material presenta una microestructura laminada en caliente, constituida por una matriz de granos equiaxiales de ferrita, con una menor proporción de perlita distribuida en bandas y de forma heterogénea en la matriz; correspondiéndole un tamaño de grano N° 6.5 (ver Figura 1).

Las inclusiones corresponden al tipo A (sulfuro), serie fina N° 2 ½ y serie gruesa N° 2, y tipo D (óxido), serie fina N° ½ (ver Figura 2).

La microestructura correspondiente a la superficie exterior es similar a la del núcleo, observándose granos deformados plásticamente, provenientes del trabajo de deformación plástica en frío (trefilado).

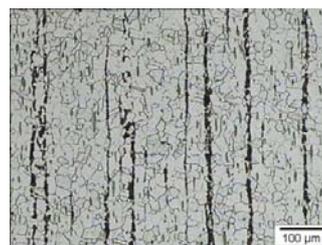


Figura 1 - Microestructura (100x)

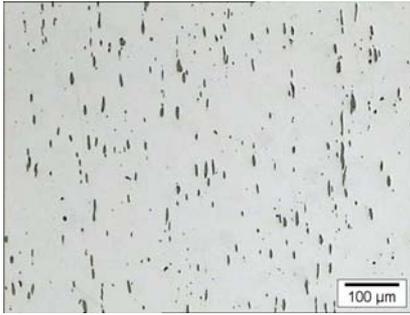


Figura 2 - Inclusiones (100x)

3.2 Resultados del mecanizado

Con el objeto de no introducir una nueva variable en los ensayos, la longitud expuesta del portaherramienta sobre la torreta, se fijó a un largo en voladizo (sin apoyo), de 55 mm en ambas máquinas.

En relación al intervalo de tiempo empleado para medir el desgaste V_B , se estableció de modo tal que, resultarían al menos cuatro puntos o más, por curva de desgaste. Por otra parte, dado que a menor velocidad, la duración aumenta de manera significativa, el intervalo temporal siempre fue mayor a velocidades más altas.

A continuación presentaremos los valores obtenidos, diferenciados por tipo de máquina.

Aquellos correspondientes al torno convencional, fueron tomados de referencia durante nuestro estudio.

3.2.1 Torno convencional

En las figuras 3, 4, y 5 se presentan los valores medidos para la duración de filo T , en función del desgaste V_B , así como las curvas de ajuste cuadrático y su ecuación correspondiente, para las velocidades de 240 m/min, 180 m/min y 150 m/min respectivamente.

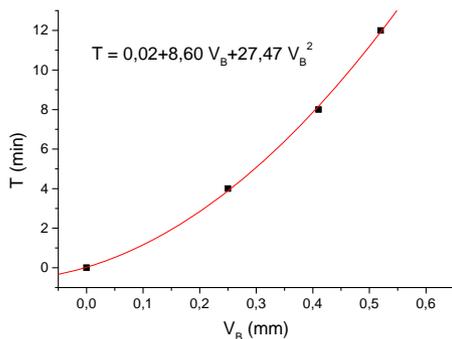


Figura 3 - Curva de desgaste para $V_c=240$ m/min

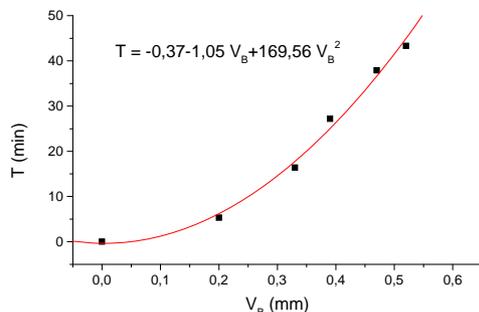


Figura 4 - Curva de desgaste para $V_c=180$ m/min

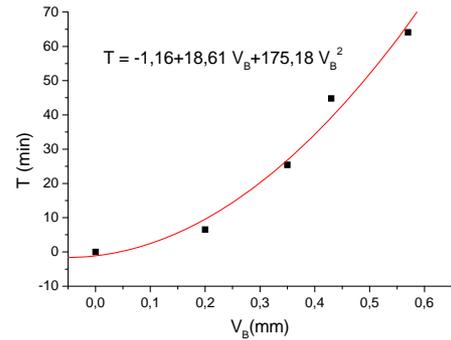


Figura 5 - Curva de desgaste para $V_c=150$ m/min

3.2.2 Torno CNC

En las figuras 6, 7, y 8 se presentan los valores medidos para la duración de filo T , en función del desgaste V_B , así como las curvas de ajuste cuadrático y su ecuación correspondiente, para las velocidades de 240 m/min, 180 m/min y 150 m/min respectivamente.

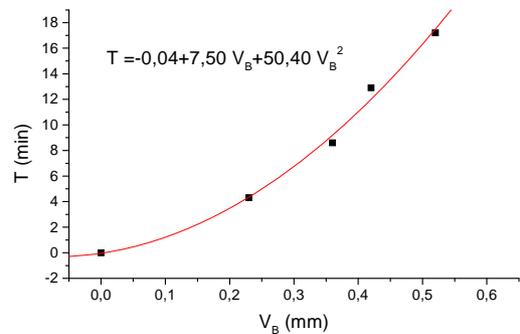


Figura 6 - Curva de desgaste para $V_c=240$ m/min.

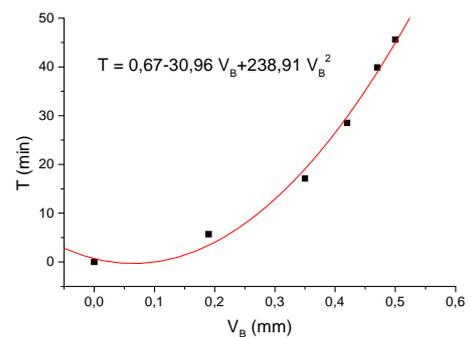


Figura 7 - Curva de desgaste para $V_c=180$ m/min

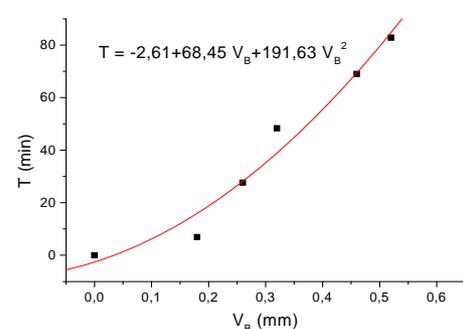


Figura 8 - Curva de desgaste para $V_c=150$ m/min.

3.3 Curvas de Taylor

A partir de las distintas curvas de desgaste obtenidas (ver figuras 3 a 8 inclusive), y para un criterio $V_B=0.5\text{mm}$, se determinaron los puntos necesarios para poder ajustar la curva de Taylor, para cada uno de los tornos empleados durante los ensayos. Estos valores se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 2 - Valores de velocidad de corte vs duración de filo

Velocidad de corte V_c (m/min)	Torno	Duración de filo T (min)
150	Convencional/CNC	51,9 / 79,5
180		41,5 / 44,9
240		11,2 / 16,3

Finalmente, al realizar el análisis de regresión lineal según la Norma ISO 3685, se obtuvieron los parámetros:

Tabla 3 - Parámetros de la curva de Taylor

Torno	Exponente	Constante (m/min)	$V_{15'}$ (m/min)	Incremento (%)	R^2
Conv.	0,30	505,5	226,4	-	0,933
CNC	0,30	549,2	246,8	+9,0	0,998

Examinando la Tabla 2 se desprende que, las duraciones mínimas de filo alcanzadas fueron de 11,2 minutos o mayores. Por otro lado surge que las $V_{15'}$ obtenidas (ver Tabla 3), se encontraron próximas al intervalo específico de velocidades usado durante las pruebas.

Con esta información, se construyó a partir de las ecuaciones de Taylor correspondientes, un diagrama que muestra el comportamiento de los filos sobre cada máquina, en forma superpuesta, tal como se observa en la figura siguiente:

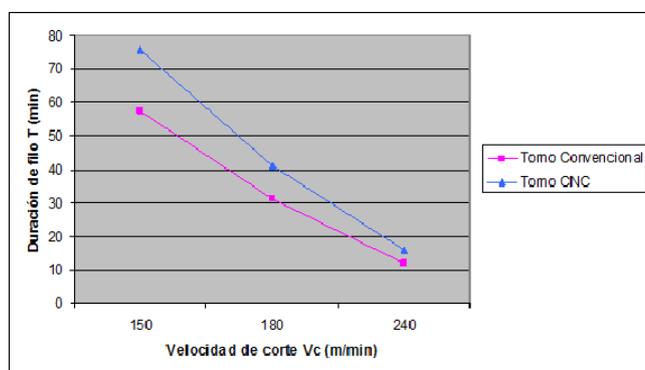


Figura 9 - Curvas de Taylor superpuestas

De la observación de este gráfico se puede concluir que, efectuar el torneado en el torno CNC aumentó la duración del filo del inserto. Esta mejora ocurrió en todas las velocidades de corte usadas durante las pruebas, y la incidencia fue más significativa a las menores velocidades de corte ensayadas.

4. Conclusiones

- El empleo del torno CNC incrementó la duración del filo de las herramientas, torneando acero SAE 12L14, en todas las velocidades de corte empleadas.
- Los resultados de los ensayos, arrojaron con el torno de control numérico una velocidad $V_{15'}$ de 246,8 m/min, es decir, un valor mayor en un 9,0 % al obtenido en el torno paralelo, mecanizando acero SAE 12L14 perteneciente a la misma colada.
- Para el grado de acero ensayado, una duración económica de los filos (en los talleres de mecanizado se entiende por duración económica a una duración de filo mayor a 15 minutos), puede obtenerse en ambos tipos de máquinas, empleando velocidades de corte menores o iguales a 225 m/min.

REFERENCIAS

- [1] C. Godoy y otros, *Análise topográfica por perfilometría de desgaste de cratera en herramienta de metal duro revestida con TiN*, Actas del Congreso CONAMET/SAM 2002, Santiago de Chile, p 941-946.
- [2] Norma ISO 3685:1993, Tool life testing, with single point turning tools.
- [3] www.sandvik.coromant.com
- [4] www.iscar.com
- [5] www.kennametal.com
- [6] C. Haron et al, *Wear of coated and uncoated carbides in turning tool steel*, Journal of Materials Processing Technology 116 (2001) p 49-54.
- [7] R. Yigit et al, *Effect of cutting speed on the performance of coated and uncoated cutting tools in turning nodular cast iron*, Journal of Materials Processing Technology 204 (2008) p 80-88.
- [8] M. Kayhan et al, *An experimental investigation of chatter effects on tool life*, Engineering Manufacture 223 (2009) p 1455-1463.
- [9] M. Khan et al, *Effects on minimum quantity lubrication on turning AISI 9310 alloy steel using vegetable oil-based cutting fluid*, Journal of Materials Processing Technology 209 (2009) p 5573-5583.
- [10] M. Rogante et al, *Wear characterisation and tool performance of sintered carbide inserts during automatic machining of AISI 1045 steel*, Journal of Materials Processing Technology 209 (2009) p 4776-4783.
- [11] S. Gill et al, *Wear behaviour of cryogenically treated tungsten carbide inserts under dry and wet turning conditions*, International Journal of Machine Tools & Manufacture 49 (2009) p 256-260.
- [12] A. Bhatt et al, *Wear mechanisms of WC coated and uncoated tools in finish turning of Inconel 718*, Tribology International 43 (2010) p 1113-1121.
- [13] M. Armendia et al, *Comparison of the machinabilities of Ti6Al4V and TIMETAL using uncoated WC-Co tools*, Journal of Materials Processing Technology 210 (2010) p 197-203.
- [14] A. Sahoo et al, *Experimental investigations on machinability aspects in finish hard turning of AISI 4340 steel using uncoated and multilayer coated carbide inserts*, Measurement 45 (2012) p 2153-2165.
- [15] D. Martinez Kraemer y otros, *Rendimiento de insertos de metal duro no recubiertos en operaciones de torneado. La influencia de la calidad del inserto*, Congreso SAM / CONAMET 2013, Misiones.