

## MODELO DE FUERZAS DE CORTE EN EL MICRO MECANIZADO DE TITANIO USADO EN IMPLANTES DENTALES.

Alvaro Garay Hernandez<sup>1</sup>, ajghdez@gmail.com

Hosmel Mauricio Hoyos Álvarez<sup>1</sup>, hosmelhoyos@gmail.com

Rafael Tuirán Villalba<sup>2</sup>, rafael.tuiranv@upb.edu.co

<sup>1</sup>Estudiante Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Pontificia Bolivariana Montería

<sup>2</sup>Docente Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Pontificia Bolivariana Montería

### 1. INTRODUCCIÓN.

El desarrollo de micro productos y microcomponentes ha visto un crecimiento significativo en los últimos diez años. Sectores como la industria automotriz, las telecomunicaciones, la medicina, la biomedicina y las IT (tecnologías de la información) han propiciado tal adelanto dadas las prestaciones de la micro ingeniería en esas áreas.

De esta forma, el desarrollo de procesos de fabricación que traigan consigo una optimización de recursos es uno de los objetivos principales de investigación en la última década.

Las fuerzas en el proceso de corte son de gran importancia, debido a que permiten garantizar en gran medida la geometría necesaria o adecuada al material de trabajo, y tienen una influencia en la calidad superficial del material, en este caso titanio para implantes dentales.

### 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.

Las aleaciones de titanio son muy adecuadas para aplicaciones médicas debido a su alta relación resistencia-peso, corrosión y biocompatibilidad. Debido a que la industria de las micropartes está en crecimiento como por ejemplo herramientas médicas para operar a nivel celular, las investigaciones en micromecanizado de titanio están adquiriendo más interés. Uno de los retos en el mecanizado de aleaciones de titanio es el alto desgaste de la herramienta asociado con la reacción que se presenta entre el titanio y el

material de la herramienta y su baja conductividad térmica. Además, los estudios para obtener una mayor comprensión del proceso de micromecanizado de titanio son todavía limitados. Por lo cual es difícil para la industria implementar este proceso.

El control de la superficie mecanizada en el microfresado es considerado como un desafío tecnológico ya que en este caso la topografía se trabaja en un orden sub-micrométrico. La topografía de la superficie maquinada fundamentalmente afecta el rendimiento funcional del microproducto en términos de fricción, lubricación, etc. Una ventaja de un potencial uso del micromecanizado de titanio para aplicaciones médicas especialmente para implantes es la posibilidad de crear una gran cantidad de configuraciones geométricas en el orden de las micras lo cual puede incrementar la biocompatibilidad del implante. Por lo tanto, para producir micro-productos funcionales no solo se debe tener en cuenta las características de la pieza a elaborar y las tolerancias si no también la calidad superficial. Muchos enfoques han sido utilizados para tener un mejor control de la superficie final en el micromecanizado, por ejemplo: Optimización de parámetros de proceso, modelos de generación de superficie y simulación, efectos de uso de lubricación, entre otros. En este sentido se hace necesario caracterizar este proceso en términos de fuerzas y definir la mecánica del corte como una investigación previa en la que se estudie la influencia de los parámetros de corte, reflejada en las fuerzas de contacto, en la calidad superficial del

Titanio como un factor clave en la mejora de la biocompatibilidad de este material.

### 3. OBJETIVOS.

#### OBJETIVO GENERAL

Modelar las fuerzas de corte en un proceso de micromecanizado de Titanio usado en implantes dentales.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Procesar los resultados, obteniendo las variables estadísticas necesarias para el modelo.
- Seleccionar el modelo adecuado de acuerdo a la revisión del estado del arte.
- Ajustar el modelo a las condiciones propias de la investigación, y modificar en caso de ser necesario.
- Evaluar el modelo de manera experimental.

### 4. REFERENTE TEÓRICO.

Así como el proceso de mecanizado convencional se puede considerar un proceso electromecánico complejo, en el que las fuerzas y los momentos de torsión constituyen señales representativas de los procesos físicos que tienen lugar durante el corte, en la escala micro, el conocimiento preciso del comportamiento dinámico de estas señales permite evaluar cómo se está desarrollando el proceso de corte. De ahí, que sean de enorme utilidad en los sistemas de monitorización y control.

Una de las principales fuentes de error en el microfresado es la flexión producida en la herramienta como efecto de las fuerzas de corte. Estas fuerzas no presentan grandes magnitudes pero son considerables en comparación con la rigidez de la micro-herramienta y tiene gran influencia sobre el desgaste de las mismas. El cálculo de fuerzas de corte se ha convertido en un importante campo de investigación; hasta el momento se han encontrado tres aproximaciones,

que ofrecen la posibilidad de modelar en cierta forma el fenómeno de corte. A continuación se presenta una breve descripción de ellas:

- Modelo mecanístico: Estos modelos también son llamados semi-empíricos, usan un conjunto de relaciones entre distintas variables del proceso y las fuerzas generadas. Las relaciones se obtienen por experimentación y varían para cada operación, puesto que involucran características geométricas del proceso (material de la pieza, material y geometría de la herramienta).
- Modelos analíticos: En este tipo de modelos se trata de relacionar matemáticamente los esfuerzos de corte para una operación de mecanizado con los fenómenos mecánicos que tienen lugar en la zona de corte, la geometría de la operación y las propiedades mecánicas de los materiales. Una de las teorías más reconocidas para corte ortogonal fue la desarrollada por Merchant en 1945 y para corte oblicuo por Armarego en 1962, éste último caso es el más cercano a la realidad de los procesos de mecanizado.
- Modelos numéricos: La aplicación de estos modelos se enfoca en lo que acontece en la punta de la herramienta y en la zona de contacto pieza-herramienta y su interacción. Al basarse en la micro-mecánica de corte permite obtener distribución de esfuerzos, deformaciones y temperatura en la región de corte. Este tipo de modelos se emplean especialmente para optimizar las condiciones de corte y establecer la geometría del filo de corte de las herramientas.

### 5. METODOLOGÍA.

Para el desarrollo de este proyecto se llevarán a cabo los siguientes pasos metodológicos:

- Revisión bibliográfica y del Estado del arte: Se consultará y analizará información referente a Microfabricación, Micromecanizado, Microfresado, Mecánica del microfresado,

Herramientas de microfresado, modelos de corte mecánicos analíticos y numéricos.

- Organización de variables: Se organizarán las variables de fuerza registradas de acuerdo a los niveles de experimentación y se le hará el tratamiento estadístico apropiado obteniendo medias aritméticas, medias cuadráticas, valor mínimo, valor máximo y desviaciones estándar.
- Elección de modelo a implementar: De acuerdo a la revisión de artículos se seleccionará el modelo adecuado para el caso de estudio. Se realizarán ajustes al modelo seleccionado y en la medida que sea necesario se propondrá un nuevo modelo que se ajuste a las condiciones propias de experimentación

Una vez obtenido el modelo de corte de la dupla Herramienta de WCo vs Pieza de Ti comercialmente puro grado 2, se realizaran pruebas experimentales para validar el modelo.

## 6. RESULTADOS ESPERADOS

De este trabajo se espera obtener el modelo ya sea mecánico, analítico o numérico de la mecánica del corte de microfresas de 200 micras de diámetros de dos filos de Carburo de Tungsteno al mecanizar Titanio comercialmente puro grado II. Este modelo servirá para predecir las fuerzas en este proceso de mecanizado con la misma dupla Herramienta-Pieza de trabajo lo cual resulta necesario si se pretende utilizar el microfresado como proceso de fabricación en implantes dentales o en general en las diferentes aplicaciones del Titanio.

Se han procesado los datos y se han encontrados las variables estadísticas necesarias de cada nivel de experimentación, para la realización del modelo. Se encontró una relación matemática entre las fuerzas recibidas por la herramienta y su tiempo de vida útil. Así como también una relación entre los parámetros de corte (velocidad de rotación y velocidad de avance) y el tiempo de vida útil de la herramienta.

## 7. CONCLUSIONES.

- Por la naturaleza de los datos experimentales que se tienen, el modelo más adecuado a realizar es uno mecánico.
- El desgaste de la herramienta no es significativo en el rango de operación trabajado.
- La falla de la herramienta en el rango de operación trabajado se da por fractura súbita.
- El aumento en las fuerzas de corte cuando la herramienta está a punto de fallar es significativo.

## 8. BIBLIOGRAFÍA.

Thanongsak Thepsonthi & Tuğrul Özel (2012). Multi-objective process optimization for micro-end milling of Ti-6Al-4V titanium alloy. *Int J Adv Manuf Technol*.

T. Özel, T. Thepsonthi. "Experiments and finite element simulations on micro-milling of Ti-6Al-4V alloy with uncoated and cBN coated micro-tools". *CIRP Annals - Manufacturing Technology*. : 60 85-88 (2011)

A. Aramcharoen, P.T. Mativenga, S. Yang, K.E. Cooke, D.G. Teer. Evaluation and selection of hard coatings for micro milling of hardened tool steel, *International Journal of Machine Tools & Manufacture* (2008)

Dhanorker A, Özel T (2008) Meso/micro scale milling for micromanufacturing. *Int J Mechatron Manuf Syst* 1(1):23-43

X. Liu, R.E. DeVor, S.G. Kapoor, The mechanics of machining at the microscale: assessment of the current state of the science, *Journal of Manufacturing Science and Engineering, Transactions of the ASME* 126 (4) (2004) 666-678.