

PREDICCIÓN DE FUERZAS EN EL PROCESO DE MICROFRESADO DE COBRE

VICENTE GONZÁLEZ BUGUEÑO

PROYECTO DE TITULACIÓN II

COMISIÓN EVALUADORA:

DR. ING. CARLOS GARRIDO SOTO

DR. ING. ALEXANDER ALFONSO ALVAREZ

DR. ING. WILMER VELILLA DÍAZ

10 DE SEPTIEMBRE DE 2024



ESPECIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

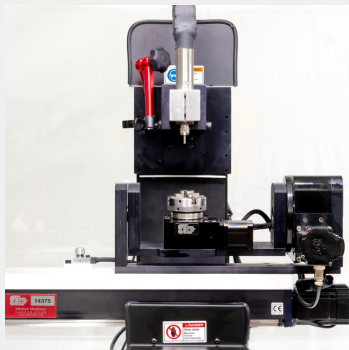
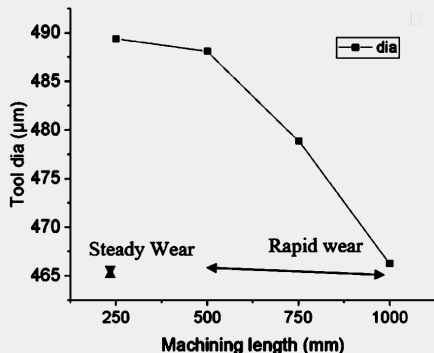


Figura: Microfresadora Minitech Mini-Mill/GX.

Tabla: Características.

Características	Unidades
Recorrido X	0-300 mm
Recorrido Y	0-200 mm
Recorrido Z	0-200 mm
Revoluciones N	0-60000 rev/min
Avance f	0.1-1200 mm/min

PLANTAMIENTO DE EL PROBLEMA



Efectos:

- Aumento en las fuerzas.

Riesgos:

- Daños a la pieza trabajada.
- Fractura de la microfresa.

Figura: Desgaste de la microfresa durante el maquinado.

[Sahu et al., 2024]

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

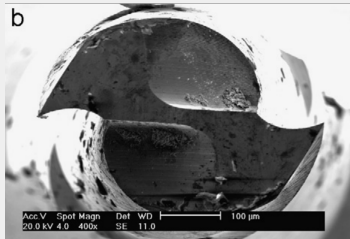


Figura: Microfresa de diámetro 0.5 mm.

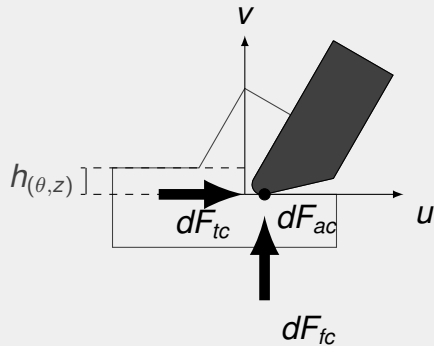


Figura: Diagrama de fuerzas en corte oblicuo.

[Malekian et al., 2009]

HIPÓTESIS Y SUPUESTOS

- Teniendo mediciones de fuerzas y conociendo los parámetros de operación de la fresadora se podrá predecir las fuerzas durante futuros maquinados de cobre.

OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS

- Filtrar ruido en mediciones de fuerza.
- Modelar las fuerzas durante el microfresado.
- Determinar coeficientes de corte para el conjunto cobre/microfresa.
- Resolver los modelos al variar los parámetros de operación.

- Análisis de frecuencias con la transformada de Fourier.
- Modelado de fuerzas durante el microfresado.
- Regresiones lineales.



Figura: Logo de python.

```
#!/usr/bin/python3  
# Procesamiento de datos  
import pandas  
import numpy  
import math  
import scipy.fft  
import os  
import csv  
  
# Figuras  
import matplotlib.pyplot  
import gc
```


RESULTADOS: FILTRADO DE RUIDO

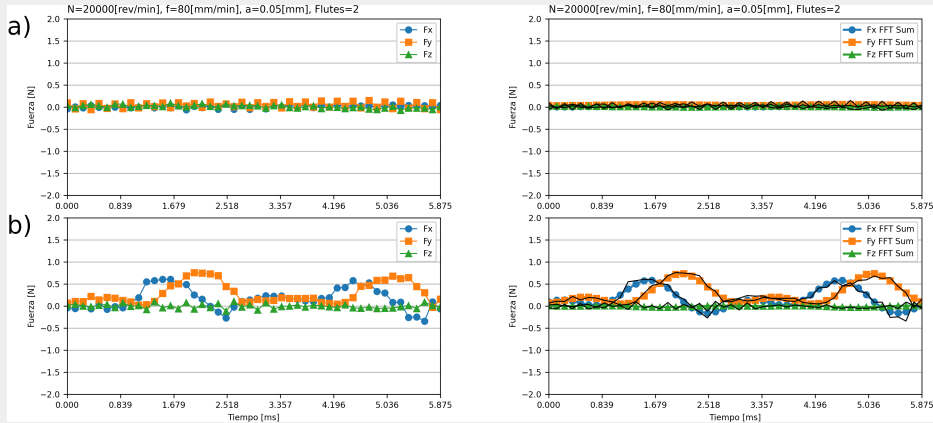


Figura: Filtrado de fuerzas antes y durante el corte.

RESULTADOS: MODELADO DE LAS FUERZAS

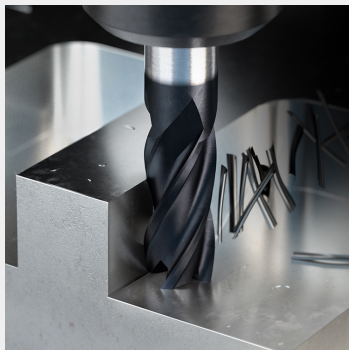


Figura: Maquinando con fresa convencional.

Movimiento de la microfresa:

- ✓ Rotación de la microfresa.
- ✓ Avance de la microfresa.
- ✓ Profundidad de corte.
- ✓ Excentricidad de la rotación.

RESULTADOS: MODELADO DE LAS FUERZAS

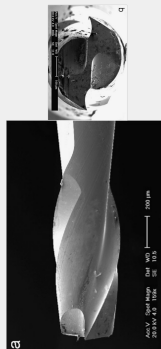
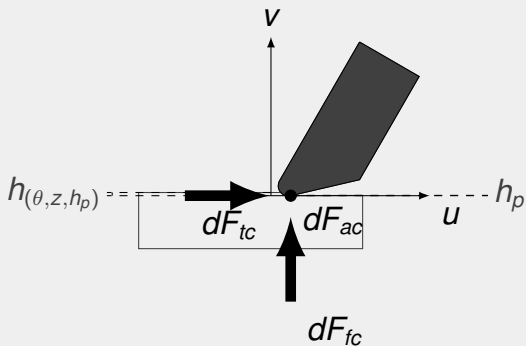


Figura: Microfresa de 0.5 mm.

Geometría de la microfresa:

- ✓ Radio de el borde cortante.
- ✓ Inclinación del borde cortante.
- ✓ Diámetro de la microfresa.

RESULTADOS: MODELADO DE LAS FUERZAS



Propiedades de el material:

- ✓ Recuperación elástica.
- ✓ Coeficientes de corte.
- ✓ Mínimo espesor de viruta antes de el corte.
- ✓ Coeficientes de arrastre.

Figura: Diagrama de fuerzas en arrastre de la herramienta.

RESULTADOS: COEFICIENTES DE CORTE (%33)

$$c0_{(\theta)} = \sum_{z=0}^a h_{(\theta_{(z)})} \sin(\theta_{(z)}), \quad c1_{(\theta)} = \sum_{z=0}^a \sin(\theta_{(z)})$$

$$c2_{(\theta)} = \sum_{z=0}^a h_{(\theta_{(z)})} \cos(\theta_{(z)}), \quad c3_{(\theta)} = \sum_{z=0}^a \cos(\theta_{(z)})$$

$$\sum_{\theta=\theta_{in}}^{\theta_{out}} \begin{bmatrix} F_y(\theta) c_0(\theta) \\ F_y(\theta) c_1(\theta) \\ F_y(\theta) c_2(\theta) \\ F_y(\theta) c_3(\theta) \end{bmatrix} = \sum_{\theta=\theta_{in}}^{\theta_{out}} \begin{bmatrix} K_{tc} c_0(\theta) c_2(\theta) & K_{te} c_0(\theta) c_3(\theta) & K_{fc} c_0(\theta) c_0(\theta) & K_{fe} c_1(\theta) c_0(\theta) \\ K_{tc} c_1(\theta) c_2(\theta) & K_{te} c_1(\theta) c_3(\theta) & K_{fc} c_0(\theta) c_1(\theta) & K_{fe} c_1(\theta) c_1(\theta) \\ K_{tc} c_2(\theta) c_2(\theta) & K_{te} c_2(\theta) c_3(\theta) & K_{fc} c_0(\theta) c_2(\theta) & K_{fe} c_1(\theta) c_2(\theta) \\ K_{tc} c_2(\theta) c_3(\theta) & K_{te} c_3(\theta) c_3(\theta) & K_{fc} c_0(\theta) c_3(\theta) & K_{fe} c_1(\theta) c_3(\theta) \end{bmatrix}$$

RESULTADOS: PREDICCIÓN DE FUERZAS

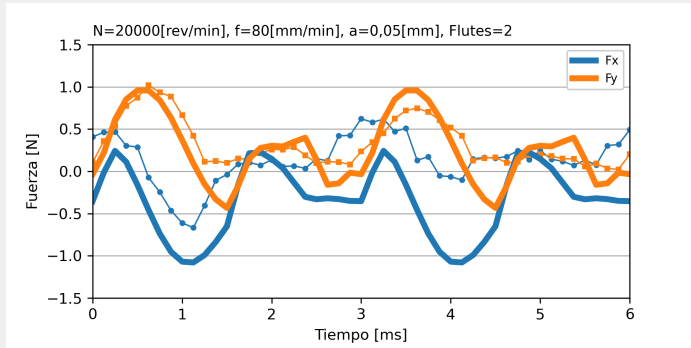


Figura: Fuerzas calculadas con modelos de corte.

DISCUSIÓN

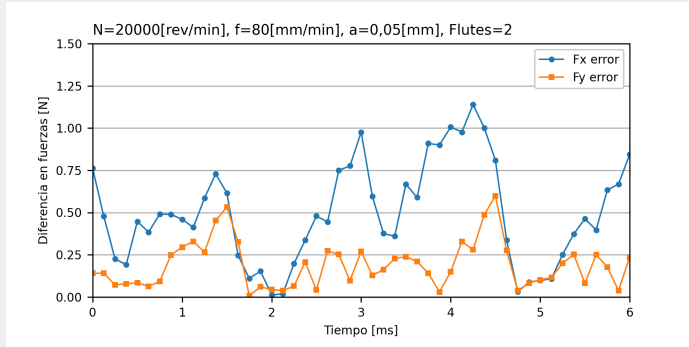


Figura: Diferencia entre los modelos y las mediciones de fuerza de corte.

CONCLUSIONES

En progreso

REFERENCES I



MALEKIAN, M., PARK, S. S., AND JUN, M. B. (2009).

MODELING OF DYNAMIC MICRO-MILLING CUTTING FORCES.

International Journal of Machine Tools and Manufacture, 49(7):586–598.



SAHU, A. K., IQBAL, F., AND JHA, S. (2024).

QUALITY ENHANCEMENT OF MICRO-MILLED CHANNELS WITH AUTOMATED LASER ASSISTANCE.

The International Journal of Advanced Manufacturing Technology.

