

TITULO: Optimización del acabado superficial de Moldes y Matrices fabricados con aceros templados mediante el proceso de Fresado a Alta Velocidad, en función del pulido posterior.

INVESTIGADOR PRINCIPAL: Joan Vivancos Calvet

ORGANISMO: Universitat Politècnica de Catalunya

CENTRO: Universitat Politècnica de Catalunya

DIRECCION: Avenida Diagonal 647, 08028 Barcelona

TELEFONO: 93 4016556

CORREO E.: joan.vivancos@upc.edu

PRESUPUESTO: 112.530,00 Euros NUM. INVESTIGADORES (EDP): 5 (4)

WEB DEL PROYECTO:

PALABRAS CLAVE: Acabado Superficial, Mecanizado a Alta Velocidad, Moldes y Matrices, Pulido, Rugosidad

INTRODUCCION:

La finalidad del proyecto es crear unas herramientas que ayuden a optimizar la fase de acabado superficial de Moldes y Matrices de aceros templados, mediante el fresado a alta velocidad, teniendo en cuenta la fase de pulido posterior al fresado.

En primer lugar se estudia, modeliza y analiza la forma y el valor de la rugosidad geométrica obtenida en el proceso de fresado a alta velocidad, en función de las condiciones de corte y considerando la geometría de la herramienta, los posibles defectos del rectificado de sus aristas de corte y su posible excentricidad.

En segundo lugar se estudia y analiza la relación entre la forma y valor de la rugosidad obtenida en el fresado y el grado de dificultad del pulido posterior, evaluado a partir del tiempo necesario para conseguir el pulido deseado. Para ello es importante analizar qué parámetros de rugosidad resultan más adecuados para este estudio. Se determinan cuáles son los parámetros más sensibles a los cambios superficiales generados por el pulido a partir de la superficie fresada previamente.

También se estudia, a nivel experimental, el efecto de los desequilibrios de las herramientas y de las vibraciones en la rugosidad superficial de las piezas fresadas, y su efecto en la dificultad del pulido posterior, así como el caso de las superficies fresadas en condiciones de viruta mínima.

Con las herramientas desarrolladas en este proyecto se pueden determinar las condiciones de corte más adecuadas en las operaciones de fresado en acabado, para conseguir que el coste de fresado más el pulido posterior sea el mínimo posible.

Los resultados de este proyecto pueden ser aplicados en la pequeña, mediana o gran empresa de fabricación de moldes y matrices, para obtener el máximo rendimiento de sus propios medios de fabricación. Con ello será posible reducir costes y tiempos de fabricación, aumentar la calidad de los moldes y matrices fabricados en España, y aumentar la competitividad de las industrias del sector. Los resultados obtenidos también pueden servir para los otros sectores de mecanizado, tanto la parte del fresado como la parte del pulido.

OBJETIVOS PLANTEADOS Y OBJETIVOS ALCANZADOS

- 1 Desarrollar modelos para poder simular, estudiar y analizar la forma y valor de la rugosidad geométrica obtenida en el fresado a alta velocidad, en función de las condiciones de corte, teniendo en cuenta los posibles defectos de rectificado de sus filos de corte y la posible excentricidad de la herramienta. Validar el modelo contrastando sus resultados con los obtenidos experimentalmente. (Objetivo alcanzado)
- 2 Determinar los parámetros de rugosidad más adecuados para caracterizar la forma y valor de la rugosidad y para determinar el grado de dificultad del pulido posterior al fresado de acabado. Se crearán las rutinas necesarias para calcular los parámetros de rugosidad teóricos a partir de la rugosidad geométrica obtenida en el simulador. (Objetivo alcanzado)
- 3 Definir una metodología de ensayo y los medios necesarios para dicho ensayo, para evaluar de manera objetiva el grado de dificultad del pulido posterior al fresado de acabado. Implementación y puesta a punto de los medios necesarios para efectuar dichos ensayos. Correlacionar el grado de dificultad del pulido determinado en el ensayo con el grado de dificultad encontrado en el pulido manual. (Falta una parte de la experimentación) (Previsto terminar a mediados de Junio)
- 4 Estudiar y analizar la relación entre la forma y valor de la rugosidad obtenida en el fresado con el grado de dificultad del pulido posterior para obtener el pulido final deseado, todo ello a partir de la experimentación. (Falta una parte de la experimentación) (Previsto terminar a finales de Junio)
- 5 Estudiar experimentalmente el grado de dificultad del pulido en los casos en que el fresado se ha realizado en condiciones de viruta mínima y comparar dichos resultados con los obtenidos con el fresado en condiciones de corte que no generan viruta mínima. (Previsto terminar a mediados de Julio)
- 6 Estudiar experimentalmente cómo afecta la introducción de desequilibrios en la herramienta y las vibraciones del cabezal de la herramienta, en las fuerzas de corte recibidas por la pieza, la rugosidad obtenida y la dificultad en el pulido posterior. (Previsto terminar a finales de Septiembre)

RESULTADOS PRINCIPALES

Una parte muy importante del proyecto ha sido el desarrollo de las herramientas informáticas para la simulación de la topografía superficial obtenida en el proceso de fresado, que junto con el desarrollo de distintos algoritmos complementarios, han permitido un amplio estudio y análisis de la influencia de distintos factores en la rugosidad obtenida.

Programa A: Para el fresado de contorneado con herramienta cilíndrica. Desarrollado para el estudio de los intervalos de variación de la posible rugosidad en función de los posibles errores de rectificado de los dientes de las fresas, de la posible excentricidad (Exc) y del avance a_z por diente y vuelta (Fig.1 y 2). Los posibles errores de rectificado de los radios de la fresa vienen dados por un valor medio y una desviación tipo (Sigma). Se ha validado el programa contrastando con resultados experimentales. Se ha realizado un amplio estudio de cómo influye los valores de la desviación tipo, los valores de la excentricidad y de su relación con la desviación tipo, los valores del ángulo de las hélices de los dientes y el número de dientes, todo ello para los avances a_z : 0,02, 0,04, 0,06, 0,08 y 0,1 mm/diente y vuelta. Este amplio estudio con los resultados obtenidos constituye una aportación que tiene mucho interés.

Programa B: Para el fresado de contorneado con herramienta cilíndrica. Desarrollado para simular y estudiar la topografía de rugosidad en la superficie mecanizada por toda la longitud de la fresa, y para determinar los correspondientes parámetros de rugosidad 3D y 2D. Se ha validado el modelo contrastando con resultados experimentales. Se ha realizado un amplio estudio de cómo varía la

topografía de la rugosidad en función de las desviaciones tipo, las excentricidades, los ángulos de hélice, el número de dientes, y los avances a_z estudiados (Fig. 3). Este amplio estudio con los resultados obtenidos constituye una aportación que tiene mucho interés.

Programa C: Para el fresado de superficies planas horizontales con herramienta esférica. Desarrollado para simular y estudiar la topografía de rugosidad en la superficie mecanizada (Fig 4), y para determinar los correspondientes parámetros de rugosidad 3D y 2D. Se ha validado el modelo contrastando con resultados experimentales. Se ha realizado un amplio estudio de cómo varía la rugosidad en función del avance o profundidad radial a_r , en función del avance a_z por diente y por vuelta y en función de la relación de a_r con a_z (Fig. 5 y 6). Este amplio estudio con los resultados obtenidos constituye una aportación que tiene mucho interés.

Se ha definido, desarrollado e implementado una metodología de ensayo de pulido. Se han determinado los parámetros para el ensayo en la pulidora. Con los tres materiales estudiados se han realizado unos patrones de pulido. **Se ha realizado un estudio y análisis de la sensibilidad de los parámetros de rugosidad 2D y 3D respecto al pulido realizado después del fresado de contorneado con herramienta cilíndrica.** Los parámetros de rugosidad 3D, de más sensibles a menos, son: Str, Sr1, Spk, Ssk, Sku, Svq, destacando en mucho el Str sobre los demás. Los parámetros 2D, de más a menos sensibles, son: Rku, Rpq, Rvk, Ra, Rk, Mr2, Rt, Rmq, Mr1, destacando en mucho el Rku sobre los demás. Este estudio con los resultados obtenidos constituye una aportación que tiene mucho interés.

Antes de terminar el proyecto se obtendrán más resultados referentes a la dificultad del pulido en función de la topografía de la rugosidad del fresado previo al pulido y de los correspondientes parámetros más sensibles de rugosidad; resultados referentes a cómo influye trabajar en condiciones de viruta mínima y finalmente resultados referentes a ver la influencia de las vibraciones y las fuerzas generadas durante el mecanizado. Todos estos resultados constituirán una aportación que tiene mucho interés.

PROBLEMAS ENCONTRADOS Y SOLUCIONES APORTADAS

Al desarrollar las primeras versiones de los distintos programas informáticos, los tiempos de cálculo para obtener cada simulación eran excesivamente elevados. Se pasó de utilizar Maple en Windows a utilizar Delphi en Windows, después Lazarus en Windows y finalmente Lazarus en Linux-Ubuntu, a parte de optimizar mejor los algoritmos utilizados.

CONTINUIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Se podría continuar con la línea de investigación, en cuanto a introducir en los programas de simulación los efectos de la plasticidad del material, los fenómenos de viruta mínima y los posibles efectos de las vibraciones. No se ha pedido proyecto en la presente convocatoria 2010.

POSIBILIDADES DE TRANSFERENCIA DE RESULTADOS

Todos los resultados obtenidos en el presente proyecto tienen mucho interés y son de aplicación inmediata en las industrias de mecanizado en el campo del fresado y del pulido. Ya se han ido transfiriendo resultados a la empresa Protecno, S.L., que ha ido colaborando en distintos aspectos prácticos a lo largo del proyecto. Una vez finalizado el proyecto, se ampliará dicha transferencia de resultados a otras empresas organizando jornadas de presentación de dichos resultados, y a través de ASCAMM, se puede invitar a todos sus asociados. También se transferirán los resultados a través de alguna de las revistas de divulgación tecnológica, como IMHE, a parte de la divulgación científica en congresos y revistas indexadas.

1 artículo publicado en las actas del 12th International Research/Expert Conference “Trends in the Development of Machinery and Associated Technology” TMT 2008 (pp. 89–92, ISBN: 978-9958-617-41-6). **1 artículo** en las actas del 13th International Research / Expert Conference “Trends in the Development of Machinery and Associated Technology” TMT 2009 (pp. 1–4, ISSN: 1840-4944). **1 artículo** en las actas del 3rd Manufacturing Engineering Society International Conference de 2009 (pp. 83–90, ISSN/ISBN: 978-84-613-3166-6). **1 artículo** en la revista Archives of Materials Science, 28 (1-4): 51-55. ISSN: 1734-9885. 12-2007. **1 artículo** en AIP Conference proceedings, 1181: 159-169. ISSN: 0094-243X. 11-2009. **1 artículo ya preparado para enviar** a la revista International Journal of Machine Tools and Manufacture. **3 abstracts** aceptados para el Congreso Internacional TMT 2010. **1 resumen** aceptado para el Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica de 2010. **Previsión de publicar unos 8 artículos más en las revistas indexadas:** International Journal of Machine Tools and Manufacture, Journal of Materials Processing Technology y Precision Engineering.

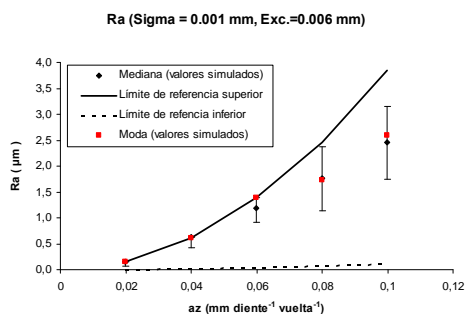


Figura 1. Ejemplo de gráfico de intervalos de variación de la rugosidad Ra.

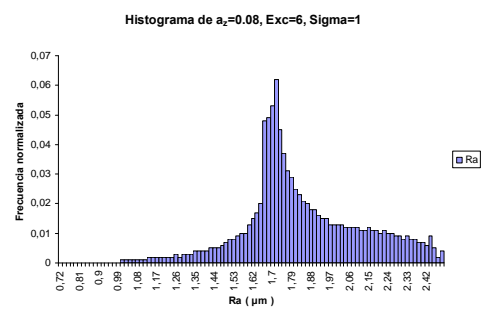


Figura 2. Ejemplo de diagrama de frecuencias de la rugosidad Ra.

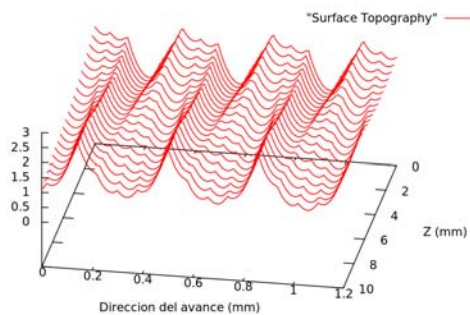


Figura 3. Ejemplo de topografía simulada en mecanizado con fresa cilíndrica.

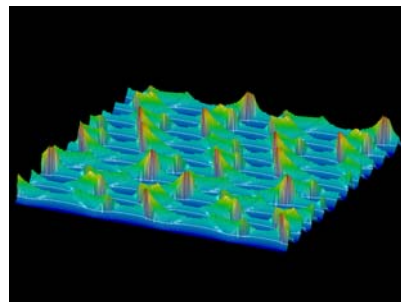


Figura 4. Ejemplo de topografía simulada en mecanizado con fresa esférica.

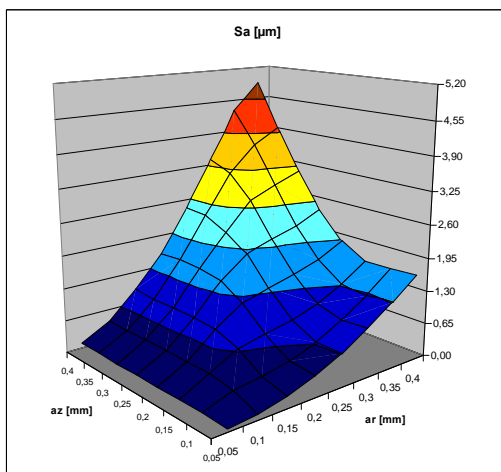


Figura 5. Variación de Sa en función de a_z y a_r , en un mecanizado con fresa esférica.

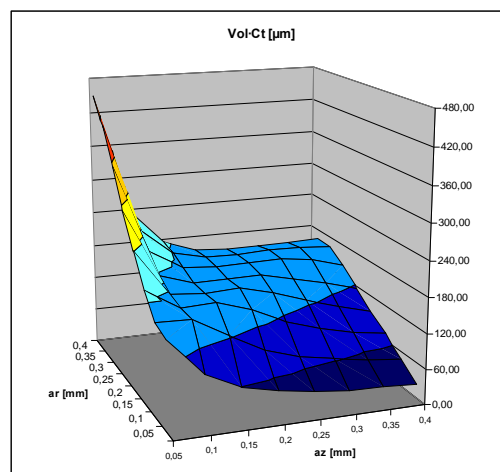


Figura 6. Variación del Volumen de Material de los Picos por el Coeficiente de Tiempo, en función de a_z y a_r , en un mecanizado con fresa esférica.