

# **High speed milling technological regimes, process condition and equipment condition influence on surface quality parameters of difficult to cut materials**

**Author: Andris Logins**

## Resumen

La calidad superficial en las piezas mecanizadas depende del acabado superficial, resultado de las marcas dejadas por la herramienta durante el proceso de corte. Las aproximaciones teóricas tradicionales indican que estas marcas están relacionadas con los parámetros de corte (velocidad de corte, avance, profundidad de corte...), el tipo de máquina, el material de la pieza, la geometría de la herramienta, etc. Pero diferentes tipos de mecanizado y selección de materiales pueden dar un resultado variable. Hoy en día, y de una manera progresiva, se están utilizando las técnicas de fresado de Alta Velocidad sobre materiales de difícil mecanizado cada vez más. El fresado de Alta Velocidad se utiliza a menudo en los procesos de fabricación de moldes para inyección de plástico, donde la rugosidad superficial es un criterio significativo exigido en la calidad del producto. De la misma forma se exige en el sector del automóvil, en la ingeniería industrial en general o incluso en la fabricación de juguetes, donde las piezas de plástico con una alta calidad en su acabado superficial han sido producidas usando técnicas de inyección en moldes. El fresado de Alta Velocidad implica a un considerable número de parámetros del proceso que pueden afectar a la formación topográfica 3D de la superficie. La influencia de algunos factores ha sido ampliamente estudiada por varios investigadores. Ellos han propuesto diferentes aproximaciones de modelos matemáticos para predecir la textura y rugosidad superficial final en los procesos de fresado. Pero, la falta de conocimiento en los procesos de mecanizado de Alta Velocidad no permite predecir eficientemente resultados de rugosidad superficial en piezas mecanizadas.

Respaldado por el trabajo previo hecho en el Trabajo Fin de Máster, el autor concluye que solo el análisis estadístico es una herramienta insuficiente para la predicción de la rugosidad superficial con parámetros del proceso variables. La hipótesis de que los parámetros de rugosidad superficial dependen de las huellas dejadas por la herramienta, determinadas por las condiciones de trabajo y las propiedades del entorno, condujo al desarrollo de una metodología de investigación personalizada. Este trabajo de investigación muestra como la combinación de los parámetros, inclinación del eje de la herramienta, deflexión geométrica de la herramienta y comportamiento vibracional del entorno, influyen sobre el parámetro de rugosidad superficial 3D, Sz.

La metodología desarrollada por el autor y varios modelos matemáticos fueron usados en el proceso de análisis del fresado. El modelo general fue dividido en varias partes, en cada una se ha descrito la

influencia de parámetros del proceso adicionales, siendo incluidos en el modelo final propuesto. La confiabilidad de las mediciones obtenidas experimentalmente, cálculos y valores de rugosidad superficial predichos han sido comprobados con un proceso de validación estadístico. Las medidas de la topografía 3D de la superficie son comparadas con métodos de correlación estadística. Cada parte del análisis es acompañada por una aproximación matemática para el parámetro de rugosidad 3D,  $S_z$ . El proceso incremental seguido permite al autor desarrollar un modelo matemático general, paso a paso, añadiendo los componentes que más afectan a la formación de la topografía de la superficie.

En la primera parte de la investigación se desarrollaron nuevas muestras, con una forma más convencional de la herramienta de corte, para analizar la influencia de los parámetros de corte sobre la formación de la topografía de la superficie. Se seleccionó un proceso de fresado con herramientas de punta plana. Primero, es analizada la geometría de la herramienta, combinada con múltiples avances, para distinguir los principales parámetros que afectan a la rugosidad superficial. Se introduce un modelo de predicción con un componente básico para la altura de la rugosidad, obtenida por la geometría de la herramienta de corte.

A continuación, se llevan a cabo experimentos más específicamente diseñados, variando parámetros tecnológicos. Esto empieza con el análisis de la inclinación del eje de la herramienta contra la mesa de fresado. Los especímenes de análisis son muestras con cuatro recorridos de corte rectos, variando la dirección y sentido del corte. Las trayectorias lineales con diferentes direcciones dan la oportunidad de analizar la inclinación del husillo de fresado en la máquina. Un análisis visual reveló diferencias entre direcciones de corte opuestas, así como marcas dejadas por el filo posterior de la herramienta.

Considerando las desviaciones de las marcas de corte observadas en las imágenes de rugosidad superficial obtenidas a partir de las medidas, se introdujo un análisis sobre el comportamiento dinámico del equipo y de la herramienta de corte. Las vibraciones producen desviaciones en la mesa de fresado y en la herramienta de corte. Estas desviaciones fueron detectadas e incluidas en el modelo matemático para completar la precisión en la predicción del modelo.

Finalmente, el modelo de predicción del parámetro de rugosidad  $S_z$  fue comprobado con un mayor número de parámetros del proceso. Los valores de  $S_z$  medidos y predichos, fueron comparados y analizados estadísticamente. Los resultados revelaron una mayor desviación de la rugosidad predicha en las muestras fabricadas con diferentes máquinas y con diferentes avances.

Se han extraído importantes conclusiones sobre la precisión del equipo de fabricación, y de ellas se desprende que la huella de la herramienta de corte está directamente relacionada con los parámetros de la topografía de la superficie. Además, la influencia de la huella está afectada por la geometría de la herramienta de corte, la rigidez de la herramienta y la precisión del equipo. La geometría de la herramienta conforma la base del parámetro  $S_z$ , desviación de la altura de la superficie. Las conclusiones alcanzadas son la base para recomendaciones prácticas, aplicables en la industria.