

# Aproximación al análisis de la viruta obtenida por micro fresado planar en aleación de aluminio 7075

Mario José Remolina León,  
Centro Metalmecánico SENA, Distrito Capital  
Universidad nacional de Colombia  
a servicio nacional de aprendizaje-SENA  
mjremolinal@unal.edu.co  
mremolinal@sena.edu.co

Lina Fernanda Toro Toro,  
Centro Metalmecánico SENA, Distrito Capital  
Universidad nacional de Colombia  
a servicio nacional de aprendizaje-SENA  
ltorot@unal.edu.co  
lftoro9@misena.edu.co

## Resumen

Este artículo muestra un método de aproximación experimental enfocado al estudio de la viruta generada en el proceso de micro fresado plano sobre Aleación de Aluminio 7075. Se muestra un procedimiento de análisis de la viruta obtenida, realizando Ensayos de Dureza, Metalografía y Microscopia Electrónica de Barrido (SEM).

### Palabras Clave:

Micro maquinado, Micro Fresado Plano, Viruta.

## 1. Introducción

Actualmente, se ha mostrado un creciente interés por la obtención de una mayor precisión y miniaturización en una amplia gama de actividades de manufactura. Estas tendencias crecientes han dado lugar a nuevas exigencias en el maquinado, especialmente a escala micro [1].

Un ejemplo actual se encuentra en la gran demanda de micro piezas en los campos de defensa nacional de naciones orientales. La realización de micro ejes que se utilizan ampliamente en sistemas micro mecánicos en aleación 7075, son analizados en su viabilidad y fiabilidad en relación al proceso de micro corte. [2].

Reconocer los atributos físicos del proceso de micro maquinado estableciendo las causas y los patrones de los fenómenos que lo acompañan, dan una guía hacia una gestión racional del proceso de micro manufactura, mejorando procesos productivos, economía de proceso, mejor obtención de acabados superficiales y piezas mecanizadas de mayor calidad. [3].

El presente estudio remarca la exploración experimental del análisis de la viruta generada por micro fresado plano en Aleación de Aluminio 7075.

El objetivo principal fue evaluar algunos de los fenómenos físicos en la viruta, teniendo en cuenta morfologías, geometrías y micro durezas.

## 2. Procedimiento Experimental

### 2.1 Materiales

Bloque 30x52x20.5mm de Aleación de Aluminio 7075 (Duraluminio).

Se verificó la composición, antes y después del proceso de micro fresado por las técnicas EDX (Energy-dispersive X-ray spectroscopy) y XRF (X-ray fluorescence).

### 2.2 Equipos, Herramientas de corte y Montaje

Centro de mecanizado DOOSAN DNM 400 II multi-ejes con cuarto eje indexable (fig. 1). Dimensiones de área de corte:

- Eje X: 762 mm
- Eje Y: 435 mm
- Eje Z: 510 mm

Resolución de 1  $\mu$ m.

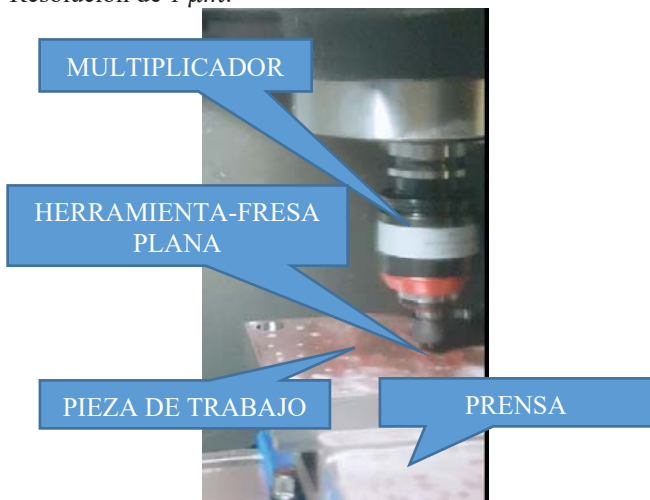


Figura 1: Montaje experimento en DOOSAN DNM 400 II

Multiplicador de RPMs Madaula, relación 5:1 (RPMs Máx. 30 000). Pinzas ER-16. Fresa Plana GUHRING No. 5507, Z=3,  $\phi=2,0$  mm. Material: Carburo – UF. Recubrimiento: Fire®. Tolerancia en corte  $\phi h10$ . Ángulo de Hélice  $\omega=30^\circ$ . Ángulo de Desprendimiento  $\gamma=9^\circ$ . Ángulo de Incidencia  $\alpha=8^\circ$ . Ángulo Principal en el Plano  $\phi=45^\circ$ . Radio

de filo de corte  $\rho=0.025\text{mm}$ , medido en Preseteador Zoller Smile 400 con cámara telecéntrica (20X).

### 2.3 Procedimiento de Micro Corte (Micro Fresado Plano)

Los parámetros básicos guía para el micro maquinado según fabricante – Guhring [13] fueron:

| <b>Parámetros de Corte Aleación 7075</b>   |                  |                                 |   |
|--|------------------|---------------------------------|---|
| Velocidad de Corte<br>$V_{cAl}$<br>[m/min] | RPMs<br>$n_{Al}$ | Avance<br>$v_{fAl}$<br>[mm/min] | Avance por Diente<br>$f_{zAl}$<br>[mm/DIENTE] |
| 405  | 64 457*          | 375                             | 0.005   |

Tabla 1. Parámetros de Corte Aleación 7075 [13]

\*Se optó por utilizar 25 000 RPMs, debido a la capacidad del dispositivo. El equipo multiplicador, según fabricante, sólo puede estar en un régimen constante de alta velocidad en tiempos restringidos.

**PLANEADO**  
**MATERIAL: DURALUMINIO**  
**PROF. PASADA: 0,2 mm**  
**n MULTIPLICADOR: 25 000 RPMs**  
**n HUSILLO: 5 000 RPMs**

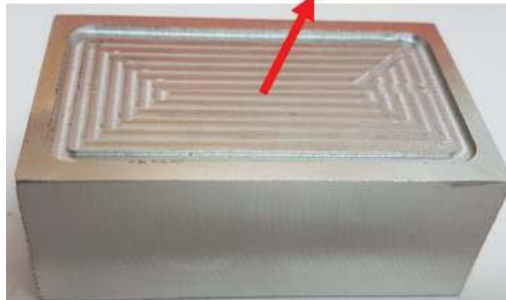


Figura 2. Probeta Aleación de Aluminio 7075

Para el experimento se realizaron pockets (vaciados) con profundidades de 0.2 mm sobre la aleación 7075 (fig. 2). El fabricante recomienda máximo el 50% del diámetro efectivo de corte como profundidad. Se elige el 10% ( $200\mu\text{m}$ ) con el fin de estar en el rasgo de orientación sobre la escala de  $\mu$ -Procesos de corte – Micro Maquinado, “Proceso de mecanizado en el que los espesores de la capa de material eliminado con una sola pasada del filo de corte oscilan entre 1 y  $999\mu\text{m}$ ” [4]. Se utilizó el 70% del diámetro con el objetivo de no obtener una sobre carga en los dientes y poseer mayor contacto de área sobre el material [9].

Con base en los resultados obtenidos sobre diferentes estrategias de corte [5], se elige la estrategia Constant Overlap Spiral Cutting (Corte en Espiral con Superposición Constante), con una dirección de mecanizado en paralelo (Climb), debido a la reducción en la carga del filo de corte, mejor acabado superficial y mejora de la vida útil de la herramienta. El retroceso (Backlash) es contrarrestado automáticamente por el centro de mecanizado [6]. Se utilizó refrigerante CIMCOOL CIMTECH 100.

### 2.4 Obtención de la Viruta

Una porción de la viruta generada en el proceso de micro corte, fue encapsulada en baquelita para su respectivo análisis metalográfico.

## 3. Resultados

### 3.1 Exploración metalográfica de la viruta en Aleación 7075.

El estudio metalográfico se realizó sobre el material en bruto (stock) (fig. 3) y la viruta (fig. 4).

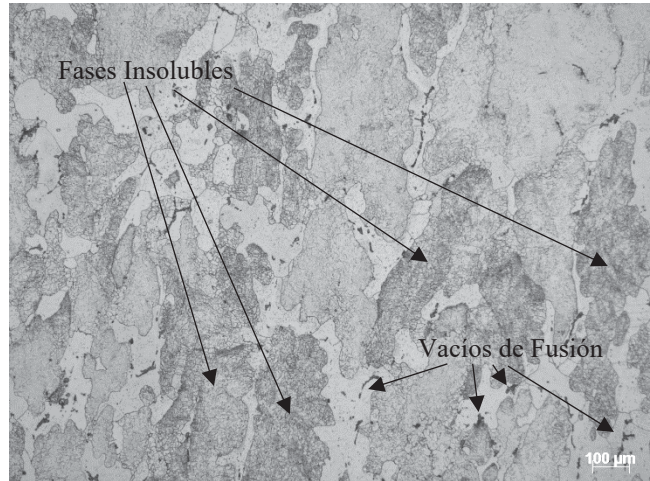


Figura 3. Metalografía Aleación 7075 Stock Material



Figura 4. Metalografía Aleación 7075 Viruta  $20\mu\text{m}$

El reactivo utilizado para el análisis metalográfico de la Aleación 7075 fue Keller (Composición: 2 mL HF (48%), 3 mL HCl concentrado, 5mL HNO3 concentrado, 190 mL H2O)[7]. Se observan vacíos de fusión (puntos negros) y aglomeración de fases insolubles (gris oscuro). (fig. 3,4) En la viruta se observa un alargamiento de los granos con una respectiva orientación. (fig. 4)

### 3.2 Visualización en Microscopio Óptico de Barrido

Se realizó una visualización de la geometría de la viruta derivada en las pruebas de Aleación 7075 (fig. 5)

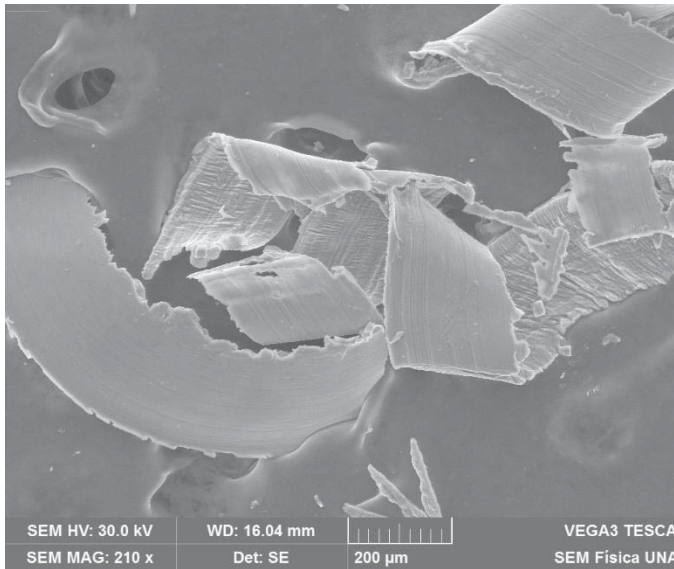


Figura 5. Superficies de viruta de Aleación de Aluminio en SEM

Se observa en la Zona de Corte Primaria, una superficie estriada con fraccionamiento en algunos de los ejemplares.

La superficie de la Zona de Corte Secundaria, muestra las líneas de arranque generadas en el proceso de corte.

### 3.3 Evaluación de la Micro Dureza

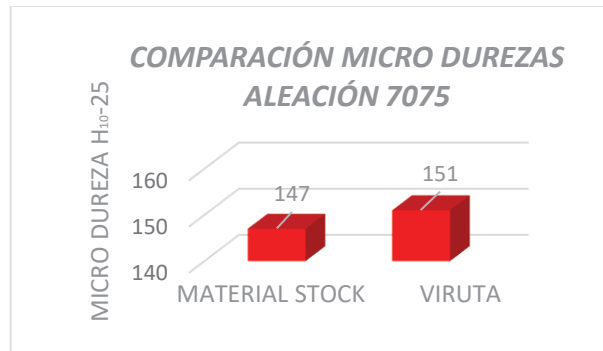
Se obtuvo valores de Micro Dureza  $H_{10} - 25$ , en stock (Tabla 2) y en la viruta (Tabla 3). La toma de dureza, se realizó aleatoriamente, sobre la viruta y el stock, bajo norma ASTM E 384-16, en un equipo LECO M-400-G2.

| Aleación de Aluminio 7075                                  |       |       |       |       |      |
|--|-------|-------|-------|-------|------|
| Medidas<br>[ $\mu\text{m}$ ]                               | 16.9  | 17.3  | 18    | 17.6  | 17.5 |
|  | 17.4  | 18.2  | 17.7  | 18.3  | 18.3 |
| Promedio   | 17.15 | 17.75 | 17.85 | 17.95 | 17.9 |
| Micro-Dureza<br>[ $\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$ ]       | 157   | 147   | 145   | 143   | 144  |
| Micro Dureza Promedio $147 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$ |       |       |       |       |      |

Tabla 2. Micro Dureza Stock Aleación de Aluminio

| Viruta de Aleación de Aluminio 7075                        |      |       |      |
|--|------|-------|------|
| Medidas<br>[ $\mu\text{m}$ ]                               | 17.3 | 18.5  | 16.9 |
|  | 17.9 | 18    | 16.5 |
| Promedio   | 17.6 | 18.25 | 16.7 |
| Micro-Dureza<br>[ $\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$ ]       | 149  | 139   | 166  |
| Micro Dureza Promedio $151 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$ |      |       |      |

Tabla 3. Micro Dureza de Viruta Aleación de Aluminio



Gráfica 1. Comparación Micro Dureza de Viruta y Material Stock - Aleación de Aluminio

### 4. Discusión de Resultados

En la sección 3.1 y 3.2, se observa (fig. 3,4 y 5) que, para la aleación, las virutas muestran deformación en los granos, siendo estos orientados y alargados por el proceso de micro fresado. Se constata que la formación de viruta por mecanizado, es una forma efectiva de SPD (Severe Plastic Deformation) [8]. Este fenómeno describe (según I.A. TIME) que, desde la zona de deformación, los granos de cada material empiezan a deformarse, alargándose y apilándose por secciones [9].

Las muestras obtenidas, están en el final del ciclo de formación. En esta etapa, las virutas tienen una estructura con granos severamente deformados, los cuales son similares a aquellos que experimentan deformación plástica bajo esfuerzos combinados. [10]

En la sección 3.3, se observa un comportamiento de endurecimiento en la viruta generada en el proceso (Gráfica 1). Al observar la metalografía de la viruta de 7075 (fig. 4), puede inferirse que esta viruta pudo estar sometida a una temperatura de  $\pm 500^\circ\text{C}$ , siendo esta óptima para el tratamiento térmico de templeado sobre dicha aleación [11].

La Aleación 7075 pertenece al grupo de Aleaciones de Aluminio que envejecen de forma natural y las propiedades mecánicas más altas se obtienen después del envejecimiento a la temperatura ambiente durante 5-6 días [12][11], esto da una señal del endurecimiento de la viruta generada sobre la Aleación.

### 5. Conclusiones

Sobre la base del presente estudio, el análisis experimental de la viruta generada, puede resumirse en los siguientes aspectos:

1. Las orientaciones de los granos en las vistas metalográficas sobre la viruta, se muestran convergentes al fenómeno de la deformación cortante del material en el proceso de micro maquinado.
2. El mecanismo de formación de virutas mediante un proceso de cortante, puede ilustrarse mediante el desplazamiento sucesivo de cartas en una pila. Cada carta sucesiva se desplaza hacia adelante una

pequeña cantidad con respecto a su vecino mientras la herramienta de corte progresa.

3. Las distribuciones de micro dureza sobre las virutas obtenidas, invitan a realizar un detenido estudio de investigación para tratar la dispersión en los rangos de micro dureza obtenidos en esta aproximación experimental.

## 6. Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Ing. J.I. Marín Subdirector del Centro Metalmecánico SENA quien apoyó la investigación con recursos físicos, humanos y financieros. Al tecnólogo en mecanizado CNC SENA, J.D. Blanco, quien generó asistencia técnica enfocada a los procesos de micro fresado plano.

## Referencias

- [1] M. Azizur Rahman, M. Rahman. CNC microturning an application to miniaturization. 2004.
- [2] Liu Ke-fei, Zhang Zhi-jing, Liu Zhi-bing, Zhou Min, Chen Xian-zhan. Study on Cutting Technology of Miniature Parts of Duralumin Alloy. Light Alloy Fabrication Technology. 2005.
- [3] Arshinov. V. A. Metal Cutting Theory and Cutting Tool Design (In Russian). Ed MIR. Moscow. Russia. Chapter 1. 1975.
- [4] K. Gupta. Micro and Precision Manufacturing. Ed Springer. Engineering Materials. Johannesburg. South Africa. 2018.
- [5] A. Perveen and C. Molardi. Machining of Microshapes and Features. Ed Springer. Chapter 1. Pages 10-19. Republic of Kazakhstan. 2018.
- [6] Harvey Tool Company, LLC. CONVENTIONAL MILLING VS. CLIMB MILLING. Technical Resources. 2017.
- [7] ASM Handbook Metallography And Microstructures. Volume 9. 2004.
- [8] M. R. Shankar, B. C. Rao, S. Lee, S. Chandrasekar, A. H. King, W. D. Compton Severe plastic deformation (SPD) of titanium at near-ambient temperature. Acta Materialia 54. Pages 3691–3700. 2006.
- [9] E. Barbashov. Manual del Fresador. Segunda Ed. Editorial MIR. Moscú. 1981.
- [10] V.P. Astakhov. Metal Cutting Mechanics. CRC Press. Chapter 2. EEUU. 1998.
- [11] A. P. Guliáev. Metalografía. Tomo 2. Ed. MIR. Moscú. Rusia. 1977.
- [12] Y. Lakhtin. Engineering Physical Metallurgy and Heat-Treatment. MIR Publishers. Moscow. Russia. 1979.
- [13] Guhring. Catálogo Super Line. Programa ampliado. Alemania. Ed. 2016.