Mecanizado de superficies regladas desarrollables mediante algoritmos matemáticos

Machining of developable ruled surfaces using mathematical algorithms

Amaia Calleja-Ochoa[1], Haizea Gonzalez-Barrio[1], Roberto Polvorosa-Teijeiro[2], Francisco Javier Amigo[2], Gaizka Gómez-Escudero[1], Pablo Fernández-de-Lucio[1], Michael Barton[3], Pengbo Bo[4] y Luis-Norberto López-de-Lacalle-Marcaide[1]

[1] Universidad del País Vasco UPV/EHU (España)
[2] CFAA (España)
[3] BCAM–Basque Center for Applied Mathematics (España)
[4] Harbin Institute of Technology (China)

DOI: http://dx.doi.org/10.6036/9406

La industria demanda procesos de fabricación más eficientes para la producción de componentes de geometría compleja y materiales de baja maquinabilidad. En este sentido, el mecanizado de superficies regladas típicamente presentes en componentes geométricamente complejos del sector aeroespacial son objeto de estudio en este trabajo.

En general, las estrategias de fresado se clasifican en función de la superficie de contacto de la herramienta durante el mecanizado, diferenciándose dos tipos para geometrías complejas: fresado de punta conocido como '*point milling*' y fresado de flanco conocido como '*flank milling*'. La estrategia de fresado de punta se realiza con herramientas de corte de punta esférica y la eliminación del material se realiza con el lado esférico de la herramienta de fresado. El principal inconveniente esta estrategia reside en el alto tiempo de mecanizado y el desgaste extremo de la herramienta, ya que está cortando constantemente con la misma región de la herramienta. Por el contrario, en la estrategia de fresado de flanco, el mecanizado se realiza con la longitud total efectiva de la herramienta, por lo que la productividad de esta estrategia es mayor que en el caso de fresado de punta; Reduciendo los tiempos de mecanizado y aprovechando al máximo los filos de corte de la herramienta. No obstante, esta no siempre es una opción útil para las geometrías complejas porque la precisión de esta estrategia depende del tipo de superficie, por lo que es necesaria una superficie reglada desarrollable para su adecuada aplicación. Además, otro inconveniente de esta estrategia reside en la estabilidad de la operación, ya que está muy influenciada por los parámetros de corte definidos; Si no son los adecuados, existe la posibilidad de que aparezcan vibraciones, lo que conlleva requisitos de acabado inadmisibles. Además de eso, para materiales de baja maquinabilidad, se debe señalar que cuanto más grande sea el contacto entre la herramienta y la pieza, mayor será la potencia, la estabilidad, la evacuación de viruta y las capacidades de la máquina.

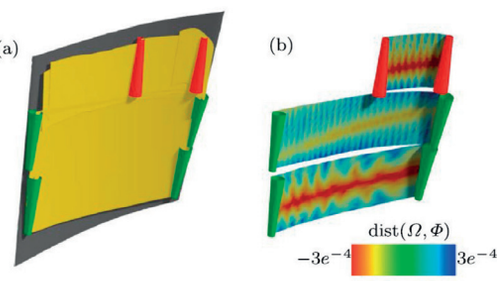


Fig. 1: a) Las superficies regladas (amarillas) representan los movimientos del eje de la herramienta. Las posiciones iniciales y finales (verde) representan las posiciones físicamente admisibles (verde). b) Se muestra el resultado de superficies mecanizadas por exceso (rojo) y por defecto (azul)

En aquellos casos en que las geometrías a mecanizar son superficies regladas desarrollables, el flanco de la herramienta se mantiene tangente a la superficie a lo largo de todo el eje de la herramienta. Por lo tanto, las estrategias de fresado de flanco mantienen ese contacto tangencial entre el eje de la herramienta y la superficie a lo largo de cada generatriz que define la superficie, permitiendo el uso de la longitud total efectiva de la herramienta como la profundidad de corte axial. Esto conduce a un proceso más productivo, con mayores tasas de eliminación de material y una reducción del tiempo y el costo de la máquina. Sin embargo, para garantizar la estabilidad y eficiencia del proceso se requiere el uso de herramientas de grandes dimensiones, reduciendo los riesgos de flexión y las apariencias de vibración inherentes a esta estrategia.

Tradicionalmente, las estrategias de flanco presentan la solución más productiva en términos de tiempos y costes de mecanizado; Es por eso que en los últimos años se han desarrollado muchos estudios para reducir el error de posicionamiento de la herramienta en relación con la generatriz de las superficies regladas no desarrollables. Los métodos de reposicionamiento de herramientas se dividen principalmente en dos tipos diferentes, analíticos y numéricos; Los primeros son más fáciles de implementar, pero los errores obtenidos son más grandes que los numéricos [1]. Algunos de estos trabajos publicados se centran en obtener una superficie para ser mecanizados utilizando estrategias de fresado de flancos que conservan las propiedades aerodinámicas y la integridad estructural cerca de la superficie original [2-3], otros desarrollaron técnicas de múltiples etapas de fresado de flancos. o personalización de la geometría de la herramienta según la superficie [4].

Sin embargo, una alternativa a los métodos de fresado de flanco y fresado de punta es el mecanizado de superficies regladas desarrollables calculadas mediante algoritmos matemáticos (Figura 1). Estos algoritmos [5] trabajan sobre el espacio entre superficies y el movimiento tangencial de un cono truncado a lo largo de una superficie doblemente curvada y de forma libre. Se definen líneas y posiciones discretas de ejes cónicos en el espacio 3D. El ajuste de superficie de spline se utiliza para generar una superficie reglada que representa un solo barrido continuo de una herramienta de fresado cónica rígida. Luego se aplica un enfoque basado en la optimización para minimizar globalmente el error entre la superficie de diseño y la envoltura cónica.

REFERENCIAS

[1] Senatore, J., Moniés, F., Rubio, W. 5-axis flank milling of sculptured surfaces. Machining of complex sculptured surfaces, 2012, London, Springer London. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4471-2356-9_2 .
[2] Li, C., Mann, S., Bedi, S. Flank Millable Surfaces Generated via Polynomial Composition. Computer-Aided design and applications, 2007, 41-48. DOI: https://doi.org/10.1080/16864360.2007.10738524.
[3] Gong, H., Wang, N. Optimize tool paths of flank milling with generic cutters based on approximation using the tool envelope surface. Computer-Aided design, 2009, 981-989. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cad.2009.06.013.
[4] Wu, C.Y. Arbitrary surface flank milling of Fan, Compressor, and Impeller Blades. Turbo Expo: Power for Land, Sea and Air, 1995. DOI: https://doi.org/10.1115/94-GT-426.
[5] Calleja, A., Bo, P., Gonzalez, H., Barton, M., Lopez de Lacalle, L.N. Highly Accurate 5-axis Flank Cnc Machining With Conical Tools, International Journal Of Advanced Manufacturing Technology, 2018, Vol. 97 (5-8), 1605-1615. DOI: https://doi.org/10.1007/s00170-018-2033-7.